

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-199038

(P2015-199038A)

(43) 公開日 平成27年11月12日(2015.11.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
CO2F 1/469 (2006.01)	CO2F 1/46 103	4D006
BO1D 61/48 (2006.01)	BO1D 61/48	4D061

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-80181 (P2014-80181)	(71) 出願人	000004400 オルガノ株式会社 東京都江東区新砂1丁目2番8号
(22) 出願日	平成26年4月9日(2014.4.9)	(74) 代理人	100123788 弁理士 官崎 昭夫
		(74) 代理人	100127454 弁理士 緒方 雅昭
		(72) 発明者	佐々木 慶介 東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガノ株式会社内
		(72) 発明者	池田 菜穂 東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガノ株式会社内

最終頁に続く

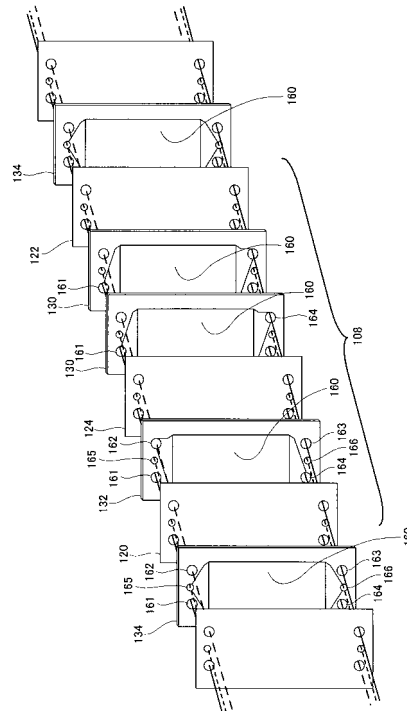
(54) 【発明の名称】 脱イオン水製造装置

(57) 【要約】

【課題】アニオン成分の除去性能を向上するとともに、脱イオン室内からの流体の漏れを抑制することができる脱イオン水製造装置を提供する。

【解決手段】脱イオン水製造装置は複数の枠体130、132、134及びイオン交換膜120、122、124を有する。各々の枠体は開口160を有する。複数の枠体は互いに積層されている。イオン交換膜は、枠体間の領域のうちいくつかの領域に設けられている。イオン交換膜は、液体が通る室を形成するように隣接する枠体の開口を互いに分離する。複数の枠体のうちの少なくとも2つの枠体130は、当該少なくとも2つの枠体130の開口160が共同で1つの第1の脱イオン室を形成するように互いに隣接している。第1の脱イオン室にはアニオン交換体が充填されている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各々が開口を有し、互いに積層された複数の枠体と、
枠体間の領域のうちのいくつかの領域に設けられ、液体が通る室を形成するように隣接する枠体の開口を互いに分離するイオン交換膜と、を有し、
前記複数の枠体のうちの少なくとも2つの枠体は、前記少なくとも2つの枠体の開口が共同で1つの第1の脱イオン室を形成するように互いに隣接しており、
前記第1の脱イオン室にはアニオン交換体が充填されている、脱イオン水製造装置。

【請求項 2】

前記第1の脱イオン室を形成する前記少なくとも2つの枠体は、互いに同一の形状を有する、請求項1に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 3】

前記枠体は射出成形可能なプラスチック材料から形成されている、請求項1又は2に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 4】

前記室のうちの1つが、前記第1の脱イオン室に隣接する第2の脱イオン室であり、
前記第2の脱イオン室にはカチオン交換体が充填されている、請求項1から3のいずれか1項に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 5】

前記第1の脱イオン室の、前記第2の脱イオン室とは反対側に配置された前記イオン交換膜が、アニオン交換膜であり、

前記第2の脱イオン室の、前記第1の脱イオン室とは反対側に配置された前記イオン交換膜が、カチオン交換膜である、請求項4に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 6】

前記第2の脱イオン室から流出した液体を前記第1の脱イオン室に流入させる流路を有する、請求項4又は5に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 7】

前記第1の脱イオン室と前記第2の脱イオン室とを分離する前記イオン交換膜は、カチオン交換膜とアニオン交換膜が互いに接合されたバイポーラ膜であり、

前記バイポーラ膜のアニオン交換膜が前記第1の脱イオン室側に面している、請求項4から6のいずれか1項に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 8】

前記枠体の積層方向における前記第1の脱イオン室の厚さが、前記第2の脱イオン室の厚さの1.5倍～3倍の範囲である、請求項4から7のいずれか1項に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 9】

前記第1の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $150 \sim 300 \text{ h}^{-1}$ であり、前記第2の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $300 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ である、請求項4から8のいずれか1項に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 10】

各々が開口を有し、互いに積層された複数の枠体と、枠体間の領域のうちのいくつかの領域に設けられ、液体が通る室を形成するように隣接する枠体の開口を互いに分離するイオン交換膜と、を有する脱イオン水製造装置を用いて液体を脱イオン化する方法であって、

前記複数の枠体のうちの少なくとも2つの枠体は、前記少なくとも2つの枠体の開口が共同で1つの第1の脱イオン室を形成するように互いに隣接しており、

前記第1の脱イオン室にはアニオン交換体が充填されており、

前記第1の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $150 \sim 300 \text{ h}^{-1}$ となり、かつ前記第2の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $300 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ となるように、前記第1及び第2の脱イオン室に液体を流すことを含む、方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、脱イオン水製造装置に関するものであり、特に液体が流れる各室を形成するよう互いに積層された複数の枠体を有する脱イオン水製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

イオン交換体に水を通すことにより水中のイオンを取り除く、すなわち脱イオン化をする脱イオン水製造装置が知られている（特許文献1～3）。電気式の脱イオン水製造装置は、電気泳動と電気透析とを組み合わせた装置である。脱イオン水製造装置は、脱イオン室と、脱イオン室に隣接する濃縮室と、陽極室と、陰極室と、を有する。脱イオン室及び濃縮室は、陽極室と陰極室との間に配置されている。脱イオン室及び濃縮室は、それぞれ、イオン交換体を収容する開口を有する枠体と、当該枠体を挟む一対のイオン交換膜と、によって形成されている。これらの枠体は、通電方向に互いに積層されている。

10

【0003】

上記のような構成を有する脱イオン水製造装置によって脱イオン水（以下、処理水とも称する。）を製造するには、陽極室及び陰極室にそれぞれ設けられている電極間に直流電圧を印加した状態で脱イオン室に水を通す。脱イオン室内のイオン交換体は、水中のイオン成分を捕捉する。イオン成分の捕捉と同時に、アニオン交換体とカチオン交換体の界面で水の解離反応が起こり、その結果、水素イオンと水酸化物イオンが発生する（ $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ ）。イオン交換体に捕捉されたイオン成分は、この水素イオン及び水酸化物イオンと交換され、イオン交換体から遊離する。遊離したイオン成分は再びイオン交換体に捕捉される。イオン成分は、イオン交換体への捕捉とイオン交換体からの遊離を繰り返しながら、電圧の作用により濃縮室の方へ移動する。濃縮室に移動したイオン成分は、濃縮室を流れる濃縮水と共に排出される。

20

【0004】

特許文献2は、処理水の水素イオン指数（pH）を制御する観点から、脱イオン室の厚みを調整することを開示している。特許文献3は、被処理水が流入する第2小脱塩室と、第2小脱塩室を通った水が流入する第1小脱塩室と、を有する脱イオン水製造装置を開示している。第1小脱塩室は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を収容する。第2小脱塩室は、アニオン交換体を収容する。特許文献3は、電気抵抗及び電流効率の観点から、第1小脱塩室の厚さが0.8～8mmであり、第2小脱塩室の厚さが5～15mmであると好適であるということを示唆している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-34920号公報

【特許文献2】特開2001-113281号公報

【特許文献3】特開2001-239270号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

現在、脱イオン処理の効率化のため、脱イオン室に流す水の高流速化が進められている。しかしながら、水の高流速化に伴い、イオン交換体への捕捉性が低いアニオン成分、特に炭酸成分は、除去されきれず、水中に残留してしまう。

【0007】

アニオン成分の除去性能を向上させるには、水中のアニオン成分が脱イオン室内のアニオン交換体と接触する時間（以下、単に「接触時間」と称することもある。）を増大させればよい。そのためには、アニオン交換体を収容する脱イオン室の厚み、すなわち枠体の厚みを大きくすることが考えられる。本明細書では、枠体の厚みは、枠体の積層方向にお

50

ける厚みを意味する。

【0008】

本願の発明者は、枠体の厚みを増大させると、枠体の形状精度が低下することがあるという問題を見出した。枠体の形状、特に枠体の表面の平面度の精度が低下すると、枠体間に予期しない隙間が生じることがある。これにより、室内の液体が、枠体間に形成された隙間から漏れるという問題が生じ得る。

【0009】

したがって、アニオン交換体を収容する脱イオン室の厚みを増大することによりアニオン成分の除去性能を向上するとともに、脱イオン室内からの流体の漏れを抑制することができる脱イオン水製造装置が望まれる。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

一形態における脱イオン水製造装置は複数の枠体及びイオン交換膜を有する。各々の枠体は開口を有する。複数の枠体は互いに積層されている。イオン交換膜は、枠体間の領域のうちのいくつかの領域に設けられている。イオン交換膜は、液体が通る室を形成するように隣接する枠体の開口を互いに分離する。複数の枠体のうちの少なくとも2つの枠体は、当該少なくとも2つの枠体の開口が共同で1つの第1の脱イオン室を形成するように互いに隣接している。すなわち、当該少なくとも2つの枠体の開口は、イオン交換膜で分離されていない。第1の脱イオン室にはアニオン交換体が充填されている。

20

【0011】

各枠体の厚みを増大させるのではなく、少なくとも2つの枠体で1つの第1の脱イオン室を形成することにより、枠体の形状精度を維持しつつ第1の脱イオン室の厚みを大きくすることができる。枠体の形状精度が維持されるため、互いに積層された枠体間からの液体の漏れが抑制される。また、アニオン交換体が充填された第1の脱イオン室の厚みを大きくすることにより、水中のアニオン成分の除去性能を向上させることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、アニオン成分の除去性能を向上するとともに、脱イオン室内からの流体の漏れを抑制することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。

【図2】第1の実施形態に係る脱イオン処理部と脱イオン処理部に隣接する濃縮室との模式的分解斜視図である。

【図3】図3(A)は第1の脱イオン室用の枠体の模式的平面図であり、図3(B)は第2の脱イオン室用の枠体の模式的平面図である。

【図4】濃縮室用の枠体の模式的平面図である。

【図5】第1の比較例に係る脱イオン処理部の模式的断面図である。

【図6】脱イオン水製造装置の運転時間と処理水の導電率との関係を示している。

40

【図7】脱イオン水製造装置の運転時間と炭酸除去率との関係を示している。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。下記実施形態に係る脱イオン水製造装置は、特に電圧を印加する一対の電極を含む電気式の脱イオン水製造装置に関する。

【0015】

図1は、第1の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。本実施形態に係る脱イオン水製造装置100は、少なくとも1つの脱イオン処理部108と、複数の濃縮室114と、を備えている。図2は、脱イオン処理部108と脱イオン処理部108に隣接する濃縮室114との模式的分解斜視図である。少なくとも1つの脱イオン処理部

50

108及び複数の濃縮室114は、陰極室116と陽極室118との間に配置されている。

【0016】

本実施形態では、脱イオン水製造装置100は、3つの脱イオン処理部108を有している。この代わりに、脱イオン水製造装置100は、1つ又はそれ以上の脱イオン処理部108を有してよい。濃縮室114は、各脱イオン処理部108を挟んで両側に配置されていてよい。複数の脱イオン処理部108が存在する場合、濃縮室は、脱イオン処理部108どうしの間と、脱イオン処理部108と電極室116, 118との間に配置される。図1に示す例の代わりに、脱イオン処理部108と陰極室116とは互いに隣接していてもよく、脱イオン処理部108と陽極室118とは互いに隣接していてもよい。すなわち、脱イオン水製造装置は、陰極室116と脱イオン処理部108との間と陽極室118と脱イオン処理部108との間の濃縮室114を有していなくてもよい。

10

【0017】

各脱イオン処理部108は、第1の脱イオン室110と、第2の脱イオン室112と、を有してよい。第1の脱イオン室110は、第2の脱イオン室112と隣接している。第1の脱イオン室110の、第2の脱イオン室112とは反対側に、濃縮室114が配置されている。また、第2の脱イオン室112の、第1の脱イオン室110とは反対側に、別の濃縮室114が配置されている。

【0018】

上記の各室110, 112, 114, 116, 118は、互いに積層された複数の枠体130, 132, 134, 136, 138と、それら枠体130, 132, 134, 136, 138の間に配置されたイオン交換膜120, 122, 124, 126, 128と、によって形成されている。各々の枠体130, 132, 134, 136, 138は、各室110, 112, 114, 116, 118を形成するための開口160を有している。具体的には、枠体に形成された開口が、一对のイオン交換膜で塞がれることによって、外部から区画された空間が形成される。この区画された空間が上記の各室を形成している。なお、陰極室116及び陽極室118については、枠体に形成された開口が、イオン交換膜と端板136, 138で塞がれることによって各室が形成されてもよい。

20

【0019】

陰極室116及び陽極室118を形成する枠体136, 138の外側には、端板104, 106が設けられている。端板104, 106は、互いに積層された複数の枠体130, 132, 134, 136, 138からなる積層体を、その両側から押し付けている。両端板104, 106は、例えばボルトにより互いに締結されていてよい。

30

【0020】

本実施形態に係る脱イオン水製造装置100は、陰極室用の枠体136と、濃縮室用の枠体134と、第1の脱イオン室用の枠体130と、第2の脱イオン室用の枠体132と、陽極室用の枠体138と、を有している。濃縮室用の枠体134と第2の脱イオン室用の枠体132との間には第1のイオン交換膜120が設けられている。第1のイオン交換膜120は、濃縮室用の枠体134の開口160と第2の脱イオン室用の枠体132の開口160とを互いに分離している。第1のイオン交換膜120は例えばカチオン交換膜であってよい。

40

【0021】

第1の脱イオン室用の枠体130と濃縮室用の枠体134との間には第2のイオン交換膜122が設けられている。第2のイオン交換膜122は、第2の濃縮室用の枠体134の開口160と第1の脱イオン室用の枠体130の開口160とを分離している。第2のイオン交換膜122は例えばアニオン交換膜であってよい。上記のように、脱イオン処理部108の陰極側に配置された第1のイオン交換膜120がカチオン交換膜であり、かつ脱イオン処理部108の陽極側に配置された第2のイオン交換膜122がアニオン交換膜であることが好ましい。

【0022】

50

第1の脱イオン室用の枠体130と第2の脱イオン室用の枠体132との間には第3のイオン交換膜124が設けられている。第3のイオン交換膜124は、例えばバイポーラ膜であってよい。バイポーラ膜は、アニオン交換膜とカチオン交換膜とが互いに接合されて一体化されたイオン交換膜である。バイポーラ膜は、アニオン交換膜とカチオン交換膜との接合面において水の解離反応が非常に促進されるという特徴を有する。バイポーラ膜のアニオン交換膜が第1の脱イオン室110側に面していることが好ましい。これにより、脱イオン水製造装置100の運転電圧の上昇を抑制することができる。その結果、高電流での運転に対する耐久性が向上する。

【0023】

互いに隣接する脱イオン処理部108間に配置された濃縮室用の枠体134の開口160は、第1のイオン交換膜120と第2のイオン交換膜122とによって塞がれている。脱イオン処理部108と陰極室116の間に配置された濃縮室用の枠体134の開口160は、第1のイオン交換膜120と別のイオン交換膜126とによって塞がれている。また、脱イオン処理部108と陽極室118の間に配置された濃縮室用の枠体134の開口160は、第2のイオン交換膜122とさらに別のイオン交換膜128とによって塞がれている。

10

【0024】

第1及び第2の脱イオン室110, 112内にはイオン交換体が充填されている。好ましくは、第1の脱イオン室110内にアニオン交換体が充填されている。アニオン交換体は、第1の脱イオン室110内に単床形態で充填されていてよい。アニオン交換体は、水中のアニオン成分を捕捉する。好ましくは、第2の脱イオン室112内にカチオン交換体が充填されている。カチオン交換体は、第2の脱イオン室112内に単床形態で充填されていてよい。カチオン交換体は、水中のカチオン成分を捕捉する。カチオン交換体及びアニオン交換体としては、それぞれ、カチオン交換樹脂及びアニオン交換樹脂を用いることができる。

20

【0025】

液体を第2の脱イオン室112内に流入させる第1の供給路142が、第2の脱イオン室112に連通している。第2の脱イオン室112から流出した液体は、第1の排出路152、中間路159及び第2の供給路140を経て、第1の脱イオン室110内へ流入されることが好ましい。第1の脱イオン室110内へ流入した液体は、第2の排出路150を通過して外部へ排出される。第2の排出路150を通過して外部へ排出された液体は、第1及び第2の脱イオン室110, 112内で脱イオン化された処理水である。

30

【0026】

第2の脱イオン室112内に流入する被処理水は、二段の逆浸透膜(RO膜)102を透過した水であってよく、さらに脱炭酸処理した水でもよいし、軟化処理した水でもよい。この代わりに、第2の脱イオン室112内に流入する被処理水は、一段のRO膜を透過した水でもよく、脱炭酸処理されていない水でもよく、軟化処理されていない水でもよい。この場合、第2の脱イオン室112内に流入する液体は一段のRO膜を透過した透過水であってよい。

【0027】

液体は、陰極室116に設置されている陰極板117と陽極室118に設置されている陽極板119との間に直流電圧を印加した状態で、第1及び第2の脱イオン室110, 112に通される。脱イオン室110, 112内のイオン交換体は、液体中のイオン成分を捕捉する。イオン成分の捕捉と同時に、イオン交換体の界面で水の解離反応が起こり、その結果、水素イオンと水酸化物イオンが発生する。イオン交換体に捕捉されたイオン成分は、この水素イオン及び水酸化物イオンと交換され、イオン交換体から遊離する。遊離したイオン成分は再びイオン交換体に捕捉される。このイオン成分は、イオン交換体への捕捉とイオン交換体からの遊離を繰り返しながら、電圧の作用により濃縮室114内へ移動する。

40

【0028】

50

各濃縮室 114 には、濃縮室用の供給路 144 を通して濃縮水が供給される。濃縮室 114 を通った濃縮水は、濃縮室用の排出路 154 を通して排出される。脱イオン室 110, 112 から濃縮室 114 へ移動したイオン成分は、濃縮水と共に外部へ排出される。各濃縮室 114 内には、スケールの発生を抑制するため、アニオン交換体が単床形態で充填されていることが好ましい。

【0029】

陰極室 116 及び陽極室 118 には、電極水（陽極水又は陰極水）が供給される。これらの電極水は、電極近傍での電気分解により、水素イオン及び水酸化物イオンを発生させる。脱イオン水製造装置 100 の電気抵抗を抑えるために、陰極室 116 及び陽極室 118 には、イオン交換体がそれぞれ充填されていることが好ましい。具体的には、陰極室 116 にはアニオン交換体が単床形態で充填されていることが好ましく、陽極室 118 にはカチオン交換体が単床形態で充填されていることが好ましい。

10

【0030】

本実施形態では、2つの枠体 130 の開口 160 が共同で第 1 の脱イオン室 110 を形成するように、2つの枠体 130 が互いに隣接している。言い換えると、これら 2つの枠体 130 の間にはイオン交換膜は設けられていない。この実施形態の代わりに、少なくとも 3つの枠体の開口が共同で第 1 の脱イオン室を形成するように、3つの枠体が互いに隣接していてもよい。

【0031】

少なくとも 2つの枠体 130 の開口 160 が共同で 1つの室（第 1 の脱イオン室）を形成することにより、各枠体 130 の厚みを増大させることなく、第 1 の脱イオン室 110 の厚みを大きくすることができる。単一の枠体 130 の厚みを増大させる必要がないため、枠体 130 の形状精度を向上させることができる。特に枠体 130 の表面の平面度が高い水準に維持されることにより、互いに隣接する枠体 130 同士がぴったりと密着する。これにより、第 1 の脱イオン室 110 を形成する少なくとも 2つの枠体 130 間からの液体の漏れが抑制される。

20

【0032】

また、アニオン交換体が充填された第 1 の脱イオン室 110 の厚みを大きくすることができるため、水中のアニオン成分、特に炭酸成分がアニオン交換体に接触する接触時間を長くすることができる。これにより、水中のアニオン成分の除去率が向上する。

30

【0033】

カチオン交換体を収容する第 2 の脱イオン室 112 は、主に、水中のカチオン成分を除去する。水中のカチオン成分、特にカルシウム成分やマグネシウム成分などの硬度成分は、特にアルカリ性の領域内にて、水酸化マグネシウムや炭酸カルシウムとして析出することがある。これらのカチオン成分の析出を抑制するため、アニオン交換体を収容する第 1 の脱イオン室 110 の前に、カチオン交換体を収容する第 2 の脱イオン室 112 に水を流入させることが好ましい。特に、カチオン交換体を収容する第 2 の脱イオン室内 112 内の水の水素イオン指数（pH）は、バイポーラ膜 124 にて進行する水解離反応にて発生した水素イオンにより、中性から酸性側へシフトしている。そのため、硬度成分の析出を抑制しつつ水中のカチオン成分を除去することができる。その結果、カルシウム成分やマグネシウム成分等に起因するスケールの発生を防止できる。

40

【0034】

脱イオン水製造装置 100 は、脱イオン室 110, 112 よりも上流側に、1つ又はそれ以上の逆浸透膜 102 を有していてもよい。また、脱イオン水製造装置 100 は、脱イオン室 110, 112 の上流側又は下流側に、水中の炭酸成分を除去する別個の炭酸除去設備を備えていてもよい。これにより、原水が脱イオン室 110, 112 に流入する前に、原水中のイオン成分や炭酸成分を少なくしておくことができる。

【0035】

本実施形態における脱イオン水製造装置 100 では、上述したように、水中のアニオン成分、特に炭酸成分の除去効率が向上する。したがって、脱イオン室の上流又は下流に、

50

水中の炭酸を除去する別個の炭酸除去設備を備えていなくてもよい。さらに、硬度成分の析出も抑えられるため、二段のRO膜を一段のRO膜に置き換えてもよく、軟化装置が設置されていなくてもよい。

【0036】

各枠体130, 132, 134, 136, 138は、プラスチック材料、特に射出成形可能なプラスチック材料から形成されることが好ましい。射出成形されたプラスチック材料からなる枠体は、射出成形後の熱収縮により変化する。枠体のサイズ、特に枠体の厚みが多いほど、枠体は、この熱収縮によって著しく変形する。したがって、各枠体の厚みの増大を抑制することによる液体の漏れの防止は、射出成形可能なプラスチック材料からなる枠体にとって特に大きな意義を有する。

10

【0037】

射出成形によって、高い平面度を有する枠体130, 132, 134, 136, 138を作成するという観点から、各枠体130, 132, 134, 136, 138の厚みは、4~15mmの範囲であることが好ましい。この場合であっても、少なくとも2つの枠体130の開口160が共同で1つの第1の脱イオン室110を形成することにより、第1の脱イオン室110の厚みを15mm以上にすることができる。第1の脱イオン室110の厚みは、例えば15~30mmの範囲であってよい。なお、互いに積層された複数の枠体130, 132, 134, 136, 138全体の製作精度の観点から、複数の枠体130, 132, 134, 136, 138全体の厚みは1000mm以下であることが好ましい。

20

【0038】

図3は、脱イオン室用の枠体の模式的平面図である。図3(A)は、第1の脱イオン室用の枠体130を示している。図3(B)は、第2の脱イオン室用の枠体132を示している。図4は、濃縮室用の枠体134の模式的平面図である。

【0039】

各枠体130, 132, 134は、略長方形の開口160が形成されたプレートから構成されていてよい。各枠体130, 132, 134の開口160の周りには、第1~第6の貫通孔161~166が形成されている。なお、各枠体130, 132, 134の開口160又は貫通孔161~166を取り囲む環状のガスケットが設けられていてもよい。ガスケットは、開口160又は貫通孔161~166内からの液体の漏れを防止する機能を向上させる。

30

【0040】

各枠体130, 132, 134の第1の貫通孔161は、互いに連通しており、第2の供給路140を形成している。各枠体130, 132, 134の第2の貫通孔162は、互いに連通しており、第1の供給路142を形成している。各枠体130, 132, 134の第3の貫通孔163は、互いに連通しており、第2の排出路150を形成している。各枠体130, 132, 134の第4の貫通孔164は、互いに連通しており、第1の排出路152を形成している。各枠体130, 132, 134の第5の貫通孔166は、互いに連通しており、濃縮室内に液体を供給する供給路144を形成している。各枠体130, 132, 134の第6の貫通孔165は、互いに連通しており、濃縮室内から液体を排出する排出路154を形成している。

40

【0041】

第1の脱イオン室用の枠体130は、第2の供給路140から第1の脱イオン室110内に液体を導入するため、第1の貫通孔161を開口160に連通させる溝180を有する。また、第1の脱イオン室用の枠体130は、第1の脱イオン室110内から第2の排出路150へ液体を排出するため、開口160を第3の貫通孔163に連通させる溝181を有する。

【0042】

第2の脱イオン室用の枠体132は、第1の供給路142から第2の脱イオン室112内に液体を導入するため、第2の貫通孔162を開口160に連通させる溝182を有す

50

る。また、第2の脱イオン室用の枠体132は、第2の脱イオン室112内から第1の排出路152へ液体を排出するため、開口160を第4の貫通孔164に連通させる溝183を有する。

【0043】

濃縮室用の枠体134は、濃縮水用の供給路144から濃縮室114内に液体を導入するため、第5の貫通孔166を開口160に連通させる溝185を有する。また、濃縮室用の枠体134は、濃縮室114から濃縮水用の排出路154へ液体を排出するため、開口160を第6の貫通孔165に連通させる溝184を有する。

【0044】

上記のように、各枠体130, 132, 134は、溝180~185の形状を除き、互いに同一の形状であってよい。また、陰極室用の枠体136及び陽極室用の枠体138も、上記の枠体と同様の形状を有してよい。ただし、端板104, 106付近の枠体は、供給路140, 142, 144又は排出路150, 152, 154が不要の場合もある。この場合、それらの枠体は、供給路又は排出路に対応する貫通孔を有していなくてもよい。

10

【0045】

第1の脱イオン室110を形成する少なくとも2つの枠体130は互いに同一の形状を有することが好ましい。具体的には、第1の脱イオン室用の少なくとも2つの枠体130に形成されている開口160、貫通孔161~166及び溝180, 181の形状が互いに同一であり、かつ第1の脱イオン室用の少なくとも2つの枠体130の厚さが互いに同一であってよい。これにより、第1の脱イオン室用の少なくとも2つの枠体130は、同一の金型で成形可能となる。

20

【0046】

各枠体130, 132, 134, 136, 138において、開口160が形成された中央部材170, 172, 174と、溝180~185及び貫通孔161~166が形成された周辺部材(中央部材170, 172, 174以外の部分)とは、互いに別個の部品から構成されていてよい。この場合、この中央部材に周辺部材を取り付けることにより、枠体130, 132, 134, 136, 138が形成される。

【0047】

複数の枠体130, 132, 134, 136, 138のうちの少なくとも2つの枠体は、周辺部材を除き、互いに同一の形状であってよい。具体的には、各枠体の厚み及び各枠体の開口の形状が互いに同一であることが好ましい。これにより、少なくとも枠体の中央部材を同一の形状にすることができる。その結果、少なくとも2つの枠体の特に中央部材が、同一の金型で成形可能となる。複数の枠体を共通の金型で製造できれば、脱イオン水製造装置の製造コストを削減することができる。一例では、第1の脱イオン室用の枠体130が、周辺部材を除き、第2の脱イオン室用の枠体132と同一の形状であってよい。別の例では、第1又は第2の脱イオン室用の枠体130, 132が、周辺部材を除き、濃縮室、陰極室又は陽極室用の枠体134, 136, 138と同一の形状であってよい。

30

【0048】

互いに積層する枠体130, 132, 134, 136, 138の数が多くなりすぎると、端板104, 106で枠体を押し付けたとしても、押し付け力が各枠体に均等に働かず、室内から液体が漏れることがある。したがって、室内からの液体の漏れを防止するという観点から、互いに積層される枠体の枚数に上限を設定することが好ましい。以下、第1の実施例における脱イオン水製造装置と、第2の実施例における脱イオン水製造装置について、液体の漏れについての実験結果を説明する。

40

【0049】

第1の実施例及び第2の実施例は、図1に示す脱イオン水製造装置と同様の構成を有する。ただし、両実施例では、脱イオン処理部108の数が互いに異なっている。表1は、第1及び第2の実施例について、脱イオン処理部108の数、第1の脱イオン室110の数、第2の脱イオン室112の数、濃縮室114の数、陰極室116の数、陽極室118

50

の数及び枠体 130, 132, 134, 136, 138 の総数を示している。なお、両実施例において、第 1 の脱イオン室 110 は 2 つの枠体 130 から構成されていることに留意すべきである。

【0050】

【表 1】

	第 1 の実施例	第 2 の実施例
脱イオン処理部の数	18	20
第 1 の脱イオン室の数	18	20
第 2 の脱イオン室の数	18	20
濃縮室の数	19	21
陽極室の数	1	1
陰極室の数	1	1
枠体の総数	75	83

10

【0051】

両実施例では、各枠体 130, 132, 134, 136, 138 の形状は互いに同一とした。各枠体の縦方向の長さは 450 mm、各枠体の横方向の長さは 280 mm であり、各枠体の厚みは 10 mm である。各枠体の開口 160 の縦方向の長さは 300 mm、開口 160 の横方向の長さは 150 mm である。

20

【0052】

複数の枠体 130, 132, 134, 136, 138 を互いに積層した積層体を端板 104, 106 により互いに押し付けた。また、第 1 及び第 2 の脱イオン室 110, 112、濃縮室 114、陰極室 116 及び陽極室 118 を水で満たし、第 2 の排出路 150 と濃縮水用の排出路 154 を塞いだ。そして、第 1 の供給路 142 及び濃縮水用の供給路 144 から各室内へ 0.6 MPa の水圧をかけた。この状態で脱イオン水製造装置を 30 分間維持した。

30

【0053】

枠体の総数が 75 枚の場合（第 1 の実施例）、各室からの水の漏れは検出されなかった。一方、枠体の総数が 83 枚の場合（第 2 の実施例）、1 時間あたり 23 mL の水の漏れが検出された。よって、脱イオン水製造装置を構成する枠体の総数は、好ましくは 80 以下、より好ましくは 75 以下であってよい。ただし、枠体の数の上限値は、枠体のサイズや実験条件等によって変化し得る。したがって、本発明は、必ずしも上記の上限値に制約されるわけではないことに留意されたい。

40

【0054】

単位時間あたりの処理水の処理量を向上させるためには、脱イオン室 130, 132 に流入させる液体の流速を大きくすることが有利である。しかしながら、液体の流速が増加すると、脱イオン化性能が低下する虞がある。この脱イオン化性能の低下を抑制するには、脱イオン室の厚み（体積）を増大させることによって、脱イオン室に収容されたイオン交換体に対する接触時間を増加させることが好ましい。

40

【0055】

本願の発明者は、液体の流速が増大したときに、アニオン交換体を収容する脱イオン室の脱イオン化性能の方が、カチオン交換体を収容する脱イオン室の脱イオン化性能よりも大きく低下することを発見した。ここで、上記のように、互いに積層される枠体 130, 132, 134, 136, 138 の総数には上限が存在し得る。したがって、アニオン交換体を収容する第 1 の脱イオン室 110 の厚みを、カチオン交換体を収容する第 2 の脱イオン室 112 の厚みよりも大きくすることが好ましい。好ましくは、枠体の積層方向における第 1 の脱イオン室 110 の厚さは、第 2 の脱イオン室 112 の厚さの 1.5 倍～3 倍

50

の範囲である。より好ましくは、以下で詳細に説明するように、枠体の積層方向における第1の脱イオン室110の厚さは、第2の脱イオン室112の厚さの2倍である。これにより、カチオン交換体を収容する脱イオン室によるカチオン成分の脱イオン化性能を維持しつつ、アニオン交換体を収容する脱イオン室によるアニオン成分の脱イオン化性能を向上させることができる。

【0056】

以下、上記の第1の実施例における脱イオン水製造装置と、第1の比較例に係る脱イオン水製造装置とにおける脱イオン化性能についての実験結果を説明する。第1の実施例における脱イオン水製造装置は18個の脱イオン処理部108を有する。

【0057】

第1の比較例に係る脱イオン水製造装置は、脱イオン処理部の構成を除き、第1の実施例における脱イオン水製造装置と同様の構成を有する。図5は、第1の比較例に係る脱イオン水製造装置に備えられた脱イオン処理部の模式的断面図である。第1の比較例の脱イオン処理部708は、第1の脱イオン室710と第2の脱イオン室712とを有する。第1の比較例の脱イオン処理部708では、第1の脱イオン室710と第2の脱イオン室712は、それぞれ1つの枠体730, 732から形成されている。

【0058】

第1の実施例及び第1の比較例ともに、第1の脱イオン室110, 710と第2の脱イオン室112, 712との間に配置された第3のイオン交換膜124, 724はバイポーラ膜である。第1の実施例及び第1の比較例ともに、第1の脱イオン室110, 710の、第3のイオン交換膜124, 724と反対側のイオン交換膜122, 722はアニオン交換膜である。第1の実施例及び第1の比較例ともに、第2の脱イオン室112, 712の、第3のイオン交換膜124, 724と反対側のイオン交換膜120, 720はカチオン交換膜である。第1の実施例及び第1の比較例ともに、第1の脱イオン室110, 710はアニオン交換体を単床形態で収容し、第2の脱イオン室112, 712はカチオン交換体を単床形態で収容する。

【0059】

表2は、第1の実施例及び第1の比較例について、脱イオン処理部108, 708の数、第1の脱イオン室110, 710の数、第2の脱イオン室112, 712の数、濃縮室の数、陰極室の数、陽極室の数及び枠体の総数を示している。なお、第1の実施例において、第1の脱イオン室110は2つの枠体130から構成されていることに留意すべきである。

【0060】

【表2】

	第1の実施例	第1の比較例
脱イオン処理部の数	18	24
第1の脱イオン室の数	18	24
第2の脱イオン室の数	18	24
濃縮室の数	19	25
陽極室の数	1	1
陰極室の数	1	1
枠体の総数	75	75

【0061】

上述したように、枠体の数に上限値が存在することを考慮し、第1の実施例と第1の比較例における枠体の総数を互いに一致させた。第1の比較例では、各枠体の形状は、第1の実施例における枠体と同一とした。すなわち、各枠体の縦方向の長さは450mm、各枠体の横方向の長さは280mmであり、各枠体の厚みは10mmである。各枠体の開口

の縦方向の長さは300mm、開口の横方向の長さは150mmである。

【0062】

第1の実施例及び第1の比較例について、脱イオン室110, 112, 710, 712に流入する被処理水の流量は、3600L/hとした。濃縮室に流入する濃縮水の流量は360L/hとした。陰極室及び陽極室に流入する電極水の流量はそれぞれ20L/hとした。また、陰極室に設置されている陰極板と陽極室に設置されている陽極板との間に印加する電流値は2.5Aとした。脱イオン室に流入する被処理水は、1段のRO膜102を透過させた水である。第2の脱イオン室112, 712に流入する直前に、被処理水の導電率は $8\mu\text{S}/\text{cm}$ であり、炭酸濃度は $10\text{mgCO}_2/\text{L}$ であり、硬度濃度は $1\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ であり、ナトリウム濃度は $1\text{mgNa}/\text{L}$ であった。

10

【0063】

表3は、上記条件の下における、第1の脱イオン室全体での流体の通水空間速度と、第2の脱イオン室全体での流体の通水空間速度と、を示している。ここで、通水空間速度は、液体の流速を室の体積で割った値で定義される。ある室での空間通水速度の逆数は、当該室内に充填されたイオン交換体に対する接触時間を意味する。第1の実施例では、第1の脱イオン室110の体積が第2の脱イオン室112の体積の2倍である。そのため、第1の脱イオン室110内での通水空間速度は第2の脱イオン室112内での通水空間速度の1/2となっている。

【0064】

【表3】

20

	第1の実施例	第1の比較例
第1の脱イオン室内の 流体の通水空間速度 [h ⁻¹]	222	333
第2の脱イオン室内の 流体の通水空間速度 [h ⁻¹]	444	333

【0065】

30

図6は、脱イオン水製造装置の運転時間と、脱イオン室を経て排出された処理水の導電率との関係を示すグラフを表している。図7は、脱イオン水製造装置の運転時間と処理水の炭酸除去率との関係を示すグラフを表している。脱イオン水製造装置を約500時間以上運転すると、第1の比較例における脱イオン水製造装置では、処理水の導電率が上昇し、かつ処理水の炭酸除去率が低下した。一方、第1の実施例における脱イオン水製造装置では、処理水の導電率はほぼ一定であり、かつ処理水の炭酸除去率もほぼ一定値を維持した。このように、第1の実施例の脱イオン水製造装置では、イオン成分の除去率の低下を抑制しつつ、炭酸除去率を向上させることができる。

【0066】

40

なお、上記表3を見ると、第1の実施例における第2の脱イオン室内の流体の通水空間速度は、第1の比較例における第2の脱イオン室内の流体の通水空間速度より大きくなっている。したがって、第1の実施例における脱イオン水製造装置では、カチオン交換体に対する接触時間がより小さくなっている。それにもかかわらず、第1の実施例における脱イオン水製造装置は、第1の比較例における脱イオン水製造装置と同等のカチオン成分の除去性能を発揮した。これは、カチオン交換体を収容する脱イオン室の脱イオン化性能が、流速が増加してもそれほど低下しないということに依るものと考えられる。そこで、棒体の総数、すなわち全棒体の厚みに上限値が存在し得るという観点から、第1の脱イオン室110内の流体の通水空間速度を比較的小さくし、第2の脱イオン室112内の流体の通水空間速度を比較的大きくすることが好ましい。好ましくは、第1の脱イオン室110内の流体の通水空間速度が $150\sim 300\text{h}^{-1}$ であり、かつ第2の脱イオン室112内の

50

液体の通水空間速度が $300 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ であってもよい。より好ましくは、第2の脱イオン室112内の流体の通水空間速度は第1の脱イオン室110内の液体の通水空間速度の2倍である。これらの通水空間速度は、脱イオン室110, 112に流入させる液体の流速と、第1の脱イオン室110と第2の脱イオン室112との体積比と、により調節可能である。

【0067】

上記のように、本実施形態に係る脱イオン水製造装置は、炭酸除去率が向上するため、別個の脱炭酸設備を備えていなくてもよい。本実施形態に係る脱イオン水製造装置は、 $3 \text{ mg CO}_2 / \text{L} \sim 20 \text{ mg CO}_2 / \text{L}$ の炭酸濃度を有する水の脱炭酸化を行うことも可能である。また、本実施形態に係る脱イオン水製造装置は、好ましくは1つのRO膜を有していてもよい。本実施形態に係る脱イオン水製造装置は、 $0.5 \text{ mg CaCO}_3 / \text{L} \sim 2 \text{ mg CaCO}_3 / \text{L}$ の硬度濃度を有する水の脱イオン化を行うことも可能である。

10

【0068】

さらに、本実施形態の脱イオン水製造装置は、第1の脱イオン室110を形成する少なくとも2つの枠体130どうし間にイオン交換膜を有していなくてもよい。それゆえ、イオン交換膜の数を減らすことができる。一般にイオン交換膜は高価であるので、本実施形態の脱イオン水製造装置は製造コストの観点からも優位である。

【0069】

以上、本発明の望ましい実施形態について提示し、詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、要旨を逸脱しない限り、さまざまな変更及び修正が可能であることを理解されたい。

20

【符号の説明】

【0070】

100 脱イオン水製造装置

108 脱イオン処理部

110, 112 脱イオン室

114 濃縮室

116 陰極室

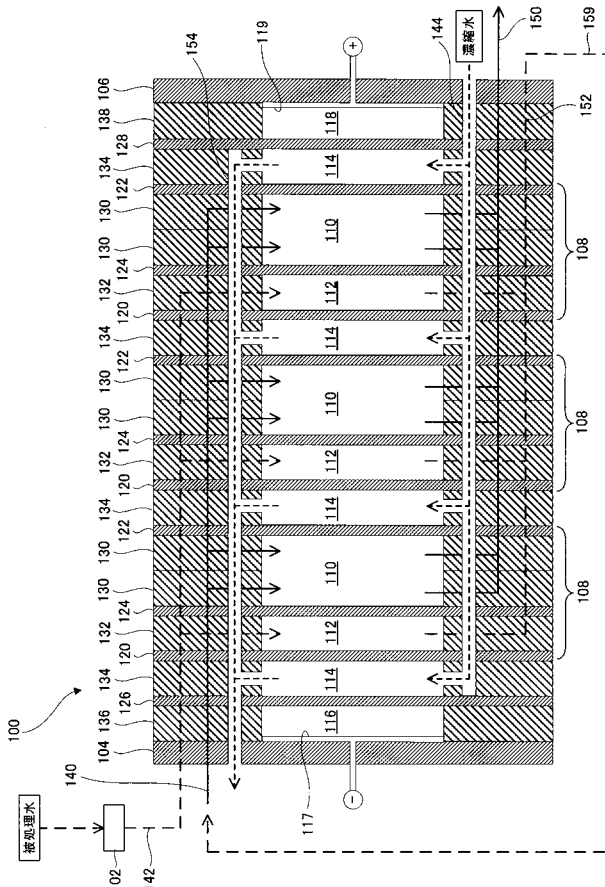
118 陽極室

120, 122, 124, 126, 128 イオン交換膜

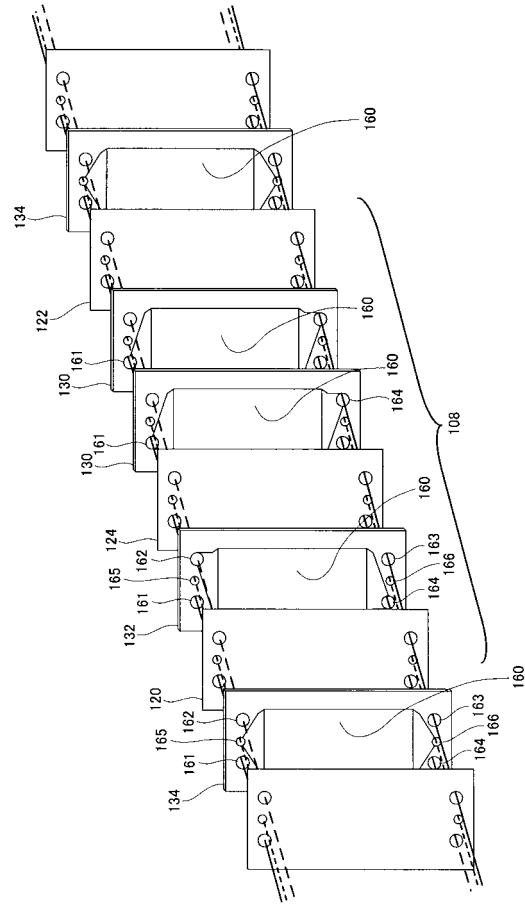
130, 132, 134, 136, 138 枠体

30

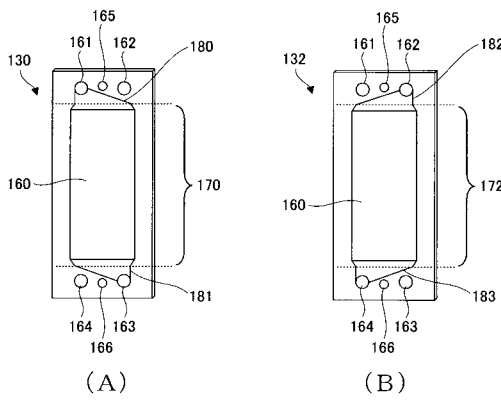
【図 1】



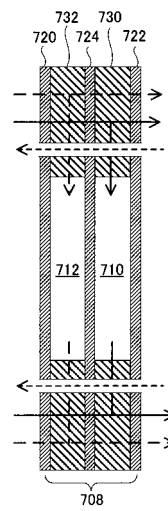
【図 2】



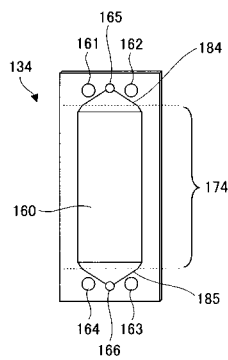
【図 3】



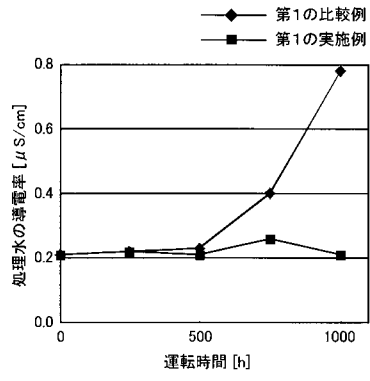
【図 5】



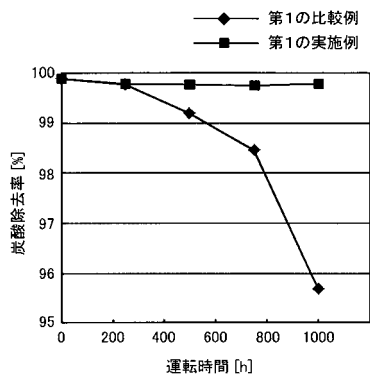
【図 4】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 浅川 友二

東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガノ株式会社内

Fターム(参考) 4D006 GA03 GA17 HA48 JA08A JA08C JA30C JA44A JA44B KA16 KA26
KA52 KA55 KA57 KE01R MA03 MA12 MA13 MA14 PA01 PB02
4D061 DA01 DB13 EA09 EB01 EB04 EB13 EB19 FA08 FA09