

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2015-509048  
(P2015-509048A)

(43) 公表日 平成27年3月26日(2015.3.26)

| (51) Int.Cl.                | F 1        |         | テーマコード (参考) |
|-----------------------------|------------|---------|-------------|
| <b>C02F 1/469</b> (2006.01) | C02F 1/46  | 1 O 3   | 4 D006      |
| <b>B01D 61/48</b> (2006.01) | B01D 61/48 |         | 4 D061      |
| <b>B01D 61/44</b> (2006.01) | B01D 61/44 | 5 2 0   |             |
| <b>B01D 61/46</b> (2006.01) | B01D 61/46 |         |             |
| <b>C02F 1/461</b> (2006.01) | C02F 1/46  | 1 O 1 A |             |

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 37 頁)

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2014-555550 (P2014-555550) |
| (86) (22) 出願日 | 平成24年12月13日 (2012.12.13)     |
| (85) 翻訳文提出日   | 平成26年10月1日 (2014.10.1)       |
| (86) 國際出願番号   | PCT/US2012/069474            |
| (87) 國際公開番号   | W02013/115913                |
| (87) 國際公開日    | 平成25年8月8日 (2013.8.8)         |
| (31) 優先権主張番号  | 13/364,540                   |
| (32) 優先日      | 平成24年2月2日 (2012.2.2)         |
| (33) 優先権主張国   | 米国(US)                       |

|          |  |
|----------|--|
| (71) 出願人 | 514195573<br>タンジェント カンパニー エルエルシー<br>アメリカ合衆国, オハイオ州 44023<br>, チャグリン フォールズ, ユニット 1<br>, クイーンズ ウェイ 10175 |
| (74) 代理人 | 100149294<br>弁理士 内田 直人   |
| (72) 発明者 | ラス, デイビッド, フランシス<br>カナダ国, オンタリオ州 エル9エイチ<br>4エイチ7, ダンダス, ヒルサイド アベ<br>ニュー サウス 11                         |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電気化学的再生水の脱イオン

## (57) 【要約】

電気化学的脱イオン装置中での水の浄化および脱塩中に  
おけるスケール形成を軽減するための装置および方法。  
本装置および方法では、未処理の供給水中のスケール形  
成イオンが、脱イオン装置の脱イオン室から離れている  
制御された位置で析出される。脱塩生成水を生成するた  
めの脱イオン処理中に生じた濃縮水は、脱イオン装置中  
におけるスケールの形成および蓄積を防止するために、  
酸性化されて脱イオン装置中を循環される。

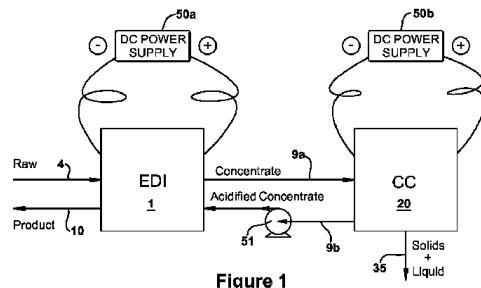


Figure 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

陰極室と陽極室との間に介在する少なくとも 1 つのイオン交換室を含む電気脱イオン装置中におけるスケールの形成を抑制する方法であって、

a ) 前記電気脱イオン装置中にイオン含有供給水を導入し、前記電気脱イオン装置中において前記水からイオンを除去すること、

b ) 前記イオン交換室により前記供給水から除去したイオンを含む濃縮液流を生成すること、

c ) 前記イオン交換室および前記陰極室から離れて前記濃縮液流の少なくとも一部を処理し、前記濃縮液流からスケール形成イオンを析出させて除去すること、

d ) 前記イオン交換室および前記陰極室から離れて酸性化濃縮液を生成すること、及び

e ) 前記酸性化濃縮液の少なくとも一部を前記電気脱イオン装置に導入し、前記酸性化濃縮液と前記電気脱イオン装置中のスケールが形成されやすい表面とを接触させること、を含む方法。

10

**【請求項 2】**

前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、

a ) 以下を含む濃縮液流調整ユニットのスケール析出室中に前記濃縮液流を導入すること：

i . 少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含むスケール析出室、

i i . 陽イオン交換膜により前記スケール析出室から隔てられている酸性化室、および

i i i . 前記陽イオン交換膜の反対側で前記酸性化室に近接して配置されている陽極として少なくとも動作する少なくとも 1 つの電極を含む陽極室、及び

b ) 前記スケール析出室中の前記電極に陰極として電圧を印加し、前記電極上に前記濃縮液流中のスケール形成イオンを析出させること、及び

c ) 析出したスケールの少なくとも一部を前記スケール析出室から少なくとも周期的に除去することを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

**【請求項 3】**

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記濃縮液流の pH を約 8.4 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 1 に記載の方法。

30

**【請求項 4】**

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記スケール析出室中における前記濃縮液流の pH を約 8.4 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記スケール析出室は 1 つまたは複数の電極を含み、前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、陰極として電圧を印加した場合に前記 1 つまたは複数の電極での電流密度が約 90 mA / cm<sup>2</sup> 以上であるように前記 1 つまたは複数の電極を構成することを含む、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記スケール析出室は 1 つまたは複数の電極を含み、前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、陰極として電圧を印加した場合に前記 1 つまたは複数の電極での電流密度が約 120 mA / cm<sup>2</sup> 以上であるように前記 1 つまたは複数の電極を構成することを含む、請求項 2 に記載の方法。

40

**【請求項 7】**

前記陽極室は、塩化物イオンの前記陽極室への通過を防止する界面により前記酸性化室から隔てられており、前記陽極室は、塩化物イオンを含まない陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂、および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記塩化物を含まない陽極溶液は硫酸ナトリウム溶液である、請求項 7 に記載の方法。

50

**【請求項 9】**

前記酸性化濃縮液を生成する工程は、

- a ) 以下を含む濃縮液流調整ユニットの酸性化室中に前記濃縮液流を導入すること、
  - i . 少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含むスケール析出室、
  - i i . 陽イオン交換膜により前記スケール析出室から隔てられている酸性化室、および
  - i i i . 前記陽イオン交換膜の反対側で前記酸性化室に近接して配置されている陽極として少なくとも動作する少なくとも 1 つの電極を含む陽極室、及び
- b ) 前記酸性化室中において前記濃縮液流を酸性化させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 10】**

前記陽極室は双極性界面により前記酸性化室から隔てられており、前記濃縮液を酸性化させる工程は、前記電極に電圧を印加して前記双極性界面において前記酸性化室中で水素イオンを生成することを含む、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 11】**

前記陽極室は陽イオン交換膜により前記酸性化室から隔てられており、前記濃縮液を酸性化させる工程は、前記電極に電圧を印加し、前記陽イオン交換膜を超えて前記酸性化室中に移動する水素イオンを前記陽極で生成することを含む、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 12】**

前記酸性化濃縮液を約 3 . 0 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 13】**

前記酸性化濃縮液を約 3 . 0 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 14】**

前記酸性化濃縮液の組成を、約 30 mA / cm<sup>2</sup> 以上の電流密度で不要な水分解を防止するのに十分なイオン強度を有するように制御する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 15】**

前記酸性化室中に導入する前記濃縮液流の組成を、約 30 mA / cm<sup>2</sup> 以上の電流密度で不要な水分解を防止するのに十分なイオン強度を有するように制御する、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 16】**

陰極室と陽極室との間に介在する少なくとも 1 つの脱イオンセルを含む電気脱イオン装置中におけるスケールの形成を軽減する方法であって、

- a ) 前記脱イオンセル中にイオン含有供給水を導入し、前記脱イオンセル中において前記水からイオンを除去すること、
- b ) 前記脱イオンセルにより前記供給水から除去したイオンを含む濃縮液流を生成すること、
- c ) 前記脱イオンセルおよび陰極室から離れて前記濃縮液流の少なくとも一部を処理し、前記セルおよび陰極室から離れて前記濃縮液流からスケール形成イオンを析出させて除去すること、及び
- d ) 前記脱イオンセルおよび前記陰極室から離れて酸性化濃縮液を生成すること、及び
- e ) 前記酸性化濃縮液の少なくとも一部を前記電気脱イオン装置に導入し、前記酸性化濃縮液と前記電気脱イオン装置中のスケールが形成されやすい表面とを接触させることを含む方法。

**【請求項 17】**

前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、

- a ) 以下を含む濃縮液流調整ユニットのスケール析出室中に前記濃縮液流を導入すること、
  - i . 少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含むスケール析出室、
  - i i . 陽イオン交換膜により前記スケール析出室から隔てられている酸性化室、および

10

20

30

40

50

i i i . 前記陽イオン交換膜の反対側で前記酸性化室に近接して配置されている陽極として少なくとも動作する少なくとも 1 つの電極を含む陽極室、及び

b ) 前記スケール析出室中の前記電極に陰極として電圧を印加し、前記電極上に前記濃縮液流中のスケール形成イオンを析出させること、及び

c ) 前記析出したスケールの少なくとも一部を前記スケール析出室から少なくとも周期的に除去することを含む、請求項 1 6 に記載の方法。

**【請求項 1 8】**

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記濃縮液流の pH を約 8 . 4 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 1 6 に記載の方法。 10

**【請求項 1 9】**

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記スケール析出室中における前記濃縮液流の pH を約 8 . 4 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

**【請求項 2 0】**

前記スケール析出室は 1 つまたは複数の電極を含み、前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、陰極として電圧を印加した場合に前記 1 つまたは複数の電極での電流密度が約 9 0 m A / c m<sup>2</sup> 以上であるように前記 1 つまたは複数の電極を構成することを含む、請求項 1 7 に記載の方法。 20

**【請求項 2 1】**

前記スケール析出室は 1 つまたは複数の電極を含み、前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、陰極として電圧を印加した場合に前記 1 つまたは複数の電極での電流密度が約 1 2 0 m A / c m<sup>2</sup> 以上であるように前記 1 つまたは複数の電極を構成することを含む、請求項 1 7 に記載の方法。 20

**【請求項 2 2】**

前記陽極室は、塩化物イオンの前記陽極室中への通過を防止する界面により前記酸性化室から隔てられおり、前記陽極室は、塩化物イオンを含まない陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂、および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む、請求項 1 7 に記載の方法。 30

**【請求項 2 3】**

前記塩化物を含まない陽極溶液は硫酸ナトリウム溶液である、請求項 2 2 に記載の方法。 30

**【請求項 2 4】**

スケールが形成されやすい表面を接触させる工程を前記電極間に電流がない状態で少なくとも部分的に行う、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 2 5】**

スケールが形成されやすい表面を接触させる工程を前記電極間に電流がない状態で少なくとも部分的に行う、請求項 1 6 に記載の方法。

**【請求項 2 6】**

前記酸性化濃縮液を生成する工程は、

a ) 以下を含む濃縮液流調整ユニットのスケール析出室中に前記濃縮液流を導入すること、

i . 少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含むスケール析出室、

i i . 陽イオン交換膜により前記スケール析出室から隔てられている酸性化室、および

i i i . 前記陽イオン交換膜の反対側で前記酸性化室に近接して配置されている陽極として少なくとも動作する少なくとも 1 つの電極を含む陽極室、及び

b ) 前記酸性化室中に濃縮液流を導入すること、及び

c ) 前記酸性化室中において前記陽イオン濃縮液を酸性化させることを含む、請求項 1 6 に記載の方法。 40

**【請求項 2 7】**

前記陽極室は双極性界面により前記酸性化室から隔てられており、前記陽イオン濃縮液を酸性化させる工程は、前記電極に電圧を印加して前記双極性界面において前記酸性化室中

で水素イオンを生成することを含む、請求項 2 6 に記載の方法。

**【請求項 2 8】**

前記陽極室は陽イオン交換膜により前記酸性化室から隔てられており、前記濃縮液を酸性化させる工程は、前記電極に電圧を印加し、前記陽イオン交換膜を超えて前記酸性化室中に移動する水素イオンを前記陽極で生成することを含む、請求項 2 6 に記載の方法。

**【請求項 2 9】**

前記酸性化濃縮液を約 3 . 0 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 1 6 に記載の方法。

**【請求項 3 0】**

前記酸性化濃縮液を約 3 . 0 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

**【請求項 3 1】**

前記酸性化濃縮液の組成を、約 3 0 mA / cm<sup>2</sup> 以上の電流密度で不要な水分解を防止するのに十分なイオン強度を有するように制御する、請求項 1 6 に記載の方法。

**【請求項 3 2】**

前記酸性化室中に導入する前記濃縮液流の組成を、約 3 0 mA / cm<sup>2</sup> 以上の電流密度で不要な水分解を防止するのに十分なイオン強度を有するように制御する、請求項 1 7 に記載の方法。

**【請求項 3 3】**

a ) 第 1 の方向の流れで前記脱イオンセルの陽イオン交換室に前記イオン含有供給水を通過させ、前記陽イオン交換室中において前記水からイオンを除去すること、

b ) その後に前記第 1 の方向の流れと実質的に反対の第 2 の方向の流れで前記脱イオンセルの陰イオン交換室に前記供給水を通過させ、前記陰イオン交換室中において前記水からイオンを除去することを含む、請求項 1 6 に記載の方法。

**【請求項 3 4】**

前記電気脱イオン装置は複数の脱イオンセルを含み、

a ) 第 1 の方向の流れで各前記脱イオンセルの陽イオン交換室に前記イオン含有供給水を通過させ、前記陽イオン交換室中において前記水からイオンを除去すること、

b ) その後に前記第 1 の方向の流れと実質的に反対の第 2 の方向の流れで前記脱イオンセルの陰イオン交換室に前記陽イオン交換室からの前記供給水を通過させ、前記陰イオン交換室中において前記水からイオンを除去することを含む、請求項 1 6 に記載の方法。

**【請求項 3 5】**

a ) 電気脱イオンユニットであって、

i ) 陽イオン交換媒体を含む陽イオン交換室、

i i ) 陰イオン交換媒体を含む陰イオン交換室、

i i i ) 前記陽イオン交換室と前記陰イオン交換室とを隔てる双極性界面、

i v ) 前記双極性界面の反対側の前記陽イオン交換室側に位置し、少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含む陰極室、

v ) 前記双極性界面の反対側の前記陰イオン交換室側に位置し、少なくとも陽極として動作する少なくとも 1 つの電極を含む陽極室、

v i ) 前記陽極室と前記陰イオン交換室との間に介在する濃縮液室、および

v i i ) 前記陰極室と前記濃縮液室とに接続されている濃縮液流用流路を含む電気脱イオンユニットと、

b ) 前記電気脱イオンユニットにより生成される濃縮液流を収容するために前記濃縮液流用流路に接続されている濃縮液調整ユニットであって、

i ) 前記濃縮液流の少なくとも一部と液体連通し、少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含むスケール析出室、

i i ) 前記スケール析出室に近接する、および陽イオン交換膜により前記スケール析出室から隔てられている酸性化室であって、濃縮液流の供給源に接続されている入口と、酸性化濃縮液流用流路に接続されている出口とを有する酸性化室、及び

10

20

30

40

50

i i i ) 前記スケール析出室の反対側で前記酸性化室に近接する、および少なくとも陽極として動作する少なくとも1つの電極を含む陽極室を含む濃縮液調整ユニットとを備え、前記電極の活性化時に、前記スケール析出室を通過する濃縮液流中に存在するスケール形成イオンが前記スケール析出室中に析出する、水処理装置。

【請求項 3 6】

前記電気脱イオンユニットの前記陽極室および前記濃縮液調整ユニットの前記陽極室の少なくとも一方は、塩素イオンが前記陽極室中に運ばれるのを防止するのに適した界面により、それぞれ前記濃縮液室または前記酸性化室に近接する側で結合しており、前記陽極室は、非塩化物イオン含有陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂、および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む、請求項35に記載の装置。

10

【請求項 3 7】

前記電気脱イオンユニットの前記陽極室および前記濃縮液調整ユニットの前記陽極室の両方が、塩素イオンが前記陽極室中に運ばれるのを防止するのに適した界面により、それぞれ前記濃縮液室および前記酸性化室に近接する側で結合しており、前記陽極室は、非塩化物イオン含有陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂、および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む、請求項35に記載の装置。

【請求項 3 8】

前記界面は双極性膜および陽イオン交換膜から選択される、請求項36に記載の装置。

【請求項 3 9】

前記界面は双極性膜および陽イオン交換膜から選択される、請求項37に記載の装置。

20

【請求項 4 0】

前記電気脱イオンユニットおよび前記濃縮液調整ユニットは、前記電気脱イオンユニットの前記陽極室および前記濃縮液調整ユニットの前記陽極室が同じ室であるように構成されており、前記電気脱イオンユニットの前記濃縮液室は前記同じ室の一方の側に配置され、前記濃縮液調整ユニットの前記酸性化室は前記同じ室の反対側に配置されている、請求項35に記載の装置。

【請求項 4 1】

前記陽極室は、塩素イオンが前記陽極室中に運ばれるのを防止するのに適した界面により、前記濃縮液室および前記酸性化室から隔てられており、前記陽極室は、非塩化物イオン含有陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂、および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む、請求項40に記載の装置。

30

【請求項 4 2】

前記界面は双極性膜または陽イオン交換膜である、請求項41に記載の装置。

【請求項 4 3】

前記濃縮液流の供給源は、前記スケール析出室の少なくとも1つの出口流、未処理の供給水の供給源、または前記濃縮液流用流路に接続されているリザーバであり、前記濃縮液流のイオン強度を不要な水分解を予防するように調整することができる、請求項35に記載の装置。

【請求項 4 4】

前記スケール析出室中における前記電極(単数または複数)の表面積は、前記陽極室中における前記電極(単数または複数)の表面積の約10分の1未満である、請求項35に記載の装置。

40

【請求項 4 5】

前記スケール析出室中における前記電極(単数または複数)の表面積は、前記陽極室中における前記電極(単数または複数)の表面積の約3分の1未満である、請求項35に記載の装置。

【請求項 4 6】

前記陽イオン交換室および前記陰イオン交換室は、前記陰イオン交換室を通る水の流れに実質的に反対の方向で水が前記陽イオン交換室を通って流れるように接続されているおよび構成されている入口および出口を有する、請求項35に記載の装置。

50

**【請求項 4 7】**

前記電気脱イオンユニットは、前記陰極室と前記陽極室との間に配置されている複数の脱イオンセルを含み、前記脱イオンセルは、

- i ) 陽イオン交換媒体を含む陽イオン交換室、
- i i ) 陰イオン交換媒体を含む陰イオン交換室、
- i i i ) 前記陽イオン交換室と前記陰イオン交換室とを隔てる双極性界面、
- i v ) 前記双極性界面の反対側で前記陽イオン交換室と境界を接する陽イオン交換膜、および
- v ) 前記双極性界面の反対側で前記陰イオン交換室と境界を接する陰イオン交換膜を含み、

10

前記陽イオン交換室および前記陰イオン交換室は、前記陰イオン交換室を通る水の流れに実質的に反対の方向で水が前記陽イオン交換室を通って流れるように接続されているおよび構成されている入口および出口を有する、請求項 3 5 に記載の装置。

**【請求項 4 8】**

前記電気脱イオンユニットは、前記陰極室と前記陽極室との間に配置されている複数の脱イオンセルを含み、前記脱イオンセルは、

- i ) 陽イオン交換媒体を含む陽イオン交換室、
- i i ) 陰イオン交換媒体を含む陰イオン交換室、
- i i i ) 前記陽イオン交換室と前記陰イオン交換室とを隔てる双極性界面、
- i v ) 前記双極性界面の反対側で前記陽イオン交換室と境界を接する陽イオン交換膜、および
- v ) 前記双極性界面の反対側で前記陰イオン交換室と境界を接する陰イオン交換膜を含み、

20

近接する脱イオンセルは、前記脱イオンセルの陽イオン交換室および陰イオン交換室それぞれを通る水の流れが実質的に反対の方向であるように構成されている、請求項 3 5 に記載の装置。

**【請求項 4 9】**

前記スケール析出室は、前記室内で互いに軸方向に平行で回転可能に取り付けられている陰極として少なくとも動作する一対の円柱状の電極を含み、前記電極は、モータの作動時に前記電極の表面が擦れ違って回転し、表面上に析出したスケールを前記電極から剥落させるように、協働ギアを含み、かつ前記モータと動作可能に接続されている、請求項 3 5 に記載の装置。

30

**【請求項 5 0】**

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記濃縮液流の pH を約 10 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 5 1】**

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記スケール析出室中における前記濃縮液流の pH を約 10 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 2 に記載の方法。

40

**【請求項 5 2】**

前記酸性化濃縮液を約 2 . 2 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 5 3】**

前記酸性化濃縮液を約 2 . 2 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 5 4】**

- a ) 電気脱イオンユニットであって、
- i ) イオン交換媒体を含む少なくとも 1 つのイオン交換室、
- i i ) 前記少なくとも 1 つのイオン交換室の一方の側に位置し、少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含む陰極室、

50

i i i ) 前記陰極室の反対側で前記少なくとも 1 つのイオン交換室側に位置し、少なくとも陽極として動作する少なくとも 1 つの電極を含む陽極室、

i v ) 前記イオン交換室中において供給水の供給源から除去したイオンを収容するのに適した少なくとも 1 つの濃縮液室、および

v ) 前記電気脱イオンユニット中において生成された濃縮液流を収容するために前記電気脱イオンユニットに接続されている濃縮液流用流路を含む電気脱イオンユニットと、

b ) 前記電気脱イオンユニットにより生成される濃縮液流を収容するために前記濃縮液流用流路に接続されている濃縮液調整ユニットであって、

i ) 前記濃縮液流の少なくとも一部と液体連通し、少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含むスケール析出室、

i i ) 前記スケール析出室に近接する、および陽イオン交換膜によりスケール析出室から隔てられている酸性化室であって、濃縮液流の供給源に接続されている入口と、酸性化濃縮液流用流路に接続されている出口とを有する酸性化室、及び

i i i ) 前記スケール析出室の反対側で前記酸性化室に近接する、および少なくとも陽極として動作する少なくとも 1 つの電極を含む陽極室を含む濃縮液調整ユニットとを備え、前記電極の活性化時に、前記スケール析出室を通過する濃縮液流中に存在するスケール形成イオンが前記スケール析出室中に析出する、水処理装置。

#### 【請求項 5 5】

前記濃縮液調整ユニットの前記陽極室は、塩素イオンが前記陽極室中に運ばれるのを防止するのに適した界面により、前記酸性化室に隣接する側で結合しており、前記陽極室は、非塩化物イオン含有陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂から選択される物質を含む、請求項 5 4 に記載の装置。

#### 【請求項 5 6】

前記界面は双極性膜および陽イオン交換膜から選択される、請求項 5 5 に記載の装置。

#### 【請求項 5 7】

前記濃縮液流の供給源は、前記スケール析出室の少なくとも 1 つの出口流、未処理の供給水の供給源、または前記濃縮液流用流路に接続されているリザーバであり、前記濃縮液流のイオン強度を不要な水分解を予防するように調整することができる、請求項 5 4 に記載の装置。

#### 【請求項 5 8】

前記スケール析出室における前記電極（単数または複数）の表面積は、前記陽極室中における前記電極（単数または複数）の表面積の約 10 分の 1 未満である、請求項 5 4 に記載の装置。

#### 【請求項 5 9】

前記スケール析出室における前記電極（単数または複数）の表面積は、前記陽極室中における前記電極（単数または複数）の表面積の約 3 分の 1 未満である、請求項 5 4 に記載の装置。

#### 【請求項 6 0】

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記濃縮液流の pH を約 10 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 1 6 に記載の方法。

#### 【請求項 6 1】

前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記スケール析出室における前記濃縮液流の pH を約 10 よりも高い pH に調整することを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

#### 【請求項 6 2】

前記酸性化濃縮液を約 2 . 2 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 1 6 に記載の方法。

#### 【請求項 6 3】

前記酸性化濃縮液を約 2 . 2 未満の pH を有するように生成することを含む、請求項 1 7 に記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は水の浄化および脱塩の方法および装置の分野に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

全てではないが殆どの電極脱イオン(EDI)システムは、硬度および過剰な溶存固体を除去するために、軟化および逆浸透(RO)を含む大規模な前処理を必要とする。硬度に関するEDIシステムの流入水の限度は概して、濃縮室および陰極室(cathode chamber)中でのスケール(酸化皮膜)の形成を防止するために、炭酸カルシウムとして $<0.5\text{ mg/L}$ ~ $<2.0\text{ mg/L}$ である。EDIシステムはまた、最大総溶存固体(TDS)および流入水中に存在する可能性がある溶存二酸化炭素に関しても制限されている。この流入水の制限を超える場合には、セルに過負荷がかかり、期待される品質の生成水を生成することができないだろう。例えば、いくつかの市販のEDIシステムに関する流入水の仕様を表1に示す(製造業者の製品カタログからの情報)。

10

## 【0003】

## 【表1】

表1

| 製品               | 最大硬度                                   | 供給物のTEA*または導電率     |
|------------------|--|--------------------|
| OMEXELL EDI 210  | CaCO <sub>3</sub> として $<2\text{ mg/L}$ | $<25\text{ TEA}$   |
| OMEXELL EDI 210U | $<0.5\text{ mg/L}$                     | $<8\text{ TEA}$    |
| E-CELL MK-3      | $<1.0\text{ mg/L}$                     | $<25\text{ TEA}$   |
| IONPURE LX-X     | $<1.0$                                 | $<40\text{ uS/cm}$ |
| Snow Pure XL-R   | $<1.0$                                 | $<33\text{ uS/cm}$ |

20

\*TEA=CaCO<sub>3</sub>として交換可能な陰イオンの合計。EDIシステム中において、溶存二酸化炭素ガスは重炭酸塩、即ち交換可能な陰イオンになる。

30

## 【0004】

これらの製造業者全ては、供給水がRO浸透する、またはそれと同等である必要があることも指定している。これらの市販のEDIシステムの溶存固体に関する能力が制限されている理由は、該EDIシステムは連続フロー用に設計されており、溶存イオンがシステムに入るのと同じ速度で溶存イオンを電気で除去するからである。これらのEDIシステムが有する再生樹脂の容量は極度に制限されており、該EDIシステムは本質的に使用不能な保持容量(stored capacity)を有する。住居での水利用パターンは、ピークフローでは0 gpmから6 gpmを超える範囲で断続的であることから、ピークフローを瞬時に浄化するサイズの浄化装置は、非常に大きくて不経済になる。

40

## 【0005】

イオン交換樹脂を使用する従来の水の軟化の更なる欠点は、水の硬度がNaCl再生剤由来のナトリウムイオンと置き換わることである。NaCl再生により、主にNaCl、CaCl<sub>2</sub>、MgCl<sub>2</sub>等からなる塩水廃液が生じる。塩水廃液および塩-塩水再生軟化剤の排出に関する環境規制の強化により、NaClを使用して塩水廃液を生じさせることなく飲料水から硬度が除去されることが望まれる。

## 【発明の概要】

## 【0006】

50

本発明の方法および装置は、浮遊固体を除去するためのろ過以外の如何なる前処理も必要とすることなく、電気脱イオン（E D I）技術を使用して水を浄化することを目的とする。本装置および方法は、システムのE D Iセル部に有害なスケールを形成することなく、硬度濃度が約340mg/L以下である水を処理するように設計されている。その代わりに、スケールは、この目的のために設計された専用セル内で意図的に析出される。更に、E D Iユニットの濃縮液室および陰極室を通って低pH濃縮液を循環させることにより、E D IユニットへのDC電流を切り、濃縮液室および陰極室を通って低pH濃縮液を再循環させ続けるだけで、濃縮液室および陰極室に生じる任意のスケールを容易に除去することができる。その上、低pH濃縮液はCaCO<sub>3</sub>およびMgCO<sub>3</sub>等のスケール鉱物の溶解性を高め、濃縮液室および陰極室中でのスケール形成の可能性を低下させる。

10

#### 【0007】

加えて、本発明の方法および装置は、再生イオン交換樹脂の比較的大きな保持容量に基づく。この容量は、低速で効率的に再生されるイオン交換樹脂の比較的大きな体積によって実現され、この再生の大部分は、生成水が流れない期間中に起こる。この特徴により、供給物中の溶存固体の1日当たりの全質量が1日で再生される樹脂の容量を超えないという条件で、より高い流入濃度の溶存固体を処理することができる。典型的には、本明細書に記載の方法および装置は、溶存固体に関して400mg/L以下のTDS濃度で1日当たり1,135リットル以下の水を処理することができる。たとえTDSの1日当たりの負荷がより高くてもまたはピーク流量がより高くても、システムのE D I部に追加の脱イオンセルを加えるだけで対応することもできる。

20

#### 【0008】

前述に従って、本発明の一態様では、陰極室と陽極室（anode chamber）との間に介在する少なくとも1つのイオン交換室を含む電気脱イオン装置におけるスケールの形成を軽減する方法が提供され、当該方法は、電気脱イオン装置中にイオン含有供給水を導入し、電気脱イオン装置において水からイオンを除去すること、イオン交換室により供給水から除去したイオンを含む濃縮液流を生成すること、イオン交換室および陰極室から離間させて前記濃縮液流の少なくとも一部を処理し、濃縮液流からスケール形成イオンを析出させて除去すること、イオン交換室および前記陰極室から離間させて酸性化濃縮液を生成すること、及び酸性化濃縮液の少なくとも一部を電気脱イオン装置に導入し、酸性化濃縮液と電気脱イオン装置中のスケールが形成されやすい表面とを接触させることを含む。

30

#### 【0009】

いくつかの実施形態では、前記方法は、陰極室と陽極室との間に介在する少なくとも1つの脱イオンセルを含む電気脱イオン装置中にイオン含有供給水を導入し、および前記脱イオンセルおよび陰極室から離して濃縮液流の少なくとも一部を処理し、前記セルおよび陰極室から離して前記濃縮液流からスケール形成イオンを析出させて除去すること、及び前記脱イオンセルおよび前記陰極室から離れて酸性化濃縮液を生成することを含む。

#### 【0010】

一態様では、本方法は、第1の方向の流れで前記脱イオンセルの陽イオン交換室に前記イオン含有供給水を通過させ、陽イオン交換室において前記水からイオンを除去すること、およびその後に前記第1の方向の流れと実質的に反対の第2の方向の流れで前記脱イオンセルの陰イオン交換室に前記供給水を通過させ、陰イオン交換室において前記水からイオンを除去することを含む。本発明の別の態様では、電気脱イオン装置は複数の脱イオンセルを含み、本方法は、第1の方向の流れで各前記脱イオンセルの陽イオン交換室に前記イオン含有供給水を通過させ、陽イオン交換室において前記水からイオンを除去すること、およびその後に前記第1の方向の流れと実質的に反対の第2の方向の流れで前記脱イオンセルの陰イオン交換室に前記陽イオン交換室からの前記供給水を通過させ、陽イオン交換室において前記水からイオンを除去することを含む。

40

#### 【0011】

一実施形態では、前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、少なくとも陰極として動作する少なくとも1つの電極を含むスケール析出室、陽イオン交換膜

50

により前記スケール析出室から隔てられている酸性化室、および前記陽イオン交換膜の反対側で前記酸性化室に近接して配置されている陽極として少なくとも動作する少なくとも1つの電極を含む陽極室を含む濃縮液調整ユニット (concentrate conditioning unit) のスケール析出室中に前記濃縮液流を導入すること、前記スケール析出室中の前記電極に陰極として電圧を印加 (energize) し、該電極上に前記濃縮液流中のスケール形成イオンを析出させること、及び前記析出したスケールの少なくとも一部を前記スケール析出室から少なくとも周期的に除去することを含む。いくつかの実施形態では、前記濃縮液流を処理し、スケール形成イオンを析出させて除去する工程は、前記濃縮液流のpHを約8.4よりも高いpHに調整することを含む。別の実施形態では、pHは約10よりも高いpHに調整される。

10

#### 【0012】

本発明のいくつかの態様では、スケール析出室は1つまたは複数の電極を含み、前記濃縮液流を処理し、スケールを析出させて除去する工程は、陰極として電圧を印加した場合に前記1つまたは複数の電極での電流密度が約90mA/cm<sup>2</sup>以上であるように前記1つまたは複数の電極を構成することを含む。別の実施形態では、電極は、陰極(単数または複数)で約120mA/cm<sup>2</sup>以上の電流密度を付与するように構成されている。

20

#### 【0013】

更なる実施形態では、前記濃縮液調整ユニットの陽極室は、塩化物イオンの前記陽極室への通過を防止する界面により前記酸性化室から隔てられおり、陽極室は、塩化物イオンを含まない陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂、および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む。特定の態様において、塩化物を含まない陽極溶液は硫酸ナトリウム溶液である。

20

#### 【0014】

本発明の方法の一態様によれば、前記酸性化濃縮液を生成する工程は、前記酸性化室中で前記濃縮液流を酸性化することを含む。一実施形態では、陽極室は双極性界面により前記酸性化室から隔てられており、前記濃縮液を酸性化させる工程は、前記電極に電圧を印加して前記双極性界面において前記酸性化室中で水素イオンを生成することを含む。別の実施形態では、陽極室は陽イオン交換膜により前記酸性化室から隔てられており、前記濃縮液を酸性化させる工程は、前記電極に電圧を印加し、前記陽イオン交換膜を超えて前記酸性化室中に移動する水素イオンを前記陽極で生成することを含む。いくつかの実施形態では、濃縮液を約3.0未満のpHを有するように酸性化し、別の実施形態では2.2未満のpHを有するように酸性化する。いくつかの実施形態では、スケールが形成されやすい表面を接触させる工程を、前記電極間に電流がない状態で少なくとも部分的に行う。

30

#### 【0015】

本発明の方法の別の態様では、前記酸性化濃縮液の組成は、約30mA/cm<sup>2</sup>以上の電流密度で不要な水分解を防止するのに十分なイオン強度を有するように制御されている。

#### 【0016】

前述から明らかであるように、本発明の別の態様では、陽イオン交換媒体を含む陽イオン交換室、陰イオン交換媒体を含む陰イオン交換室、前記陽イオン交換室と前記陰イオン交換室とを隔てる双極性界面、前記双極性界面の反対側の前記陽イオン交換室側に位置し、少なくとも陰極として動作する少なくとも1つの電極を含む陰極室、前記双極性界面の反対側の前記陰イオン交換室側に位置し、少なくとも陽極として動作する少なくとも1つの電極を含む陽極室、前記陽極室と前記陰イオン交換室との間に介在する濃縮液室、および前記陰極室と前記濃縮液室とに接続されている濃縮液流用流路を含む電気脱イオンユニット、及び加えて、前記濃縮液流の少なくとも一部と液体連通し、少なくとも陰極として動作する少なくとも1つの電極を含むスケール析出室、前記スケール析出室に近接する、および陽イオン交換膜によりスケール析出室から隔てられている酸性化室であって、濃縮液流の供給源に接続されている入口と、酸性化濃縮液流用流路に接続されている出口とを有する酸性化室、及び前記スケール析出室の反対側で前記酸性化室に近接する、および少

40

50

なくとも陽極として動作する少なくとも1つの電極を含む陽極室を含む前記電気脱イオンユニットにより生成される濃縮液流を収容するために前記濃縮液流用流路に接続されている濃縮液調整ユニットを含み、前記電極の活性化時に、前記スケール析出室を通過する濃縮液流中に存在するスケール形成イオンがスケール析出室中に析出する水処理装置が提供される。

#### 【0017】

いくつかの実施形態では、電気脱イオンユニットは、前記陰極室と前記陽極室との間に配置されている複数の脱イオンセルであって、陽イオン交換媒体を含む陽イオン交換室、陰イオン交換媒体を含む陰イオン交換室、前記陽イオン交換室と前記陰イオン交換室とを隔てる双極性界面、前記双極性界面の反対側で前記陽イオン交換室と境界を接する陽イオン交換膜、および前記双極性界面の反対側で前記陰イオン交換室と境界を接する陰イオン交換膜を含む脱イオンセルを含み、前記陽イオン交換室および前記陰イオン交換室は、前記陰イオン交換室を通る水の流れに実質的に反対の方向で水が前記陽イオン交換室を通って流れるように接続されているおよび構成されている入口および出口を有する。

10

#### 【0018】

いくつかの実施形態では、前記電気脱イオンユニットの前記陽極室および前記濃縮液調整ユニットの前記陽極室の少なくとも一方は、塩素イオンが前記陽極室中に運ばれるのを防止するのに適した界面により、各濃縮液室または酸性化室に近接する側で結合しており、前記陽極室は、非塩化物イオン含有陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む。別の実施形態では、前記電気脱イオンユニットの前記陽極室および前記濃縮液調整ユニットの前記陽極室の両方が、塩素イオンが前記陽極室中に運ばれるのを防止するのに適した界面により、それぞれ濃縮液室および酸性化室に近接する側で結合しており、前記陽極室は、非塩化物イオン含有陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む。本発明のある態様では、界面は双極性膜および陽イオン交換膜から選択される。

20

#### 【0019】

本発明の更なる実施形態では、電気脱イオンユニットおよび前記濃縮液調整ユニットは、前記電気脱イオンユニットの前記陽極室および前記濃縮液調整ユニットの前記陽極室が同じ室であるように構成されており、前記電気脱イオンユニットの前記濃縮液室は該同じ室の一方の側に配置され、前記濃縮液調整ユニットの前記酸性化室は該同じ室の反対側に配置されている。この実施形態のいくつかの態様では、陽極室は、塩素イオンが前記陽極室中に運ばれるのを防止するのに適した界面により、前記濃縮液室および前記酸性化室から隔てられており、前記陽極室は、非塩化物イオン含有陽極溶液または再生陽イオン交換樹脂および実質的に塩化物を含まない水から選択される物質を含む。この実施形態のいくつかでは、界面は双極性膜または陽イオン交換膜である。

30

#### 【0020】

本発明の一態様では、濃縮液流の供給源は、前記スケール析出室の少なくとも1つの出口流、未処理の供給水の供給源、または前記濃縮液流用流路に接続されているリザーバであり、前記濃縮液流のイオン強度を不要な水分解を予防するように調整することができる。

40

#### 【0021】

本発明の装置のいくつかの実施形態では、前記スケール析出室中における前記電極（単数または複数）の表面積は、前記陽極室中における前記電極（単数または複数）の表面積の約10分の1未満である。別の実施形態では、前記スケール析出室中における前記電極（単数または複数）の表面積は、前記陽極室中における前記電極（単数または複数）の表面積の約3分の1未満である。

#### 【0022】

一実施形態では、陽イオン交換室および前記陰イオン交換室は、前記陰イオン交換室を通る水の流れに実質的に反対の方向で水が前記陽イオン交換室を通って流れるように接続されているおよび構成されている入口および出口を有する。

50

## 【0023】

本発明の一態様では、スケール析出室は、前記室内で互いに軸方向に平行で回転可能に取り付けられている陰極として少なくとも動作する一対の円柱状の電極を含み、前記電極は、モータの作動時に前記電極の表面が擦れ違って回転し、該表面上に析出したスケールを前記電極から剥落せるように、協働ギアを含み、およびモータと動作可能に接続されている。

## 【0024】

本発明のこれらのおよび他の態様のより完全な理解が、本発明に関する以下の説明、好ましい実施形態の詳細な説明、および添付図面から得られるだろう。

## 【図面の簡単な説明】

10

## 【0025】

【図1】本発明に係る装置の主な構成要素を示す概略図である。

【図2】本発明に係る装置の機能的な構成要素を示す概略図である。

【図3】本発明の一実施形態に従う複数の脱イオンセルの構成を示す概略図である。

【図4】本発明の別の実施形態に係る装置を示す概略図である。

【図5】本発明の更なる実施形態に係る装置を示す概略図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る濃縮液調整ユニット用の陰極の構成を示す概略図である。

【図7】24時間にわたる本発明に係る装置の連続再生により生じる処理容量を示すグラフである。

20

【図8】長期にわたり本発明に係る連続再生を用いる装置の理論的処理容量を示すグラフである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0026】

本発明に従って水からイオンを除去するための方法および装置は、電気脱イオン(EDI)ユニットおよび濃縮液調整ユニット(CC)の使用を含む。EDIユニットでは、不要なイオンを未処理の供給水から除去して脱イオン生成水を生成する。弱イオン種を除いて、EDIユニットは、Pb、Zn、AsおよびU等の重金属を含む実質的に全ての溶存イオンを $10\ \mu S/cm$ 未満まで除去する。参考として、 $10\ \mu S$ の導電率は約 $5\ mg/L$ のNaClに相当する。次いで、供給水から除去したイオンを水性廃棄物中にまたは濃縮液流中に濃縮し、次に、CCユニットで処理して濃縮液流からスケール形成イオンを析出させて除去する。更にまた、濃縮液流をCCユニット中で酸性化させ、その結果、例えばEDIユニットの陰極および陽イオン膜表面でスケールが形成されやすいEDIユニット中でスケール形成を阻害するようおよび高pHの表面を洗浄するように働くことができるという状態で濃縮液流をEDIユニットに再利用することができる。好都合なことに、この酸性化濃縮液流の高イオン強度はまた、EDIユニットの制限電流密度(即ち、セル中の水が解離し始めるであろう点)を高めるにも役立つ。この好都合なことにより、システムをより高い電流密度で動作させることができ、その結果、ユニットは、そのようなより高い電流密度で動作することができないセルに要するであろう大きさを必要としない。

30

## 【0027】

本発明の方法の実施では、未処理の供給水をEDIユニット中に導入する。未処理の供給水をろ過し、該供給物中に浮遊する粒子状物質を除去する。本発明の装置に従って使用するのに適した前置フィルタは概して、1~5ミクロンのカートリッジを備えるおよび約 $6\ g\ pm$ のピーク流量用のサイズである単一のカートリッジフィルタハウジングである。好都合なことに、浮遊固体を除去するための、述べた前置フィルタ以外には、未処理の供給水を前処理してEDI中への導入前にイオンを除去する必要がない。前述したように、住宅向き用途のために本明細書で説明した方法および装置は、最も住宅向き用途に従って溶存固体に関する $400\ mg/L$ 以下のTDS濃度で1日当たり1,135リットル以下の水を処理することができる。たとえTDSの1日当たりの負荷がより高くても、システ

40

50

ムの E D I ユニットに追加の脱イオンセルを加えるだけで、より頑強な用途に適応させることができる。当業者は、本開示を考慮して、任意の所望の 1 日当たりの需要に合うように十分に保持されたイオン除去容量を実現するように装置を構成することできるだろう。

#### 【 0 0 2 8 】

そのため、E D I ユニットは、1つまたは複数の脱イオンセルで構成される。各セルは、双極性界面により隔てられているおよび双極性界面の反対側がそれぞれ陽イオン交換膜および陰イオン交換膜と境界を接している陽イオン交換室および陰イオン交換室で構成される。前記脱イオンセルの内の1つまたは複数を、一方の側で陰極として動作する少なくとも1つの電極と他方の側で陽極として動作する少なくとも1つの電極とを含む一对の電極室の間に配置することができる。装置に必要な容量に応じて、E D I ユニットは任意の所望の数の脱イオンセルを含むことができる。動作中に、イオン交換室中の陽イオン交換媒体および陰イオン交換媒体は、生成水の使用がない期間中または該使用が制限されている期間中を含む、電極間で生じるD C 電流の結果として双極性界面でそれぞれ生じる水素イオンおよび水酸基イオンにより常に再生されている。イオン交換媒体が常に再生されることから、イオン交換媒体は、ピーク需要の期間にわたってイオン交換容量を保持する。

#### 【 0 0 2 9 】

本発明に従った使用に適した双極性界面は、本開示を考慮して当業者には明らかであろう。双極性膜が好ましく、例えば、商品名ネオセプタで日本の株式会社アストムから、および商品名 F u m a s e p でドイツの F u m a t e c h G m b h から市販されている。双極性界面の他の形成方法として、混合床樹脂を備えるE D I ユニット中において、陰イオン交換樹脂が陽イオン交換膜に接触している、陽イオン交換樹脂が陰イオン交換膜に接触している、または陰イオン樹脂が陽イオン樹脂に接触する界面または表面の製造が挙げられる。

#### 【 0 0 3 0 】

述べたように、セルの陽イオン交換室は前記双極性界面の反対側が陽イオン交換膜と境界を接しており、セルの陰イオン交換室は前記双極性界面の反対側が陰イオン交換膜と境界を接する。適切なイオン交換膜は不均一であることができ、即ち高分子バインダおよび補強布と混合されている磨り潰されたイオン交換樹脂がシート状に形成されており、または均一であることができ、即ち既に官能化されており、補強布を含むまたは含まないシート形状に成型されている単量体樹脂またはノボラック樹脂であることができる。強力な官能基、および存在する場合には動作中に観測する可能性があるp H 極値に適合する補強布を有する任意のイオン交換膜は、本装置で機能することができる。本装置に好ましい陽イオン交換膜および陰イオン交換膜は、非常に低い透水性、強力な酸性 / 塩基性官能基および補強布を備える不均一膜であり、例えばチェコ共和国の M e g a C o r p o r a t i o n または合衆国の M e m b r a n e s I n t e r n a t i o n a l により製造されるもの、商品名ネオセプタで日本の株式会社アストムにより製造されるもの、および商品名 F u m a s e p でドイツの F u m a t e c h G m b h により製造される膜である。当業者は、本開示を考慮して本発明に従った使用に適した陽イオン交換膜および陰イオン交換膜を選択して実施することができるだろう。

#### 【 0 0 3 1 】

電気脱イオンセルの陽イオン交換室および陰イオン交換室はそれぞれ、陽イオン交換媒体および陰イオン交換媒体を含む。本発明に係る適切な陽イオン交換媒体として、任意の強酸性の陽イオン交換媒体、特にスルホン酸基で官能化されているスチレンおよびジビニルベンゼンの高分子が挙げられる。これらとして、陽イオン交換樹脂、例えば P u r o l i t e c o m p a n y 製の C - 1 0 0 、 C - 1 5 0 および S S T 6 0 、及び D o w C h e m i c a l C o m p a n y , L a n x e s s により製造された、陽イオン交換樹脂に対応する樹脂、及び本開示を考慮して当業者に明らかであろうものが挙げられる。他の高分子もスルホン酸基で官能化される場合には、該高分子も使用することができる。適切な陰イオン交換媒体として、タイプIおよびタイプIIの両方の強塩基性イオン交換樹脂を含む任意の強塩基性陰イオン交換媒体が挙げられる。これらの樹脂は、スチレン - ジビ

ニルベンゼン、またはアミン基で、特にタイプIまたはタイプIIの第4級アミン基で官能化したアクリル高分子のいずれかの高分子として広く入手可能である。これらの内、好みしい樹脂は、Puroelite Company製のA850、A860およびA870、及びDow Chemical Company, Lanxessおよび当業者に既知の他の製造業者から市販されている類似の樹脂等の、タイプIの第4級アミン基で官能化したアクリル高分子である。様々な構造骨格および官能基を有する他の陰イオン交換体もある程度は機能することができるが、好みしい樹脂は、セルの動作中により低い電圧降下およびより均一な電流分布になる消耗形態でより高い導電率を有する。

#### 【0032】

先で示したように、本発明の方法および装置の利点は、少なくとも一部がユニット中ににおけるイオン交換媒体の低電力で本質的に連続的な再生で生じる、保持されたイオン交換容量への依存に由来する。そのため、ユニットは、予測ピークフローでのイオン交換需要に対応し、次いで特にわずかな流れのまたは流れがない期間中に媒体を連続的に再生するのに十分な量のイオン交換媒体を有するように構成されている。そのようなシステムが特定の用途のために十分に保持された容量を有するように構成することでは、以下の要因を考慮する必要がある。

1. 処理される水のCaCO<sub>3</sub>としてのTDS濃度、
2. 1日当たりに処理される水の最大量、
3. 最大予測流量、
4. 実質的に全容量未満であり概して約70%である、システムで使用するイオン交換樹脂の1リットル当たりの有効容量、
5. 樹脂を通って水素イオンおよび水酸基イオンをただ移動させている代わりに消耗したイオン交換樹脂を再生させるDC電流の割合として定義される効率係数、及び
6. 凈化した生成水となる供給水の割合として定義されるパーセント回復。

#### 【0033】

項目1、2および4は、システムのEDI部が含む必要がある樹脂の最小の総量、即ち、24時間周期で使用する全ての水を浄化するために完全に再生する場合に十分な有効容量を決定する。項目3は、過剰な圧力低下を避けるためにシステムのEDI部に必要とされる陽イオン交換樹脂および陰イオン交換樹脂の断面積および深さを決定する。典型的には、システムは、ピークフローで10psi未満の圧力低下を有するように設計されている。項目5は、システムのEDI部に印加する必要があるアンペア数を決定し、項目6は、所望の1日当たりの総量を得るために処理する必要がある水の総量を規定する。これらの検討事項と共に、1日で再生される容量を、ユニットの性能に対する電力消費を最適化したいというエンドユーザ特有のニーズのために調整することができる。このことを、以下の計算を使用して実現することができる。

#### 【0034】

10

20

30

## 【数1】

電流 =

$$EFF \times \left( \frac{\frac{1\text{日当たりの平均量}(L)}{1440\text{分}} \times \frac{60\text{秒}}{\text{分}} \times TDS(\frac{mg}{L} \text{CaCO}_3 \text{として}) \times \frac{\frac{2meq}{mmole} \text{CaCO}_3}{\frac{100mg}{mmole} \text{CaCO}_3} \times \frac{1\text{当量}}{1000meq} \times \frac{96485 \text{クーロン}}{1\text{当量e電荷}}}{\text{セル対の番号}} \right)$$

注記:1. 全TDSをCaCO<sub>3</sub>として見なすことができると仮定する2. EFF=ファラデー効率、該ファラデー効率は、消耗した樹脂を再生させておりおよび樹脂を通ってH<sup>+</sup>イオンおよびOH<sup>-</sup>イオンを濃縮液室中に移動させていないDC電流の割合である。典型的には、本装置ではファラデー効率は40～50%である。注記:装置の総合的なエネルギー効率とのこの差異は電圧が含まれないからである。

3. 1クーロン=1A/S

4. 1F=1当量の電荷=96485クーロン

10

## 【0035】

20

前述したように、本発明に係るEDIユニットは、電極室間に構成されている前述の1つまたは複数の脱イオンセルを含む。少なくとも陰極として動作する少なくとも1つの電極を含む第1の電極室は、脱イオンセルの陽イオン交換室の陽イオン交換膜に近接して配置され、好ましくは該陽イオン交換膜に隣接して配置されており、少なくとも陽極として動作する少なくとも1つの電極を含む第2の電極室は、脱イオンセルの陰イオン交換室の陰イオン交換膜に近接して配置されているが、隣接する必要はない。

## 【0036】

30

EDIユニットの陰極室では、陰極として動作する少なくとも1つの電極は、塩水に対して耐食性であり、水素ガス発生または上昇したpH環境によってダメージを受けない任意の材料であることができる。この材料として、316、317等の様々なグレードのステンレス鋼、Alloy 20、ニッケルおよびニッケル合金、及びモネルが挙げられる。EDIユニットの陽極室では、陽極として動作する少なくとも1つの電極は、曝されるであろう溶液中において寸法的および化学的に安定である任意の材料であることができる。この材料として、白金、および酸化イリジウム、酸化ルテニウムまたは混合金属酸化物の触媒コーティングによりコーティングされているチタンが挙げられる。本発明に従って電極として使用するのに適したこれらのおよび他の材料は、本開示を考慮して当業者に明らかであるだろう。

## 【0037】

40

以下により詳細に説明するように、陰極室は濃縮液用流路と流体連通しており、脱イオンセルの近接する陽イオン交換室から陰極室に入る陽イオンを本発明に従って更に処理するまたは調整するためにEDIユニットの陰極室外に運ぶことができ、および酸性化されたまたは調整された濃縮液は、陰極室中の高pH表面の洗浄および該表面からのスケールの除去を補助するために、必要に応じて陰極室中に流れることができる。

## 【0038】

50

以下でもより詳細に述べるように、本発明に係るEDIユニットの好ましい構成における陽極室は、陽極室中への塩化物イオンの輸送を防止するのに適した界面により、脱イオンセルの近接する陰イオン交換室からの陰イオンの輸送により生じた濃縮液流の流路から隔てられている。双極性膜はこの目的のために良好に機能することが分かっているが、陽イオン交換膜は、陽極室中への不要な塩化物イオンの輸送も防止することができる。この構成では、EDIユニット外の濃縮液用流路と液体連通する濃縮液区画は、脱イオンセルの近接する陰イオン交換室と陽極室との間に配置されており、脱イオンセルの近接する陰イオン交換室から濃縮液区画に入る陰イオンを、本発明に従って更に処理するまたは調整するためにEDIユニット外へ運ぶことができ、および酸性化されたまたは調整された

濃縮液流は、陰イオン交換室および濃縮液区画と境界を接している陰イオン交換膜の高pH表面のスケールの洗浄および該表面からのスケールの除去を補助するために濃縮液区画中に流れることができる。

#### 【0039】

前述の実施形態では、陽極室は陽極液の供給源に接続されており、該供給源から非塩化物イオン含有陽極溶液が陽極室を通って循環される。適切な非塩化物イオン含有陽極溶液は、高導電性を付与するおよび陽極表面での反応により分解しない任意の溶液を含むことができ、例えば硫酸ナトリウム、硫酸カリウム、硫酸マグネシウムまたはメタンスルホン酸等の酸を含むことができる。好ましい陽極溶液は硫酸ナトリウムを含む。双極性膜が近接する濃縮液区画から陽極室中へのイオン、特に塩化物イオンの輸送に対する効果的な障壁として作用することから、陽極での電極反応は、水素イオンの化学量論的生成を伴う酸素発生だけからほとんど成り、有利には塩素の著しい発生を含まない。塩素発生がないことにより、ユニットの構成要素の望ましくない酸化が回避され、陽極での酸素の発生は、双極性膜の陽イオン表面および陽極表面それぞれでの水素イオンのバランスの取れた生成及び双極性膜の陰イオン表面での水酸化物イオンのバランスの取れた生成の維持に寄与する。この配置により、装置は、EDIユニットを通じて濃縮液流用流路中に高塩化物強度の濃縮液流を用いることもでき、有利には $\text{CaCO}_3$ の溶解性を高めて低いEDIセル電圧を可能にする。

10

#### 【0040】

前述の実施形態のいくつかの構成では、陽極室は陽極液用リザーバに接続されている。実際には、リザーバを、定期的に補充され得る陽極液の供給により満たすことができる。有利には、陽極での酸素ガスの発生も、陽極室を通って非塩化物イオン含有陽極液を循環させるための原動力を付与する。実際には、本開示を考慮して当業者に明らかであるように、陽極溶液の適切な循環を促進するためにポンプまたは他の手段を用いることができる。同様に、EDIユニットおよびCCユニットの両方の陽極室がこの非塩化物含有陽極溶液を用いる実施形態では、各陽極室が共通の陽極液リザーバを共有することができるように装置を構成することができる。

20

#### 【0041】

あるいは、導電性を付与するために、EDIユニットからの生成水等の多少の塩化物イオンを含まない水と共に、再生陽イオン交換樹脂で陽極室を満たすことができる。この目的を達成するために、陽極室への入口を、適切なバルブを介してEDIの脱イオン生成水用流路に接続することができる。以下により詳細に説明するように、本実施形態では、CCユニットの陽極室（以下に説明する）を通って前記脱イオン生成水を更に流すために、EDIユニットの陽極室は、好ましくは同様に陽イオン交換樹脂が満たされたCCユニットの陽極室への入口に接続されている出口を有する。

30

#### 【0042】

図に示すように、本発明の方法および装置では、EDIユニット中において供給水から除去されたイオンの水性濃縮液流は濃縮液調整（CC）ユニット中で処理され、制御された位置でスケール形成イオンが濃縮液流から析出して除去され、および濃縮液流がEDIユニットに再利用されてスケールが形成される傾向にあるであろうEDIユニットの表面を洗浄するように作用することができるよう濃縮液流が更に酸性化される。

40

#### 【0043】

本発明のCCユニットは、濃縮液流の少なくとも一部を処理すべく収容するために、EDIユニットからの濃縮液流に接続されている少なくとも1つのスケール析出室と、陽イオン交換膜により前記スケール析出室から隔てられている酸性化室とを含む。陽極室は、前記スケール析出室の反対側で前記酸性化室に近接して配置されている。好ましい実施形態では、前述したEDIユニットの陽極室と同様に、CCの陽極室は、塩化物イオンの陽極室中への輸送を防止するのに適した界面により、酸性化室から隔てられている。実際には、以下により詳細に説明されるいくつかの実施形態では、CCユニットおよびEDIユニットを同じ陽極および陽極室を共有するように構成することができ、その結果、CCユ

50

ニットを、好都合なことに E D I ユニットと単一の機器に統合することができる。

#### 【 0 0 4 4 】

スケール析出室は、該スケール析出室中に配置され、少なくとも陰極として動作する少なくとも 1 つの電極を含む。電極材料は、E D I ユニットの陰極室に関して先で説明したものと同じであることができる。スケール析出室は、E D I ユニットの濃縮液流に接続されている入口と、濃縮液用リザーバに接続されている出口とを有する。スケール析出室はまた、ユニットの動作により陰極上に析出してその後に陰極から除去されるスケールを捕捉して除去することができるように構成されている回収室も含む。電極に電圧が印加されると、濃縮液流中のスケール形成イオンが陰極上に析出し、陰極で高電流密度を生じさせる大きさである電極の結果、スケールは陰極を吹き飛ばされ、析出室の底および回収室内に沈殿することができる。

10

#### 【 0 0 4 5 】

動作中に、スケール析出室を通って流れる濃縮液の pH は約 8 . 4 以上の pH に、より好ましくは約 pH 1 0 以上に理想的には調整される。このことは、C C ユニット中における電極間の電流およびスケール析出室を通る流量を調整することにより実現することができる。前者は、プロトンの濃度への追加の水酸基イオンの導入および pH の増加の影響を有し、後者は濃縮液を効率的に希釈し、pH を低下させる。本開示を考慮して当業者に完全に明らかであるように、濃縮液用流路中の適当な箇所で pH メータを含むことにより pH をモニタリングすることができる。

20

#### 【 0 0 4 6 】

回収室は、減速沈降室、逆洗可能な粒子フィルタ、使い捨てフィルタカートリッジまたは遠心分離機から成ることができる。好ましい実施形態の図に示すように、減速沈降室は、円錐容器の底に位置する自動バルブを介したスケール粒子の回収および最終水洗用の円錐底を備える容器から成ることができる。沈降室の直径はスケール析出室の直径よりも大きいことから、沈降室に入る濃縮液に含有される粒子の直線速度は減速され、粒子は重力により沈降することができる。動作中に、沈降室ではプローダウン処理により蓄積したスケールが周期的にページされ、バルブは、例えば 8 0 ~ 1 0 0 m l の濃縮液の連続した小さい噴出が沈降室を通って流れて該沈降室中に沈降したスケールを押し流すことができるように動作する。高固体廃棄物を衛生的な廃棄ラインに、あるいはその後の廃棄処分場 (disposal off-site) 用の貯蔵容器に運ぶことができる。必要に応じて、沈降室を吊下げ型バッグフィルタ等へ水洗することにより、固体を濃縮液から分離することもできる。

30

#### 【 0 0 4 7 】

プローダウン処理の量および頻度は、処理する具体的な水の供給源に依存するだろう。いくつかの実施形態では、プローダウンのタイミングは、濃縮液流が過剰に濃縮される場合に必要な濃縮液流の組成 (イオン強度) の周期的な調整と連携している。どんな方法にせよ濃縮液流の一部をこの目的のために抜き取る必要があることから、プローダウンにこの一部を使用することが有利である。ページのタイミングおよび量を、C C ユニットの濃縮液用リザーバを通じて循環する濃縮液の導電率をモニタリングすることにより決定することができる。例えば、濃縮液用リザーバの出口および酸性化室への入口に接続されている流路に導電率プローブを設置することにより、濃縮液流の導電率をモニタリングすることができる。濃縮液が例えば 1 6 , 0 0 0 μ S に達する場合には、次いで、導電率が所望のレベル、例えば 1 4 , 0 0 0 μ S に達するまで、プローダウンバルブを、連続した小さい毎時 8 0 ~ 1 0 0 m L 以上の噴出を生じるように作動させることができる。プローダウン処理中にページされた濃縮液の量は、次いで、例えば未処理の水供給用のおよび / または生成水用の流路からの補給水で補充される。

40

#### 【 0 0 4 8 】

述べたように、C C ユニットの酸性化室は、陽イオン交換膜によりスケール析出室から隔てられている。酸性化室は、図に示す濃縮液用リザーバ等の濃縮液流の供給源に接続されている入口と、E D I ユニットへの酸性化濃縮液用流路を介して E D I ユニットの濃縮液区画の入口に接続されている出口とを含む。酸性化室を通じて流れる濃縮液流は、C C

50

ユニットの動作により酸性化室中で酸性化され、その後、EDIユニット中において高pHでスケールが形成されやすい表面の洗浄に使用される。

#### 【0049】

いくつかの実施形態では、濃縮液用リザーバを、CCユニットの酸性化室を通って循環する濃縮液流の組成を変更することができる水の様々な供給源に接続することができる。好ましい実施形態では、濃縮液用リザーバを、適切なバルブおよび必要に応じてポンプを介して、スケール析出室からの出口流の水、EDIユニット中への供給水用流路からの未処理の供給水、またはEDIユニットの濃縮液用流路から分流した水の内の1つまたは複数に接続することができる。これらの水の供給源をそれぞれ、濃縮液用リザーバ中の濃縮液の化学的性質、従ってシステム全体の濃縮液流の組成を調整するのに使用することができる。動作中に、CCユニットの酸性化室を通って流れる濃縮液流は、CCユニットの陽極室が陽イオン交換膜により酸性化室から隔てられている実施形態では陽極で生じるプロトンにより酸性化され、または陽極室が例えば双極性界面により酸性化室から隔てられている実施形態では双極性界面の表面で生じるプロトンにより酸性化される。

10

#### 【0050】

前述したようにおよび図4に示すように、EDIユニットから分離して独立型ユニットとして構成されているよりも、いくつかの実施形態では、少なくとも陽極として動作する1つまたは複数の電極を含む単一の陽極室がEDIユニットおよびCCユニットの両方のための陽極（単数または複数）として動作することができるよう、CCユニットを、EDIユニット備える単一の機器に組み込むことができる。この実施形態では、塩素イオンが陽極室中を通過するのを防止するのに適した界面により、陽極室を、一方の側でEDIユニットの近接する濃縮液区画と、反対側でCCユニットの近接する酸性化室との両方から隔てることができる。前述したように、双極性膜はこの目的に好ましい。

20

#### 【0051】

本発明に係るCCユニットの本発明の使用が、本明細書で説明した電気脱イオンユニット中における高pHの表面および膜上でのスケール形成の問題に対処するのに効果的であるとして本明細書に示したおよび説明したが、CCユニットが、陰極室および陽極室、電極の数および位置、電極室およびイオン交換室、イオン交換室を通る流路等に関する多種多様な構成を有する、代替として構成された電気化学セル、例えば参照により本明細書に援用される米国出願第12/445,848号（国際公開出願第PCT/US08/05195号）で説明されているもの、または双極性膜なしに混合床イオン交換樹脂を用いる従来の電気脱イオンセルのスケール形成の問題に対処するのに有用であることは本開示から当業者には明らかであるだろう。離れてスケールを析出させるという本発明の概念の適用による利益を受けるであろうそのような構成は全て本発明の範囲内であると考えられる。

30

#### 【0052】

これらのおよび他の実施形態及び本発明のより完全な理解は、以下の好ましい実施形態の非限定的である詳細な説明から得られるだろう。

#### 【0053】

##### 好ましい実施形態の詳細な説明

40

図1に示すように、本発明に従って硬度を除去してスケールを管理すべく陰イオンおよび陽イオンを除去するため的好ましい実施形態は、2つの主要な電気化学ベースの構成要素から成る。第1の構成要素は、流路4を介してEDIユニットに入り、次いで生成水用流路10を介して使用可能になる未処理の供給水からイオン種を除去するための電気脱イオン（EDI）ユニット1である。第2の構成要素は、濃縮液流のpHを調整するおよび硬度スケールを管理するための濃縮液調整器（CC）ユニット20である。電極に電圧を印加して各ユニット中で所望の電気化学処理を行うために、EDIユニット1およびCCユニット20中の電極はDC電源50a、50bに動作可能に接続されている。

#### 【0054】

一般に、CCユニット20は、濃縮液用流路9aを介して、EDIユニット1中で供

50

給水流 4 から除去されたイオンの濃縮液流に接続されている。EDIユニット 1 からの濃縮液流は次いでCCユニット 20 中で処理されてスケールが除去され、該スケールは廃液用導管 35 を経てシステムから排出される。CCユニット 20 中で形成される濃縮液流はCCユニット 20 中の酸性化室(図2)中で酸性化され、酸性化濃縮液用流路 9 b を介してEDIユニット 1 に接続されている酸性化濃縮液流が生成され、該酸性化濃縮液流は濃縮液室に入り、EDI中の高pH表面上に形成されるスケールを溶解させることができる。流路 9 b を通る酸性化濃縮液の原動力を付与することができ、例えばポンプ 51 により付与することができる。本発明の更なる理解を容易にするために、EDIユニットおよびCCユニットそれぞれを以下でより詳細に説明する。

## 【0055】

10

## EDIユニット

図2に示すように、浮遊固体を除去するためのフィルタ104による前処理後に、処理される水(または未処理の水)は、仮想線1で示すEDIユニットに運ばれる。示すように、EDIユニット1は、未処理の水が通過する陽イオン交換樹脂室2aおよび2bならびに陰イオン交換樹脂室3a、3bをそれぞれ含む2つの脱イオンセルを含む。これらの陽イオン交換樹脂室および陰イオン樹脂室は双極性膜6により隔てられており、陽イオン交換媒体CRおよび陰イオン交換媒体ARをそれぞれ含み、未処理の水によって運ばれる陽イオンおよび陰イオンの一部または全てを除去して脱イオン生成水を生成するように動作する。

## 【0056】

20

各脱イオンセルの陽イオン交換室は、前記双極性膜6の反対側が陽イオン交換膜7と境界を接しており、陽イオン交換膜7は、a)陽イオン交換樹脂由来の陽イオンの近接する濃縮液区画8、8a中への通過を可能にし、b)濃縮液区画8、8a由来の陰イオンの陽イオン交換樹脂室2aおよび2b中への移動を防止し、およびc)区画2aおよび2b由来の水流および濃縮液区画8、8a由来の水それぞれの混合を防止する。図2に示すように、陰極室8aはまた、濃縮液区画(单数または複数)8と同様に、EDIユニットからの濃縮液用流路9aおよびEDIユニット中への酸性化濃縮液用流路9bに接続されている濃縮液区画もある。この結果、陽イオン樹脂に吸収された陽イオン性不純物が陽イオン交換室2a、2bに含まれる陽イオン交換樹脂を通って、次いで陽イオン交換膜7を通って濃縮液室8、8a中に移動し、濃縮液用流路9a中においてEDIユニット外に移される。

30

## 【0057】

同様に、陰イオン交換室3a、3bは前記双極性膜6の反対側が陰イオン交換膜11と境界を接しており、陰イオン交換膜11は、a)陰イオン交換樹脂由来の陰イオンの近接する濃縮液区画8中への通過を可能にし、b)濃縮液区画8由来の陽イオンの陰イオン交換樹脂室3aおよび3b中への移動を防止し、ならびにc)区画3aおよび3b由来の水および濃縮液区画8由来の水それぞれの混合を防止する。この結果、陰イオン樹脂に吸収された陰イオン性不純物が陰イオン交換樹脂を通って、次いで陰イオン交換膜11を通って濃縮液区画8中に移動し、濃縮液用流路9a中においてEDIユニット外に移される。

40

## 【0058】

図2を参照すると、未処理の供給水用流路4からの未処理水は、未処理の供給水用流路4aおよび4bを介して陽イオン交換樹脂室2aおよび2bの入口に送られる。必要に応じて、未処理水用導管4は、システムが導電率を、従って供給水中の電解質の濃度を最初に読み取るために導電率センサ204を含むことができる。脱イオンセルを通る電流の流れのバランスを取るために、未処理の供給水用流路4からの未処理の供給水は、陽イオン交換室2a、2bの反対側に位置する入口にそれぞれ接続されている流路4aおよび4bに分岐されている。このため、流路4aからの未処理の供給水は、流路4bを介して陽イオン交換室2bに入る未処理の供給水とは反対の方向で陽イオン交換室2aを通って流れることができる。このフローパターンの目的は、樹脂室および膜を通る電流の流れをより

50

均一にさせることであり、なぜならば、再生した形態と消耗した形態とのイオン交換樹脂の導電率には著しい差があり、即ち陽イオン交換樹脂および陰イオン交換樹脂の両方に關して再生した形態は消耗した形態よりも導電性であるからである。説明したおよび図2に示した流路により、電流の分布は、全てのレベルの消耗または再生においてより均一である。この目的を達成するために、未処理の供給水用流路4は2つの流れ4a、4bに分岐され、流れ4a、4bは、近接する脱イオンセルの各陽イオン交換室の反対の入口に接続されている。

#### 【0059】

明らかであるように、未処理の供給水用流路4を、追加の脱イオンセルの追加の交互に対向する陽イオン交換室の入口に分岐して接続し、EDIユニットに追加の保持容量を生じさせることができる。そのため、示すように、未処理の供給水は、近接する陽イオン（および陰イオン）室における相対的に樹脂が消耗された領域のバランスを取り、それにより各室を通る電流の流れのバランスを取るために、水が近接する陽イオン（および陰イオン）交換樹脂室を通って反対方向に流れるように2つの流路4a、4bに分岐されるが、追加の脱イオンセルを通る向流を促進するために流路4を追加の流路に分岐することができることは当業者に明らかであろう。

10

#### 【0060】

より均一な電流の流れを生じさせる別の方法、例えば参照により本明細書に援用される米国第12/445,848号（公開された国際出願第PCT/US08/05195号）で説明されているバッフル配置等を本発明に従って用いることもできる。

20

#### 【0061】

水は陽イオン交換樹脂室2a、2bを通って流れることから、水によって運ばれる陽イオン、例えばCa++およびMg++は陽イオン交換樹脂に接触し、樹脂中で水素イオン（H+）の水中への付隨的な正味の放出と交換される。この実質的に脱陽イオン化した水は、陽イオン交換樹脂室2a、2bから流路5aおよび5bを介して陰イオン交換樹脂室3aおよび3bへと流れ、これにより、近接する陽イオン交換室を通る流れと同様の方法で、近接する陰イオン交換室を通る向流がもたらされる。このことは、各脱イオンセルの全域で相対的に樹脂が消耗された領域のバランスを更に取り、それ故にセルの全域で電流の流れのバランスを更に取る効果を有する。脱陽イオン化水は陰イオン交換樹脂室を通って流れることから、水によって運ばれる陰イオン、例えば重炭酸塩および塩化物は陰イオン交換樹脂と接触し、樹脂中で水酸化物イオン（OH-）の水中への付隨的な放出と交換される。陽イオン交換樹脂室および陰イオン交換樹脂室中において水中に放出された水素イオンおよび水酸化物イオンはそれぞれ、中和反応 $H++OH-=H_2O$ に従って実質的に反応する。実質的に脱イオン化された水、即ち軟水または生成水は、それらが通過する連続したイオン交換室中の最後のイオン交換室、即ち示した陰イオン交換室3aおよび3bから、軟水または生成水が例え使用するための給水栓または貯蔵タンク（図示せず）に分配され得る生成水用流路10を通って運ばれる。所望の品質の生成水を維持するために、生成水用流路10は、生成水のpHおよび脱塩のレベルを決定すべく様々なセンサ、例えばpHセンサ410および導電率センサ510を含むことができる。

30

#### 【0062】

各脱イオンセルの陽イオン交換室および陰イオン交換室が双極性膜6により隔てられている結果として、電源（図1）から電極13、14への外部直流の印加時に、水素イオンおよび水酸化物イオンの陽イオン交換樹脂および陰イオン交換樹脂へのそれぞれ安定した流れがもたらされる。これらの水素イオンおよび水酸化物イオンはそれぞれ、陽イオン交換室2aおよび2bならびに陰イオン交換室3aおよび3bでのイオン交換処理で使用する再生剤イオンを構成する。

40

#### 【0063】

図2に示す実施形態では、陽極区画12は双極性膜6により、近接する濃縮液区画8から隔てられており、陽極区画12には非塩化物イオン含有陽極溶液が導管17を介してリザーバ15から供給され、該溶液は導管18を介してリザーバ15に戻される。本実施形

50

態では、好ましい陽極溶液は硫酸ナトリウムで構成される。双極性膜6は、近接する濃縮液区画8から陽極室12への任意のイオンの輸送に対する効果的な障壁であり、特に、塩化物イオンの輸送に対する効果的な障壁である。ある実施形態では、陽イオン交換膜を使用することもできる。再循環する陽極溶液は実質的に塩化物イオンを含有しないため、陽極14上での電極反応は、ほとんど酸素発生（水素イオンの化学両論的生成を伴う）だから成り、有利には、塩素の著しい発生を含まない。塩素発生がないことにより、スタック構成要素の望ましくない酸化が回避される。陽極14上での酸素の発生はまた、非塩化物陽極溶液をリザーバ15から陽極室12を通りリザーバに戻す循環のための原動力も付与する。あるいは、この循環ループを駆動させるためにポンプ（図示せず）を流路17または18に接続することができる。図5に示す別の好ましい実施形態では、陽極区画12は陽イオン交換樹脂で満たされており、以下により詳細に説明するように、導管19およびバルブ19aを介して、塩化物を含まない生成水の供給源に接続されている。

10

## 【0064】

図2に示すように、濃縮液区画8、8aはまた、CCユニットからの酸性化濃縮液用流路9bに接続されている入口も有し、未処理水流から除去されたH<sup>+</sup>および他のイオンが濃縮されている低pHの電解質溶液を含む酸性化濃縮液は、CCユニットから濃縮液区画8、8a中に導入されて濃縮液区画8、8a中での炭酸塩、水酸化物および酸化物のスケール形成を抑制することができる。特に、酸性のpHは、スケール形成鉱物の溶解度を高め、陽イオン交換膜7の陰極側上でのおよび陰イオン交換膜11の陽極側上での水分解も抑制する。

20

## 【0065】

スケール形成を回避するための更なる工程として、特に陰極室8a中において、装置を低い電流の流れまたは電流の流れがない間隔で動作させることができる。これらの間隔中に、酸性化濃縮液用流路9bを介して濃縮液区画8、8aに入る酸性化濃縮液は、陰極室8aを含む任意の濃縮液区画8中に生じるおよび濃縮液区画の境界を形成する膜中でも生じる任意のスケール結晶またはスケール結晶核を再溶解させることができる。短い時間間隔でこの工程を効率的にするために、流路9bを介して濃縮液室8、8aに運ばれた酸性化濃縮液のpH値を3未満に維持する必要があり、好ましくはpH値を2.2未満に維持する必要がある。このことは、様々なセンサ、例えば酸性化濃縮液用流路9b中のpHセンサ190および導電率センサ90、ならびに関連する回路を含めることにより容易に実現され得る。これらのセンサからのデータをモニタリングすることにより、pHが所望のレベルを超えている場合に濃縮液流の組成およびpHを変更するために、流量およびアンペア数を調整することができる。

30

## 【0066】

前述したように、追加の保持容量を付与するために、本発明に係るEDIユニットを追加の脱イオンセルを含むように構成することができる。このことを図3と関連して概略的に示す。図3は、仮想線で示す連続した4つの脱イオンセル110、210、310および410を有するEDIの構成を示す。先で論じたように、セルは、矢印で示す供給水の流れが近接するセル110～410において逆方向であるように、陰極室と陽極室との間で構成されている。図3に示す実施形態および更に追加の脱イオンセルを包含する更なる実施形態に適応するために必要な未処理水用流路等を構成することは、本開示を考慮して当業者の範囲内であるだろう。

40

## 【0067】

前述を考慮して当業者に明らかであるように、EDIユニットの様々な室および膜を、スタックおよびフレーム構造、または当業者に既知であり、例えば参照により本明細書に援用する米国第12/445,848号（公開された国際出願第PCT/US08/05195号）に開示されているように区画が同心円状に構成されている環状構造に構成することができる。

## 【0068】

濃縮液調整ユニット（CCユニット）

50

図2において仮想線20で示した本発明のCCユニットでは、スケールをシステムから除去して廃棄することができる制御された位置でスケールが意図的に析出される。先で示したように、EDIユニット1のEDI濃縮液区画8、8aは、濃縮液用流路9aを介してCCユニット20に接続されている。CCユニットは、陽イオン交換膜31により濃縮液酸性化区画25から隔てられている陰極として少なくとも動作する電極30を含むスケール析出室24と、前記陽イオン交換膜31およびスケール析出室24の反対側で前記濃縮液酸性化区画25に隣接して配置されている陽極として少なくとも動作する電極33を含む陽極室36とを含むスケール析出セルを含む。

#### 【0069】

スケール析出室24は、バルブ41およびCC入口流路41aを介して濃縮液用流路9aに接続されている入口と、スケール回収室26に接続されている出口とを有する。示すように、スケール回収室26は、任意のフィルタ、導管28を介して濃縮液用リザーバ21に接続されている出口と、廃液用導管35に接続されている出口とを有する減速沈降室を含む。示すように、廃液用導管35は、システムから沈降室26中に沈降しているスケールをページするためのプローダウン処理中に作動され得る自動バルブ27を含む。

#### 【0070】

CCユニットはまた、濃縮液用リザーバ21も含む。濃縮液用リザーバ21の出口は濃縮液酸性化室25の入口に接続されており、次に、濃縮液酸性化室25は、酸性化濃縮液用流路9bを介してEDIユニットの濃縮液区画8、8aの入口に接続されている出口を有する。リザーバ21から濃縮液酸性化区画25の入口への濃縮液の原動力を例えればポンプ23により付与することができる。様々な組成の水を複数の供給源から濃縮液用リザーバ21中に導入することができる。示すように、リザーバ21は、流路28を介してスケール回収室26の出口に接続されており、バルブ22および濃縮液用入口流路22aを介して濃縮液用流路9aに接続されており、及びバルブ16aおよび未処理水用流路16bを介して導管16からの未処理の供給水に接続されている。必要に応じてバルブ16a、22を作動させることにより、リザーバ21中の濃縮液の組成を調整することができる。前述したように、pHセンサおよび/または導電率プローブにより濃縮液流の組成の適合性をモニタリングすることができる。

#### 【0071】

図2に示すように、導電率センサ129は、濃縮液用リザーバ21から酸性化室25に至る導管29に接続されている。同様に、酸性化濃縮液用流路9bは、導電率センサ90およびpHセンサ190を含む。これらのセンサからのデータは、濃縮液流における酸性度および電解質の濃度の両方に関する情報を提供することができる。濃縮液流のpHまたは導電率がシステムパラメータの範囲外である場合、固体のスケール廃棄物についてのシステムのページおよび濃縮液流の組成の調整の両方をすることができるプローダウン処理を開始するために、自動バルブ27を作動させることができる。例えば、システムパラメータが、濃縮液流が約14,000μSの導電率を有することを必要とする場合には導電率を使用し、次いで、導電率センサ129または90が、導電率が約16,000μSに上昇したことを示す場合には、センサ129および90で所望の導電率を生じさせるためにシステムの均衡が取れるまで毎時約80~100mL以上の連続した短いページを開始するために、自動バルブ27を作動させることができる。プローダウン処理および濃縮液流の組成の調整を制御する様々なセンサおよびバルブを、効率的にモニタリングするおよび装置の動作を制御するために、コンピュータまたは他の電子制御回路(図示せず)に接続することができる。当業者は、本開示を考慮して本主題発明の実施でそのような回路機構を選択するおよび構成することができる。

#### 【0072】

スケール析出室24中で硬度を効率的に析出させるために、導管41aを通る流れおよび電流密度は、室24中のpHを8.4より高い値で維持するように調整され、好ましくは10.0より高いpH値で維持するように調整される。この条件下では、陰極表面上にスケールが容易に形成され得る。示すように、スケール析出室24に入る濃縮液のpHを

10

20

30

40

50

、濃縮液用流路 4 1 a 上の pH センサ 1 2 4 または流路 9 a 中の同様のセンサ（図示せず）によりモニタリングすることができる。pH が所望の範囲から外れる場合には、析出室 2 4 を通る濃縮液の流量および電極 3 0 および 3 3 の間の電流を、所望の pH が確立されるまで調整することができる。システムを通るフローを、例えば流量計 2 9 0 によりモニタリングすることができる。

#### 【 0 0 7 3 】

陰極からスケールを吹き飛ばし、その結果、スケールが重力によりスケール回収室 2 6 中に落下することができるために、電極 3 0 、 3 3 を、相対的に高い陰極電流密度、好ましくは  $90 \text{ mA/cm}^2$  よりも高い陰極電流密度、好ましくは  $120 \text{ mA/cm}^2$  よりも高い陰極電流密度を生じさせるように構成する必要がある。この電流密度では、陰極 3 0 の表面で形成された水素の気泡が陰極の表面を連続して洗浄してスケール粒子を除去する。この目的を達成するために、CC ユニット中の陰極（単数または複数）は、陽極（単数または複数）の表面積の 5 ~ 10 倍未満の表面積を有する必要がある。様々な陰極材料を使用することができるが、ニッケル 2 0 0 合金の陰極表面が特に適切であることが分かっている。当業者は、本開示を考慮して  $90 \text{ mA/cm}^2$  を超える高い電流密度を望ましくは生じるように電極をある大きさに形成するおよび構成することができるだろう。

#### 【 0 0 7 4 】

DC 電源（図 1 ）に接続されている電極 3 0 、 3 3 に電圧が印加される場合、スケールは室 2 4 中において陰極 3 0 上に主に析出し、好ましい実施形態に従う陰極での高電流密度の結果として、室 2 4 中に生じた水素ガスの気泡の作用により電極から強制的に離される。遊離したスケール粒子は、スケールをスケール回収室 2 6 中に落下させるのに十分な大きさおよび高密度であり、自動バルブ 2 7 によって周期的に廃棄するために、スケール粒子をスケール回収室 2 6 から取り出すことができる。導管 2 8 を介してスケール析出室 2 4 から出る脱スケール濃縮液は濃縮液用リザーバ 2 1 に移され、任意選択で、回収室 2 6 中に沈降しない任意のスケール粒子を除去するためにフィルタ（図示せず）を最初に通過する。

#### 【 0 0 7 5 】

陰極のこの連続的な高電流密度洗浄に加えて、装置を低い電流の流れまたは電流の流れがない間隔で動作されることでき、この間隔中に酸性化濃縮液用導管 9 b から濃縮液室 8 、 8 a 中に流れる酸性化濃縮液は、スケール析出室 2 4 中に、例えば電極 3 0 上に、およびスケール析出室の境界を形成する陽イオン交換膜 3 1 上にも蓄積する可能性がある任意のスケール結晶またはスケール結晶核を再溶解させることができる。短い時間間隔でこの洗浄工程を効率的にするために、流路 4 1 a を介してスケール析出室に運ばれた濃縮液の pH を 3 の pH 値未満に維持する必要があり、好ましくは 2 . 2 の pH の値未満に維持する必要がある。述べたように、このことは、pH センサ 1 2 4 および関連する制御回路により実現され得る。

#### 【 0 0 7 6 】

図 6 に示す別の実施形態では、スケール析出室 2 4 中の陰極を、室中の電極上でのスケール析出を除去するように動作することができる一対の回転式電極として構成することができる。本実施形態では、スケール析出室は、スケール析出室 2 4 内に固定されるフレーム 6 0 上に装着されている一対の密接した逆回転式電極 6 1 、 6 2 を含む。電極 6 1 、 6 2 は DC 電源（図 1 ）に接続されており、少なくとも陰極として動作する。電極 6 2 として示す 1 つの電極は、低 rpm のモータ（図示せず）に接続されている。駆動電極 6 2 および第 2 の電極 6 1 は、モータの作動時に電極を回転させるために協働する相補的ギア 1 6 2 、 1 6 1 を含み、その結果、駆動電極 6 2 および第 2 の電極 6 1 の表面が擦れ違って回転することから、それらの電極上に析出する任意のスケールは該電極から効率的に削り取られる。前述した実施形態においてのように、電極から剥落するスケールは、重力により、その後の除去のための開口部 1 2 6 を介して沈降室 2 6 中に落下することができる。

#### 【 0 0 7 7 】

前述したように、濃縮液酸性化室 2 5 は一方の側が陽イオン交換膜 3 1 と境界を接して

10

20

30

40

50

おり、陽イオン交換膜31は、濃縮液酸性化室25とスケール析出室24との間の共通の境界を形成する。示すように、酸性化室25は、先で論じたように反対側が双極性膜32と境界を接しているが、いくつかの実施形態では、塩化物イオンの特に陽極室36中への通過を防止することができる他の界面を使用することができます。双極性膜32の陽イオン表面は陽イオン交換膜31に面しており、陰イオン表面は陽極33に面している。酸性化室25は、導管29を介して濃縮液用リザーバ21からの濃縮液を収容し、電極30、33間の外部の直流の通過により生じる双極性膜由来の水素イオンの流れにより酸性化される。あるいは、双極性膜32の代わりに陽イオン交換膜が使用される場合には、陽極で生じるプロトンが陽イオン交換膜を横切って酸性化室25中の濃縮液を酸性化する。

## 【0078】

酸性化濃縮液は、酸性化室25を出て、酸性化濃縮液用流路導管9bを介してEDIユニットの濃縮液室8、8aの入口に運ばれる。この濃縮液の低pHにより、これらの区画で生じる可能性があるスケールの溶解が促され、次いで、EDI濃縮液区画8、8aを最終的に通過させて濃縮液用流路9aに戻った後に除去するために、スケールをCCユニットに戻す。

## 【0079】

代替実施形態では、EDIユニット1の濃縮液室8(a)およびCCユニット20の酸性化室25を独立したループとして接続することができる。この実施形態では、酸性化室25の出口は陽極/濃縮液室8aの入口に接続されており、室8aの出口は濃縮液用リザーバ21の入口に接続されている。濃縮液用リザーバ21の出口は、次いで濃縮液室8の入口に接続されている。このため、CCユニットの酸性化室からの酸性化濃縮液はEDIユニットの陰極室に直接供給され、酸性化濃縮液の洗浄機能が実施される。残存する濃縮液室8は、濃縮液用リザーバから循環する濃縮液により洗浄される。

## 【0080】

本発明に係るEDIユニットの好ましい陽極室12と同様に、CCユニットの陽極室36には導管39を介してリザーバ37から非塩化物イオン含有陽極溶液が供給され、該溶液は導管40を介してリザーバ37に戻される。再循環する陽極溶液は実質的に塩化物イオンを含有しないことから、陽極33上での電極反応は、ほとんど酸素発生(水素イオンの化学両論的生成を伴う)だけからなり、有利には、塩素の著しい発生を含まない。塩素発生がないことにより、スタック構成要素の望ましくない酸化が回避される。陽極33上での酸素の発生は、双極性膜32の陽イオン表面および陰イオン表面での、及び陽極33の表面での水素イオン、水酸化物イオンおよび水素イオンそれぞれのバランスの取れた生成の維持に寄与する。陽極での酸素ガスの発生はまた、陽極液をリザーバ37から電極室36に循環させてリザーバに戻す原動力も付与する。あるいは、ポンプ(図示せず)をこの循環ループの駆動に使用することができる。

## 【0081】

動作中に、スケール回収室26に接続されている自動バルブ27は、堆積したスケールおよび液体を除去するために定期的に開かれる。前述したように、析出した固体の除去に加えて、このフローは濃縮液用リザーバ中の塩の蓄積も調節する。この蓄積は、未処理水中に溶解している塩により起こり、該塩は、前述したように生成水から除去されてEDIセル中の濃縮液室に移される。このプローダウン動作により除去される濃縮液の量を補充するために、バルブ16aおよび流路16bを介して濃縮液用リザーバ21に水が加えられる。

## 【0082】

先で論じたように、いくつか的好ましい実施形態では、EDIユニットおよびCCユニットを、共通の陽極を共有するように構成することができる。この実施形態を図4に示す。図4に示すように、CCユニットおよびEDIユニットを、陽極室112が、反対側が双極性膜106と境界を接する陽極として少なくとも動作する電極114を含む单一の機器に構成することができる。前述した実施形態と同様に、双極性膜の目的は、塩化物イオンが特に陽極室112に入るのを防止することである。この目的を達成するために、当業

10

20

30

40

50

者は、他の界面、例えば陽イオン交換膜を好ましい双極性膜の代わりに使用することができますことを理解するだろう。図4に示すように、EDIユニットの脱イオンセル110、210および陰極区画113は陽極室112の一方の側に配置されており、CCユニットのスケール析出室124および酸性化室125は反対側に配置されている。この実施形態では、EDIユニットおよびCCユニットの残りを、本発明の様々な実施形態に関連して前述および後述するように別の方法で構成することができる。

#### 【0083】

先で示唆したように、いくつかの実施形態では、EDIユニットおよびCCユニットの内の方または両方の陽極室を、陽極液ループの一部を形成するよりも、再生した陽イオン交換樹脂および実質的に塩化物を含まない水で満たすことができる。この構成の好ましい実施形態を図5に示す。図5に示すように、EDIユニット1の陽極室12は、バルブ19aおよび入口流路19を介して生成水用流路10に接続されている入口と、流路42を介してCCユニット20の陽極室36への入口に接続されている出口とを含む。陽極室36の出口は、導管43およびフロートバルブ45を介して濃縮液用リザーバ21に接続されている。この構成では、フロートバルブ45は、陽極室36を通って流れる生成水を、バルブ27の作動時に廃液用導管35を介したスケール析出室のバージの結果として失われた任意の必要な量のバランスを取るのに十分な量で濃縮液用リザーバ21に迂回させるように動作する。導管43からの過剰な水を、導管44を介してドレインに排出することができる。EDIユニットおよびCCユニットの残りの構成要素を、本明細書で説明した様々な実施形態に従って別の方法で構成することができる。

10

20

30

40

#### 【0084】

本発明の方法および装置の更なる理解は、以下の限定されない実施例から得られるだろう。

#### 【実施例1】

#### 【0085】

図2に従って実験的システムを構築して構成した。EDIの電極および膜の有効面積は、1.5インチ厚の樹脂室に対して24平方インチであった。濃縮液室および電極室を、約0.060インチ厚のプラスチック製メッシュで支持した。CC膜の有効面積は、深さ1.5インチの陰極室および深さ0.134インチの酸性化室に対して26.7平方インチであった。陽極室を、約0.045インチ厚のプラスチック製メッシュで支持した。システムを好ましい実施形態で説明したように動作させ、EDIセルを通る1.85アンペアの電流およびCCユニットを通る5アンペアの電流をもたらす電圧を電極に印加した。供給水は、Ontario湖由来のHamilton、Ontario都市用水である。水が以下を有すると分析した。

全溶存固体(TDS) - 177 mg/L

硬度レベル - CaCO<sub>3</sub>として140 mg/L

平均導電率 - 320マイクロジーメンス/cm

全アンモニア - 0.35 mg/L

全ケルダール窒素(TKN) - 0.5 mg/L

溶存有機炭素 - 1.7 mg/L

pH - 8.1

溶存硫酸塩 - 27 mg/L

アルカリ度(CaCO<sub>3</sub>としての合計) - 80 mg/L

溶存塩化物 - 29 mg/L

硝酸塩 - 0.3 mg/L

#### 【0086】

家庭での使用パターンの6分の1のスケールをシミュレートする0 L / 分 ~ 4.1 L / 分の範囲の流量でシステムに供給した。この条件下で、3200 Lを超える净水を生成する450時間の連続周期にわたりシステムを動作させた。净水は、0.1 mg/Lの検出限界未満である硬度濃度、および5.6マイクロジーメンスの平均導電率を有した。硬度

50

を、 C C ユニットの陰極室中でシステムから良好に除去した。このことは、1日当たり複数回ほんの少しの間だけ手動で動作させるソレノイドバルブを作動させることにより実現した。濃縮液の組成変化が最小となるように、およびシステムの E D I 部から加えられる新しい塩の量が排出される塩の量とほぼ等しくなるように、1回の水洗当たりの排出量を少なく抑えた。試験の完了時に、E D I セルを分解して E D I セル中にスケールが形成されていないことを確認した。

#### 【実施例 2】

##### 【0 0 8 7】

実施例 2 は、システムが一連の具体的な設計基準にどのように対応するかの数学的モデルを構築するために計算結果を使用する仮想例である。本実施例はまた、他の流量および負荷量に関してシステムを設計するのに必要な工程も示すだろう。本実施例では、製造業者が公表した陰イオン交換樹脂の全容量を、残存する樹脂容量を算出するために使用する。陽イオン交換樹脂の全容量は概して陰イオン交換樹脂よりも非常に高く、本実施例では 44 %高い。実際の樹脂の有効容量は製造業者が公表した総容量よりも著しく低く、概して全容量の約 70 %である。

10

##### 【0 0 8 8】

本実施例では、樹脂の 100 %容量を、24 時間を超えて設計フローおよび負荷を処理するのに必要な動作中の樹脂の体積量として定義し、また、樹脂は本シミュレーションの最初に 100 %再生されていると仮定している。

20

##### 【0 0 8 9】

#### 設計基準

日々の使用 1,416 リットル / 日

ピークフロー 23 リットル / 分

T D S 177 mg / リットル

1999 A W W A R e s e a r c h F o u n d a t i o n S t u d y t i t l e d " R e s i d e n t i a l E n d U s e s o f Water "、33 ~ 38 頁をベースとする、典型的な家庭での消費に基づくフロー使用パターン

#### 装置

E D I :

750 ml の P u r o l i t e S S T 60 H + 陽イオン樹脂をそれぞれ含む 6 つの陽イオン室、製造業者が公表した容量の合計である 8.1 当量を有する合計 4.5 リットル。

30

750 ml の P u r o l i t e P P A 850 OH - 樹脂をそれぞれ含む 6 つの陰イオン室、製造業者が公表した容量の合計である 5.63 当量を有する合計 4.5 リットル。

6 枚の陽イオン膜、6 枚の陰イオン膜、および 7 枚の双極性膜（7 枚の内の 1 枚は陽極を絶縁するために使用する）

30

C C :

実施例 1 で説明したように構成されている。

##### 【0 0 9 0】

#### 動作

本実施例の目的のために、図 2 に示すが 6 つの陽イオン樹脂室、6 つの陰イオン樹脂室および 6 つの濃縮液室を有するシステムを使用すると仮定する。T D S 濃度が C a C O<sub>3</sub> として 177 mg / L である H a m i l t o n 湖の O n t a r i o 市水を、1 日当たり合計で 1416 L を生じる家庭での水消費（例えばトイレのフィルレート（fill rate）3.8 L / 分、シャワー 10 L / 分、多用途 23 L / 分）をシミュレートしている水使用パターンでの本シミュレーションの基準として使用した。

40

##### 【0 0 9 1】

E D I を、100 % / 24 時間または 4.2 % / 時間に相当する、意図した日々の処理容量の 2 倍相当（50 % の効率を考慮して）を処理するのに必要な電流（2.0 A）で動作させる。日常使用でのピークフローは、相対的に短い期間（即ち 40 分）で 1 日の容量の 20 % を消費する可能性があり、これは、予備容量がない従来の E D I ユニットにおいて

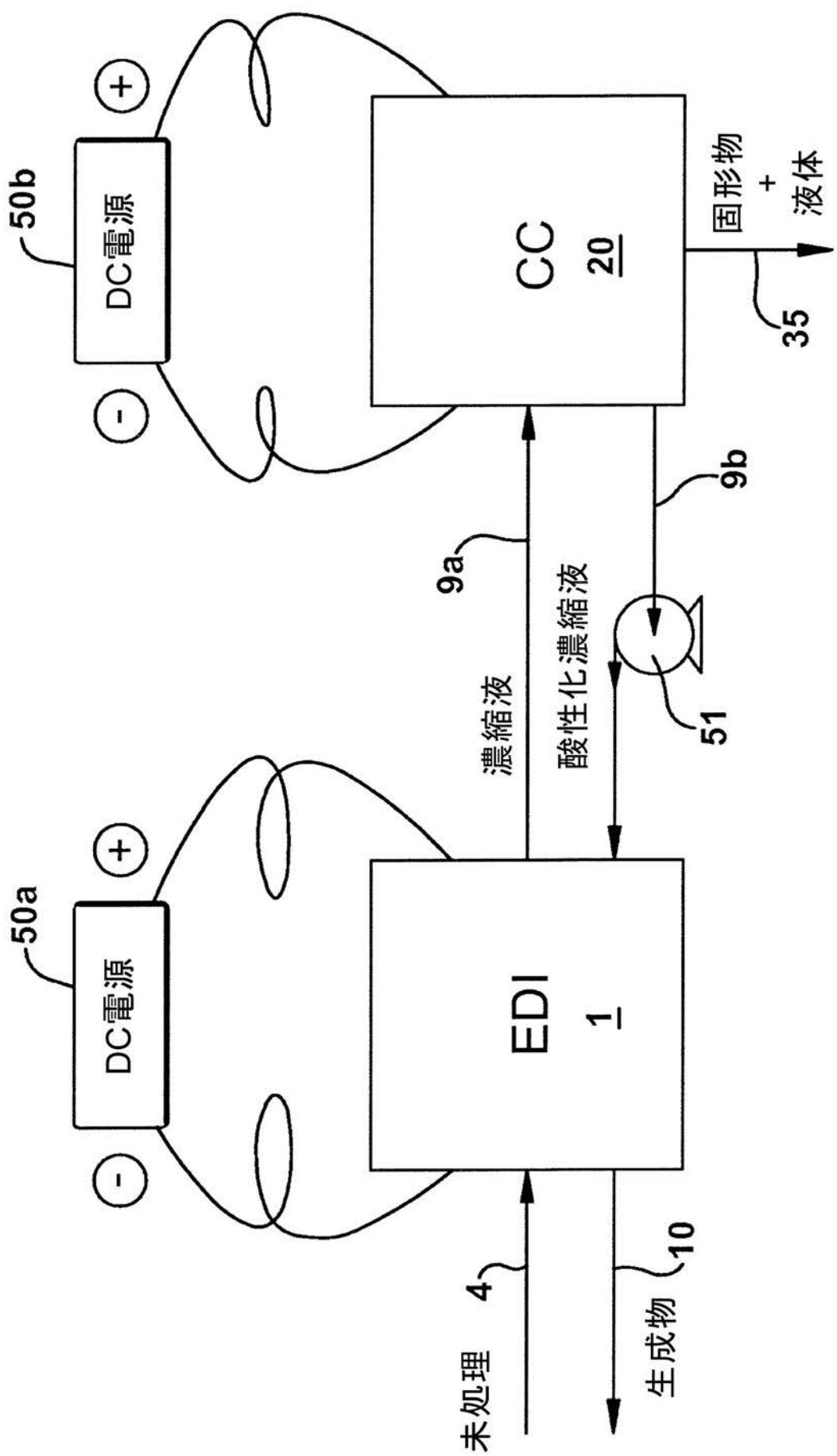
50

ては、膨大な量の電流（例えば、23 L / 分および188 mg / Lでの6つのセル対の使用では、50%の電流効率係数に基づいて59アンペアの電流が必要であるだろう）を必要とするであろう。なぜならば、イオンがシステムに入るのと同じ速度で、リアルタイムでイオンを除去する必要があるであろうからである。

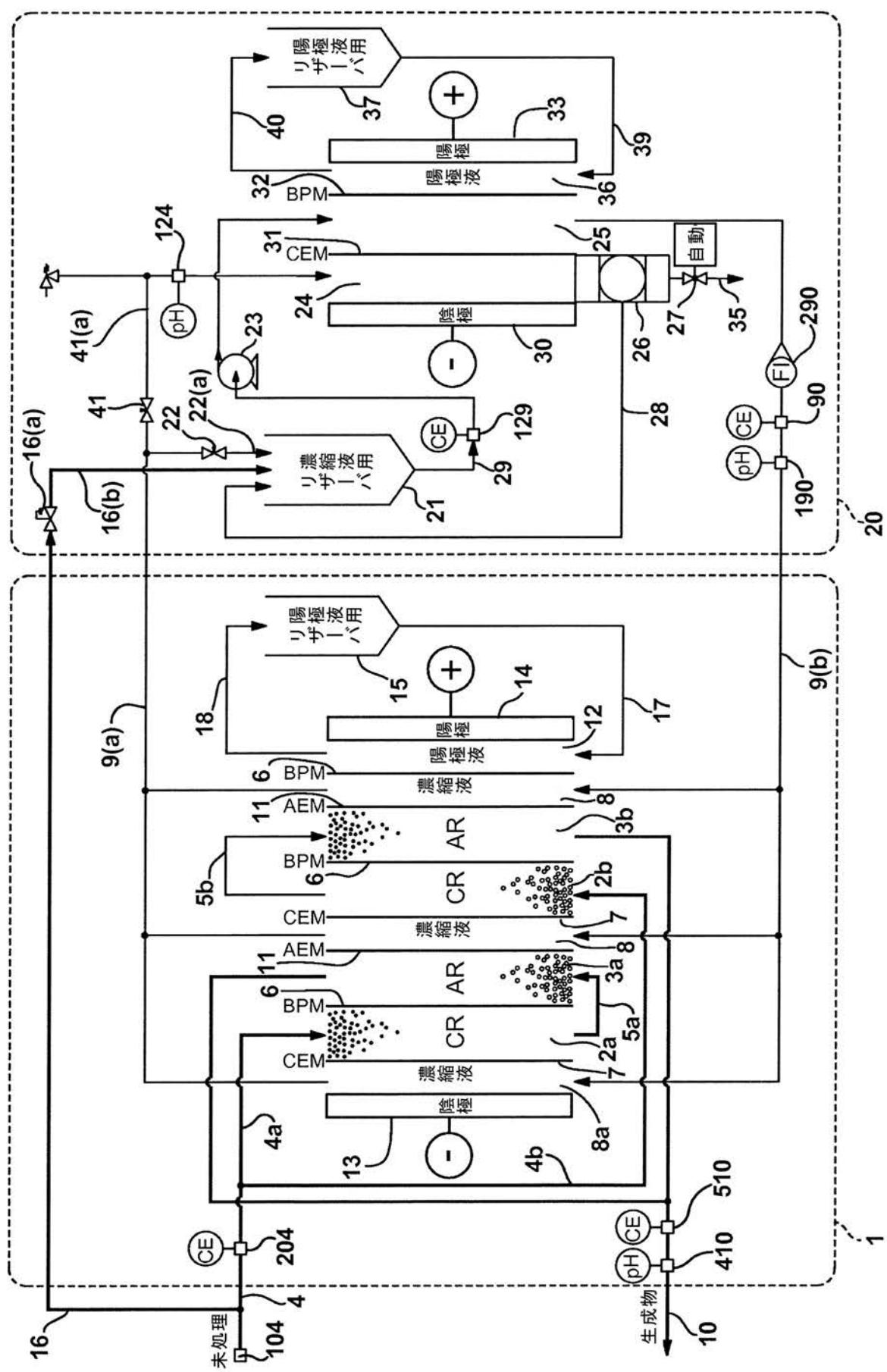
【0092】

図7は、1日にわたる連続再生でのこの理論的セルの処理容量を示す。図7は、EDIセルの連続再生と動作の初日での予備容量との関係を示す。100%は、188 mg / L水の1日当たり1416 Lの処理に必要な全容量を表す。これは陰イオン樹脂の有効容量に基づいており、なぜならば、陰イオン樹脂の容量は陽イオン樹脂の容量よりも低いからである。セルの好ましい動作により、1日目の全容量の50%をかなり上回る予備容量を保持することができる。図2は、最初のならし運転期間後のシステムの反応を示す。システムは最初の有効容量の100%に一度も回復していないが、たとえ長期のピーク流量後であっても、常に有効容量の50%をかなり上回る状態を維持する。このことは安全係数を与える。これらの条件下でピークフローに順応し、更に処理装置は2アンペアという低いアンペア数で動作し続けており、及び家庭での使用にとって適度な大きさであり、および経済的である。

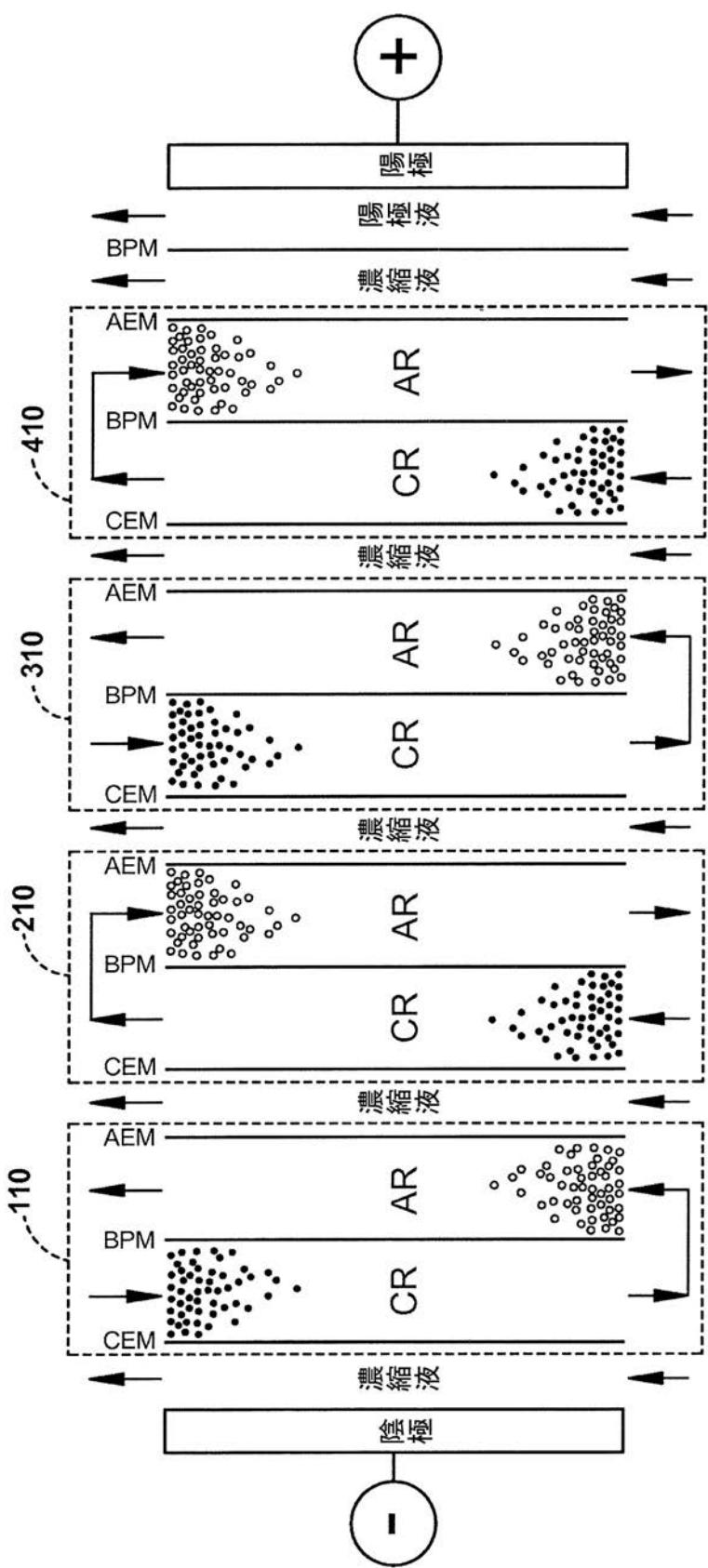
【図 1】



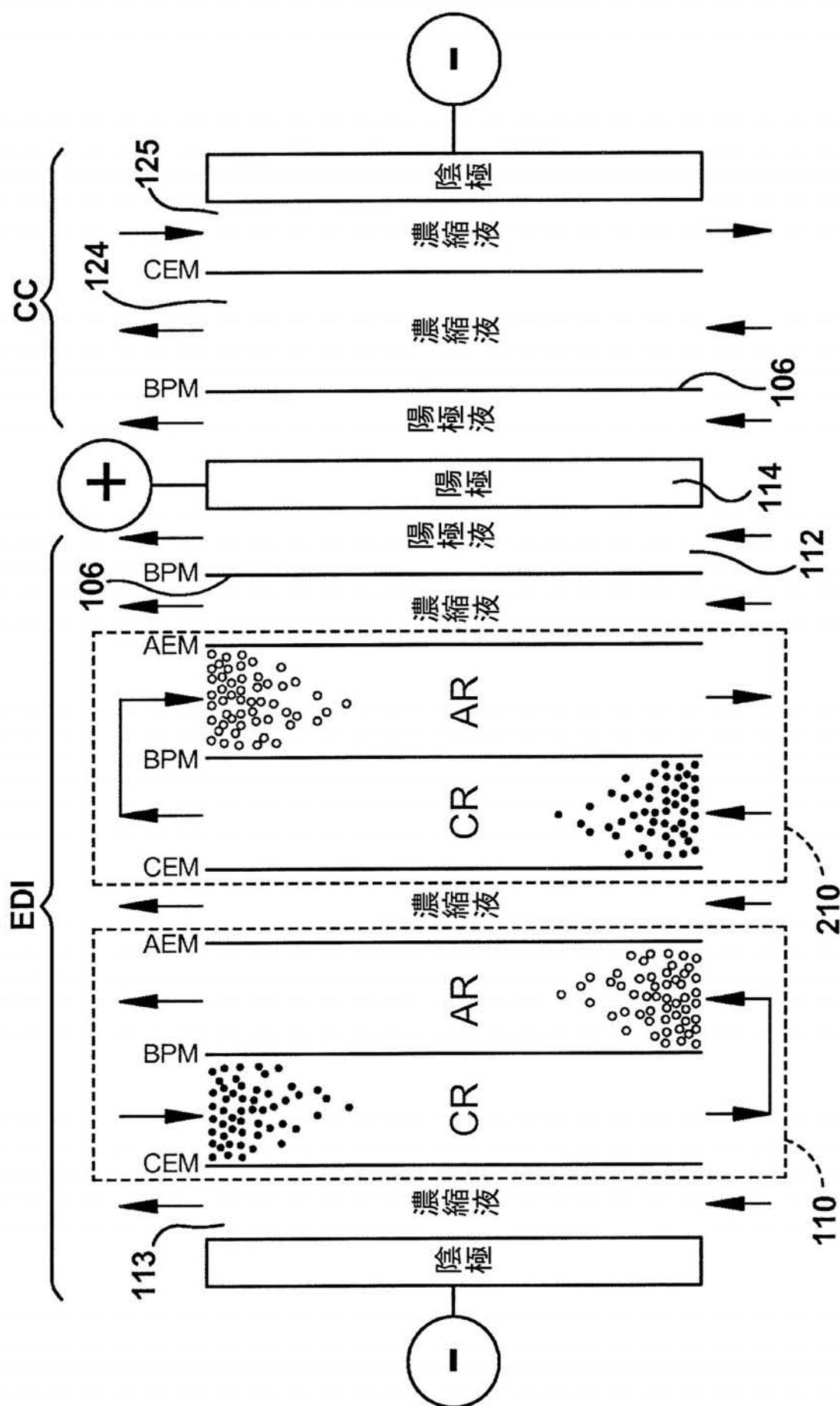
【 図 2 】



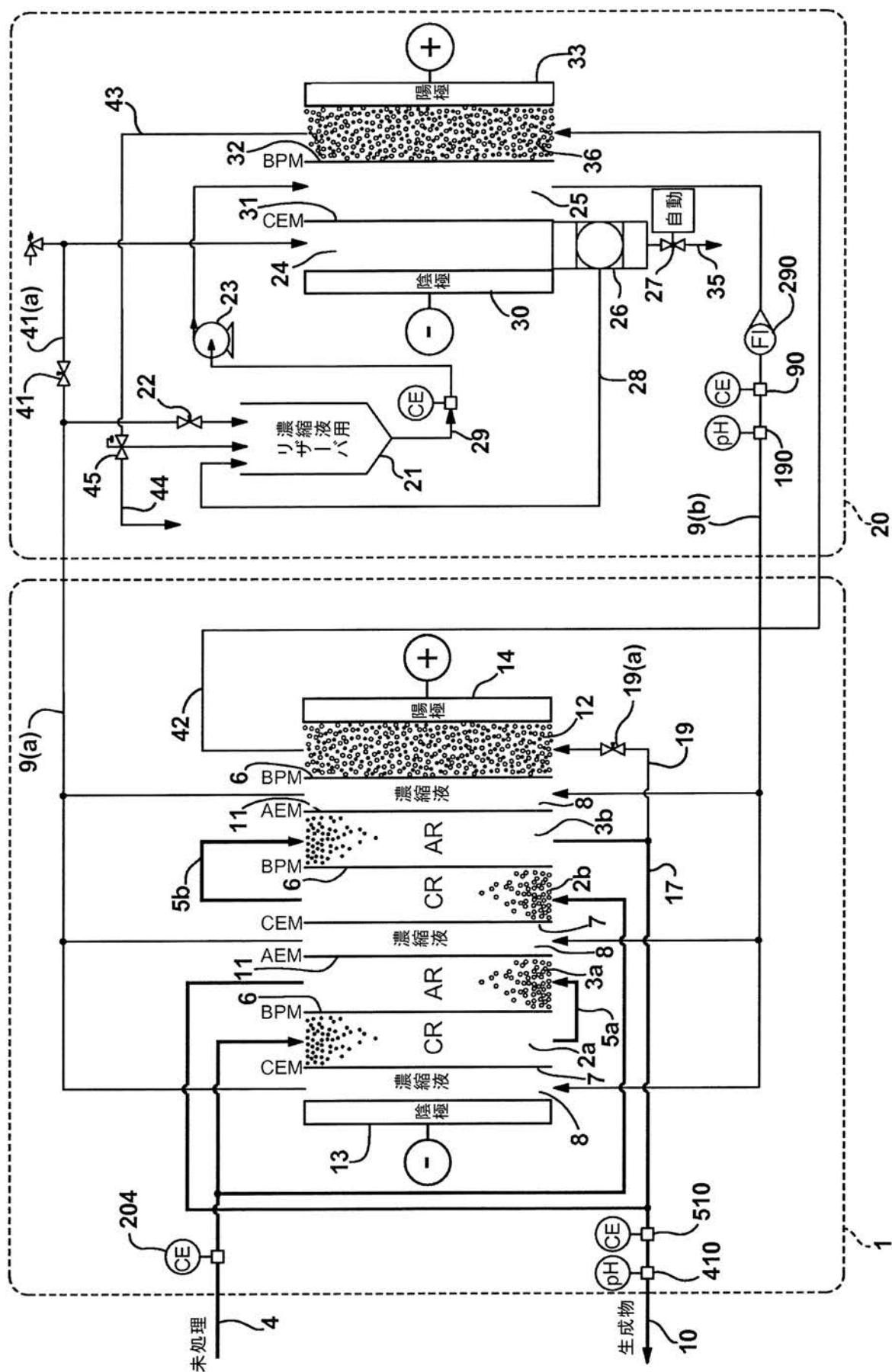
【図3】



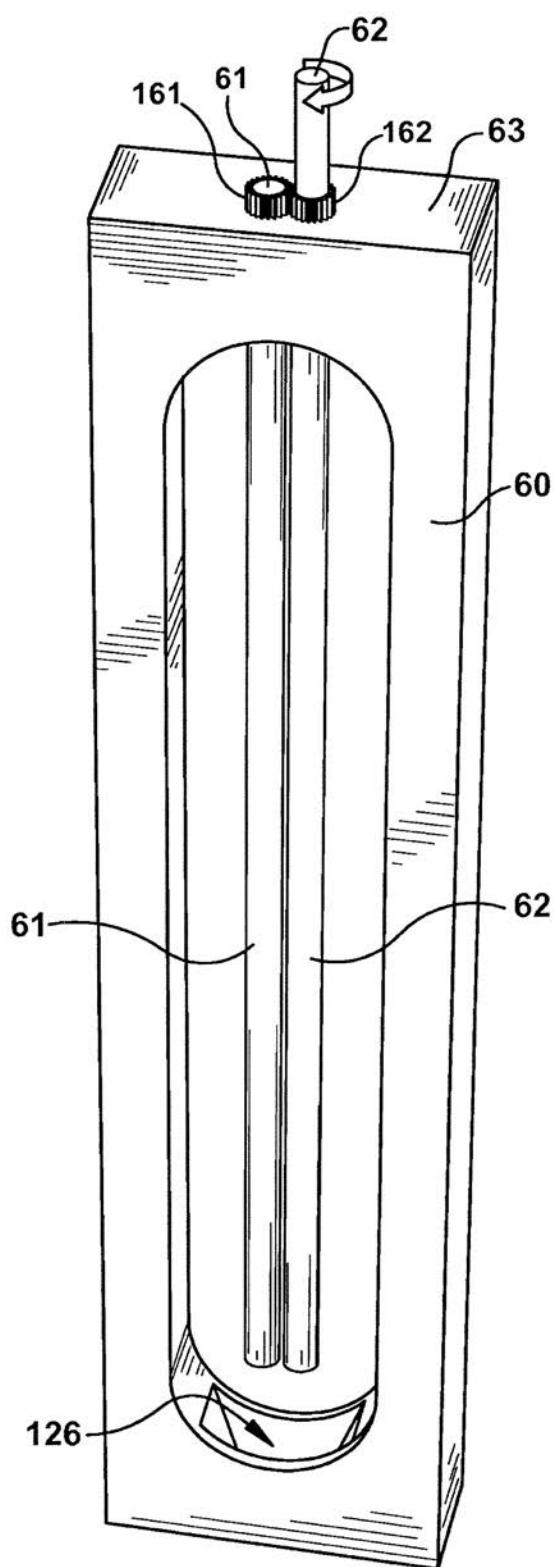
【図4】



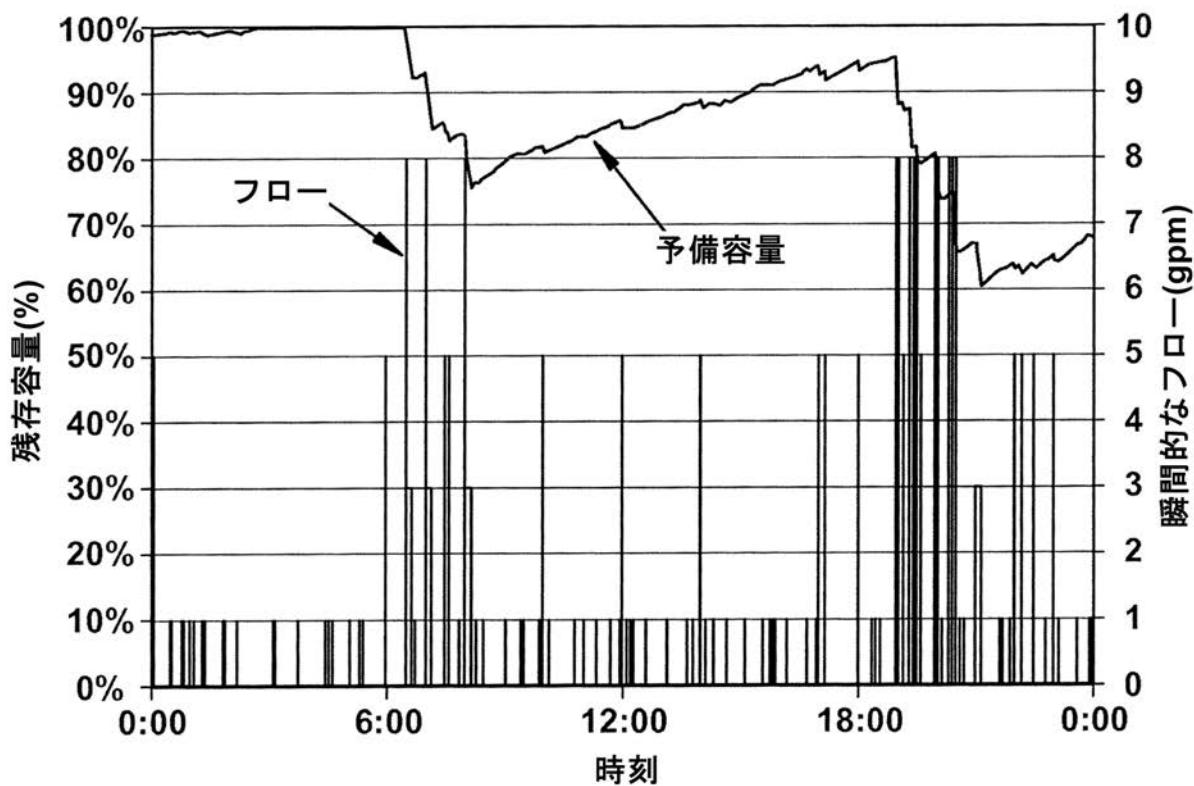
【図5】



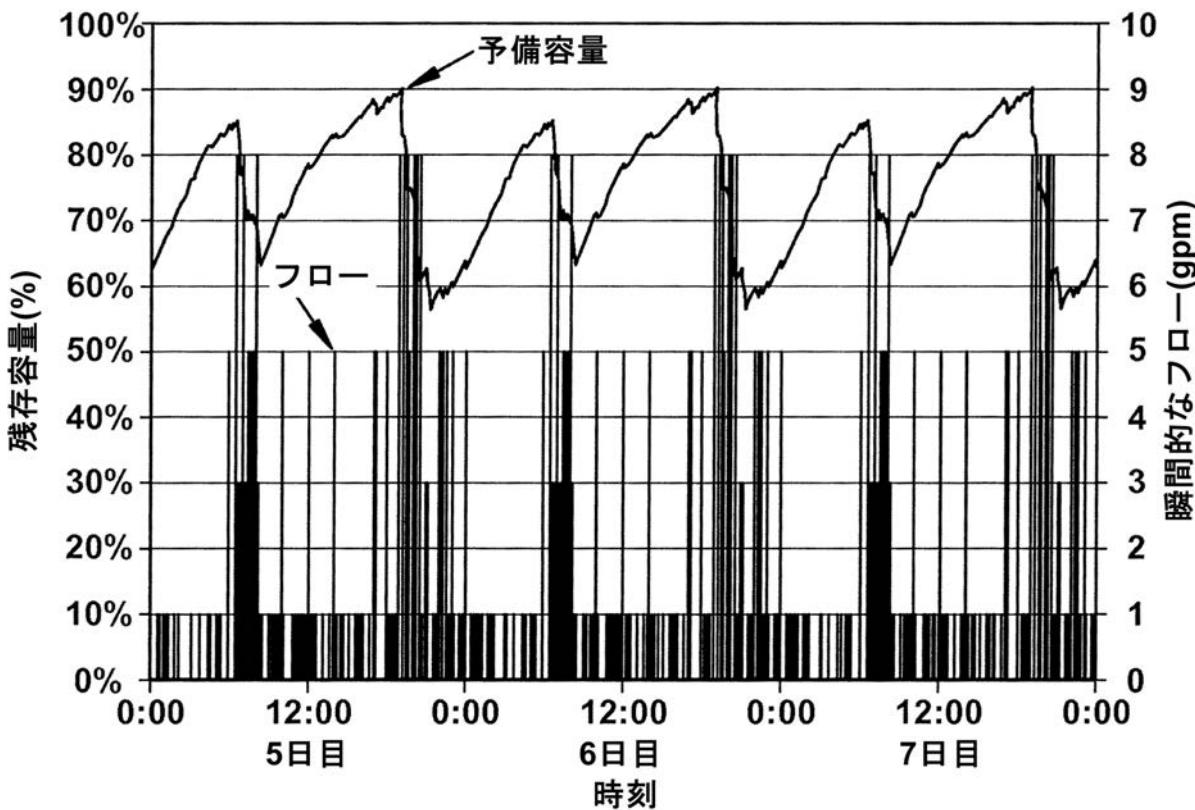
【図6】



【図7】



【図8】



## 【国際調査報告】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT   |   | International application No.<br>PCT/US 2012/069474   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
|---|---|---|-----------|--|--|-----|--|---|-----|---|---|-----|--|---|-----|--|-------|---|---|---|
| <p><b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b></p> <p><i>B01D 61/48 (2006.01)<br/>C02F 1/469 (2006.01)<br/>C02F 5/00 (2006.01)<br/>C02F 1/46 (2006.01)</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>  |   |   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| <p><b>B. FIELDS SEARCHED</b></p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</p> <p>B01D 61/42-61/58, C02F 1/46-1/469, 5/00, 5/02</p>  |   |   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p>  |   |   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p> <p>PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, USPTO</p>  |   |   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| <p><b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Category*</th> <th style="text-align: left;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>US 6056878 A (E-CELL CORPORATION) 02.05.2000,<br/>fig. 2, col. 4, line 53-col. 6, line 17, col. 10, lines 34-64</td> <td>1, 3, 8, 12, 14, 16, 18,<br/>24, 25, 29, 31, 33, 34,<br/>52, 60, 62</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 4-7, 9-11, 13, 15,<br/>17, 19-23, 26-28, 30,<br/>32, 35-51, 53-59, 61,<br/>63</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>SU 132132 A (V. F. NEGREEV et al.) 01.01.1960, p. 1, lines 5-7, 15-18</td> <td>1, 3, 8, 12, 14, 16, 18,<br/>24, 25, 29, 31, 33, 34,<br/>52, 60, 62</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>RU 2305071 C2 (KHANIN ALEKSEI BORISOVICH et al.) 27.08.2007, p. 7,<br/>lines 5-52</td> <td>3, 18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>UA 925 A (INSTITUT KOLLOIDNOI KHIMII I KHIMII VODY IM. A. V.<br/>DUMANSKOGO AN UKRAINY) 15.12.1993, p. 2, lines 30, 46</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>   |   |   | Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                   | Relevant to claim No.  | Y   | US 6056878 A (E-CELL CORPORATION) 02.05.2000,<br>fig. 2, col. 4, line 53-col. 6, line 17, col. 10, lines 34-64 | 1, 3, 8, 12, 14, 16, 18,<br>24, 25, 29, 31, 33, 34,<br>52, 60, 62   | A   |   | 2, 4-7, 9-11, 13, 15,<br>17, 19-23, 26-28, 30,<br>32, 35-51, 53-59, 61,<br>63   | Y   | SU 132132 A (V. F. NEGREEV et al.) 01.01.1960, p. 1, lines 5-7, 15-18    | 1, 3, 8, 12, 14, 16, 18,<br>24, 25, 29, 31, 33, 34,<br>52, 60, 62 | Y   | RU 2305071 C2 (KHANIN ALEKSEI BORISOVICH et al.) 27.08.2007, p. 7,<br>lines 5-52                   | 3, 18 | Y | UA 925 A (INSTITUT KOLLOIDNOI KHIMII I KHIMII VODY IM. A. V.<br>DUMANSKOGO AN UKRAINY) 15.12.1993, p. 2, lines 30, 46 | 8 |
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| Y   | US 6056878 A (E-CELL CORPORATION) 02.05.2000,<br>fig. 2, col. 4, line 53-col. 6, line 17, col. 10, lines 34-64  | 1, 3, 8, 12, 14, 16, 18,<br>24, 25, 29, 31, 33, 34,<br>52, 60, 62   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| A   |   | 2, 4-7, 9-11, 13, 15,<br>17, 19-23, 26-28, 30,<br>32, 35-51, 53-59, 61,<br>63   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| Y   | SU 132132 A (V. F. NEGREEV et al.) 01.01.1960, p. 1, lines 5-7, 15-18   | 1, 3, 8, 12, 14, 16, 18,<br>24, 25, 29, 31, 33, 34,<br>52, 60, 62   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| Y   | RU 2305071 C2 (KHANIN ALEKSEI BORISOVICH et al.) 27.08.2007, p. 7,<br>lines 5-52  | 3, 18   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| Y   | UA 925 A (INSTITUT KOLLOIDNOI KHIMII I KHIMII VODY IM. A. V.<br>DUMANSKOGO AN UKRAINY) 15.12.1993, p. 2, lines 30, 46   | 8   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| <p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>  |   |   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">"A"</td> <td style="width: 30%;">document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td style="width: 40%;">"T"<br/>later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td> </tr> <tr> <td>"E"</td> <td>earlier document but published on or after the international filing date</td> <td>"X"<br/>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"L"</td> <td>document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td> <td>"Y"<br/>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"O"</td> <td>document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&amp;"<br/>document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P"</td> <td>document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table> |   |   | "A"       | document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "T"<br>later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention | "E" | earlier document but published on or after the international filing date                                       | "X"<br>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone | "L" | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y"<br>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art | "O" | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&"<br>document member of the same patent family                  | "P" | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed |       |   |   |   |
| "A"   | document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "T"<br>later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| "E"   | earlier document but published on or after the international filing date  | "X"<br>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| "L"   | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y"<br>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| "O"   | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  | "&"<br>document member of the same patent family  |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| "P"   | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| Date of the actual completion of the international search<br><br>26 February 2013 (26.02.2013)  |   | Date of mailing of the international search report<br><br>21 March 2013 (21.03.2013)  |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |
| Name and mailing address of the ISA/ FIPS<br>Russia, 123995, Moscow, G-59, GSP-5,<br>Berezhkovskaya nab., 30-1<br><br>Facsimile No. +7 (499) 243-33-37  |   | Authorized officer<br><br>M. Erova<br><br>Telephone No. (499) 240-25-91   |           |  |  |     |  |   |     |   |   |     |  |   |     |  |       |   |   |   |

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,R,S,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC

(72)発明者 エリオット , ケビン ジェイムス , ライアン  
カナダ国 , オンタリオ州 エル7エル 4ティー3 , バーリントン , エインデール ドライブ 3  
7 1

(72)発明者 キルマン , ライル , イー .  
アメリカ合衆国 , オハイオ州 44118 , クリーブランド ハイツ , コリードン ロード 29  
4 2

F ターム(参考) 4D006 GA17 HA42 JA30C JA42C JA43Z JA55Z JA57Z KA01 KA16 KA26  
KA71 KB01 KB13 KB14 KE15R MA03 MA13 MA14 MA15 PA01  
PB02  
4D061 DA01 DA08 DB05 DB07 DB13 DB18 DC19 DC23 DC24 DC28  
DC30 EA05 EA09 EB13 EB18 EB19 EB20 EB28 EB30 EB37  
EB39 FA08 FA13 FA14 FA20 GA06 GA07 GC05