(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6848231号
(P6848231)
(45)発行日　令和3年3月24日(2021.3.24)　(24)登録日　令和3年3月8日(2021.3.8)

(51)Int.Cl.　　F I
C02F 1/469 (2006.01)　　C02F 1/469
B01D 61/48 (2006.01)　　B01D 61/48

請求項の数 6　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2016-132516(P2016-132516)
(22)出願日　平成28年7月4日(2016.7.4)
(65)公開番号　特開2018-1106(P2018-1106A)
(43)公開日　平成30年1月11日(2018.1.11)
審査請求日　令和1年6月26日(2019.6.26)

(73)特許権者　000001063
栗田工業株式会社
東京都中野区中野四丁目１０番１号
(74)代理人　100108833
弁理士　早川　裕司
(74)代理人　100162156
弁理士　村雨　圭介
(72)発明者　佐藤　伸
東京都中野区中野四丁目１０番１号　栗田工業株式会社内

審査官　高橋　成典

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電気脱イオン装置及びその運転方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
陰極及び陽極と、該陰極及び陽極の間に配置されたカチオン交換膜及びアニオン交換膜と、これらカチオン交換膜及びアニオン交換膜により区画形成された脱塩室及び濃縮室とを備え、前記脱塩室及び前記濃縮室にイオン交換樹脂が充填されていて、該濃縮室に濃縮水を通水する濃縮水通水手段と前記脱塩室に被処理水を通水して脱イオン水を取り出す手段とを有し、前記濃縮水通水手段が前記脱塩室を通水した脱イオン水を濃縮水として通水する電気脱イオン装置であって、
前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の少なくともカチオン交換膜が不均質膜であり、
前記脱塩室に充填されるイオン交換樹脂がアニオン交換樹脂：カチオン交換樹脂の体積比が８０：２０～６０：４０であり、
該イオン交換樹脂のうち少なくともカチオン交換樹脂がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものである電気脱イオン装置。
【請求項２】
前記濃縮水通水手段が、前記脱塩室を通水した脱イオン水の一部を対向流で濃縮水として通水する請求項１に記載の電気脱イオン装置。
【請求項３】
前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の両方が不均質膜であり、前記脱塩室に充填さ

れるアニオン交換樹脂及びカチオン交換樹脂の両方がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものである請求項１又は２に記載の電気脱イオン装置。

【請求項４】

陰極及び陽極と、該陰極及び陽極の間に配置されたカチオン交換膜及びアニオン交換膜と、これらカチオン交換膜及びアニオン交換膜により区画形成された脱塩室及び濃縮室とを備え、前記脱塩室及び前記濃縮室にイオン交換樹脂が充填されていて、該濃縮室に濃縮水を通水する濃縮水通水手段と前記脱塩室に被処理水を通水して脱イオン水を取り出す手段とを有し、前記濃縮水通水手段が前記脱塩室を通水した脱イオン水を濃縮水として通水し、前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の少なくともカチオン交換膜が不均質膜であり、前記脱塩室に充填されるイオン交換樹脂のアニオン交換樹脂：カチオン交換樹脂の体積比が８０：２０～６０：４０であり、該イオン交換樹脂のうち少なくともカチオン交換樹脂がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものである電気脱イオン装置の運転方法であって、

前記電気脱イオン装置に供給する電流を８００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上１５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以下の電流密度として前記脱塩室に通水処理する電気脱イオン装置の運転方法。

【請求項５】

前記濃縮水通水手段が、前記脱塩室を通水した脱イオン水の一部を対向流で濃縮水として通水する請求項４に記載の電気脱イオン装置の運転方法。

【請求項６】

前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の両方が不均質膜であり、前記脱塩室に充填されるアニオン交換樹脂及びカチオン交換樹脂の両方がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものである請求項４又は５に記載の電気脱イオン装置の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、電気脱イオン装置及びその運転方法に関し、特にホウ素除去率を向上させるとともに装置の耐用年数を向上しうる電気脱イオン装置及びその運転方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、半導体等の電子産業分野で用いられている超純水は、前処理システム、一次純水システム及び一次純水を処理するサブシステムで構成される超純水製造装置で原水を処理することにより製造されている。特に電子産業分野用の超純水では、ホウ素濃度を０．１ｐｐｔ以下にまで抑制することが要求されることもあり、一次純水システムにおいて処理水のホウ素濃度を低減するのが望ましい。

【０００３】

この一次純水システムは、前述したような超純水の用途に限らず、サブシステムを伴うことなく、医薬用や食品用などの純水製造装置としても利用可能な汎用的なシステムであり、そのシステム構成としては、１段又は２段構成の逆浸透膜（ＲＯ膜）装置と電気脱イオン装置とからなるものが一般的である。この一次純水システムでは、ＲＯ膜装置はシリカや塩類を除去すると共に、イオン性やコロイド性のＴＯＣを除去する。さらに電気脱イオン交換装置でその他の各種無機あるいは有機性のアニオン及びカチオンの除去を行う。したがって、一次純水のホウ素濃度を低下させるには電気脱イオン装置におけるホウ素の除去率を高くすることが重要である。

【０００４】

ここで、電気脱イオン装置は、一般に陰極及び陽極間にカチオン交換膜とアニオン交換膜とを交互に配置し、これらカチオン交換膜及びアニオン交換膜により区画形成することで脱塩室及び濃縮室を形成し、この脱塩室及び前記濃縮室にイオン交換樹脂を充填したものである。

【０００５】
そして、この電気脱イオン装置では、脱塩室に被処理水を通過させるとともに濃縮室に濃縮水を通過させ、この状態で陰極及び陽極間に電流を流すと、脱塩室からイオン交換樹脂を介してアニオン交換膜及びカチオン交換膜を通って濃縮室へと被処理水中のイオンが移動することで、脱塩室から脱イオン水（処理水）を得る。また、濃縮室を流れるイオンが濃縮された濃縮排水は廃棄されるか、あるいは部分的にリサイクルされる。
【０００６】
上述したような電気脱イオン装置におけるホウ素除去率は、被処理水中のホウ素濃度にもよるが、例えば栗田工業（株）製「ＫＣＤＩ－ＵＰｚ」（商品名）のような高性能な電気脱イオン装置でも電流密度３００ｍＡ／ｄｍ^{2}以下の通常の運転条件では９９％程度である。そこで、電気脱イオン装置のホウ素除去率を向上させることを目的として、電気脱イオン装置に供給する電流を多く（電流密度を高く）することでイオンの除去率を向上させる運転方法が行われており、例えば、電気脱イオン装置に供給する電流の電流密度を５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上にすることにより、ホウ素を９９．９５％以上、更には９９．９９％以上除去することが可能である。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
しかしながら、電気脱イオン装置を電流密度５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上（特に８００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上、さらには１０００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上）で運転すると、電気脱イオン装置の電気抵抗値が上昇する傾向が激しくなる。すなわち必要な電流を流すための電圧値が上がってきてしまい、運転限界（６００Ｖ）に達してしまうと、その後の電流が確保できなくなるという問題がある。また、高電流密度で運転すると、例えば運転時の電流密度が５００ｍＡ／ｄｍ^{2}では寿命が４年以下、８００ｍＡ／ｄｍ^{2}では２年以下、１０００ｍＡ／ｄｍ^{2}では１年以下となってしまうという問題がある。一方、電気脱イオン装置の耐用年数を５年以上の寿命とするためには電流密度４２０ｍＡ／ｄｍ^{2}程度以下で運転する必要があるが、この電流密度で電気脱イオン装置を運転してもホウ素除去率９９．９５％程度にしかならない、という問題がある。
【０００８】
本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上の高い電流密度で運転しても電圧の上昇が少なくホウ素除去率を向上させることができるとともに装置寿命の低下を防止しうる電気脱イオン装置及びその運転方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
上記目的を達成するために第一に本発明は、陰極及び陽極と、該陰極及び陽極の間に配置されたカチオン交換膜及びアニオン交換膜と、これらカチオン交換膜及びアニオン交換膜により区画形成された脱塩室及び濃縮室とを備え、前記脱塩室及び前記濃縮室にイオン交換樹脂が充填されていて、該濃縮室に濃縮水を通水する濃縮水通水手段と前記脱塩室に被処理水を通水して脱イオン水を取り出す手段とを有し、前記濃縮水通水手段が前記脱塩室を通水した脱イオン水を濃縮水として通水する電気脱イオン装置であって、前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の少なくともカチオン交換膜が不均質膜であり、前記脱塩室に充填されるイオン交換樹脂がアニオン交換樹脂：カチオン交換樹脂の体積比が８０：２０～６０：４０であり、該イオン交換樹脂のうち少なくともカチオン交換樹脂がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものである電気脱イオン装置を提供する（発明１）。
【００１０】
かかる発明（発明１）によれば、電気脱イオン装置に供給する電流（電流密度）を大きくしても電圧の上昇を抑制することができ、ホウ素除去率を高くすることができる。これは以下のような理由によるものと考えられる。すなわち、電気脱イオン装置の運転時には

アニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂の界面、またはアニオン交換膜とカチオン交換樹脂との界面において水の解離（$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$）が発生するが、電流密度が高いほどその水解離は盛んになり、この水解離が盛んになるほど、カチオン交換樹脂からのＰＳＡ（ポリスチレンスルホン酸）成分の溶出が多くなる。そして、ＰＳＡ成分のうち比較的分子量の大きい成分が、イオン交換膜に少しずつ付着・蓄積することに起因して、電気脱イオン装置の電気抵抗が上昇すると推測される。このため電気脱イオン装置の運転時の電流密度が高くなるほど電気抵抗が増加し、必要な電流を流すための電圧が高くなるのである。

【００１１】

そこで、本発明者は、電計抵抗の増大（電圧の上昇）の抑制方法について種々検討した結果、以下の三つの手段が有効であることがわかった。（１）イオン交換樹脂、特にカチオン交換樹脂からの有機物の溶出量と、ＰＳＡの溶出量とは相関関係があり、有機物の溶出量が少ないほどＰＳＡの溶出量も少ない傾向にあることから、イオン交換樹脂、少なくともカチオン交換樹脂としてＰＳＡの溶出性が少ないものを用いることが効果的であり、具体的にはイオン交換樹脂をあらかじめ洗浄することによりＴＯＣ溶出量を１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）に低減させたものを用いる。（２）電気脱イオン装置に充填するイオン交換樹脂（混合樹脂）におけるカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂の比率はＰＳＡ成分溶出の点からはアニオン交換樹脂の比率が多いほど少なくなる一方、アニオン交換樹脂が増えすぎるとカチオン成分の除去率が低下するため、アニオン交換樹脂比率を８０～６０％にする。さらに、（３）イオン交換膜には一般に均質膜と不均質膜とがあるが、両者の違いによっても電気脱イオン装置の電気抵抗の増加に差異があり、均質膜は表面が均質でありＰＳＡ成分は膜の中を通過していかなければいけないため、比較的大きな分子量のＰＳＡ成分が通過しにくく蓄積しやすい一方、不均質膜は基材に粉砕状のイオン交換樹脂を埋め込んだ構造であるので、イオン交換樹脂の中を通過しなくても、イオン交換樹脂の面を通じて基材との界面近くを通過することが可能になり、ＰＳＡの蓄積が起こりにくい。このため、イオン交換膜、少なくともカチオン交換膜を不均質膜とすると、電気抵抗の増加を抑制することができる。そして、これら三つの手段を兼ね備えることにより、電気脱イオン装置を５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上の高い電流密度で運転してホウ素除去率を向上させても、経時的な電圧の上昇が少なく電気脱イオン装置の耐用年数を５年以上と長く設定できることが確認された。これらに基づき本発明（発明１）に想到した。

【００１２】

上記発明（発明１）においては、前記濃縮水通水手段が、前記脱塩室を通水した脱イオン水の一部を対向流で濃縮水として通水するものであることが好ましい（発明２）。

【００１３】

かかる発明（発明２）によれば、電気脱イオン装置の脱塩室と濃縮室におけるイオンの濃度勾配の格差を緩和することができるので、ホウ素除去率をさらに向上させることができる。

【００１４】

上記発明（発明１，２）においては、前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の両方が不均質膜であり、前記脱塩室に充填されるアニオン交換樹脂及びカチオン交換樹脂の両方がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものであることが好ましい（発明３）。

【００１５】

かかる発明（発明３）によれば、カチオン交換膜及びアニオン交換膜の両方を不均質膜とするとともにアニオン交換樹脂及びカチオン交換樹脂の両方を高度に洗浄した樹脂とすることにより、電計抵抗の増大（電圧の上昇）の抑制の効果を最大限に発揮することができる。

【００１６】

また、第二に本発明は、陰極及び陽極と、該陰極及び陽極の間に配置されたカチオン交換膜及びアニオン交換膜と、これらカチオン交換膜及びアニオン交換膜により区画形成さ

れた脱塩室及び濃縮室とを備え、前記脱塩室及び前記濃縮室にイオン交換樹脂が充填されていて、該濃縮室に濃縮水を通水する濃縮水通水手段と前記脱塩室に被処理水を通水して脱イオン水を取り出す手段とを有し、前記濃縮水通水手段が前記脱塩室を通水した脱イオン水を濃縮水として通水し、前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の少なくともカチオン交換膜が不均質膜であり、前記脱塩室に充填されるイオン交換樹脂のアニオン交換樹脂：カチオン交換樹脂の体積比が８０：２０～６０：４０であり、該イオン交換樹脂のうち少なくともカチオン交換樹脂がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものである電気脱イオン装置の運転方法であって、前記電気脱イオン装置に供給する電流を５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上の電流密度として前記脱塩室に通水処理する電気脱イオン装置の運転方法を提供する（発明４）。

【００１７】

かかる発明（発明４）によれば、上述したような構成の電気脱イオン装置であれば、５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上の電流密度で運転してホウ素除去率を高く維持しても電圧の上昇を抑制することができる。

【００１８】

上記発明（発明４）においては、前記濃縮水通水手段が、前記脱塩室を通水した脱イオン水の一部を対向流で濃縮水として通水するものであることが好ましい（発明５）。

【００１９】

かかる発明（発明５）によれば、電気脱イオン装置の脱塩室と濃縮室におけるイオンの濃度勾配の格差を緩和することができるので、ホウ素除去率をさらに向上させることができる。

【００２０】

上記発明（発明４，５）においては、前記カチオン交換膜及びアニオン交換膜の両方が不均質膜であり、前記脱塩室に充填されるアニオン交換樹脂及びカチオン交換樹脂の両方がＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにあらかじめ洗浄したものであることが好ましい（発明６）。

【００２１】

かかる発明（発明６）によれば、カチオン交換膜及びアニオン交換膜の両方を不均質膜とするとともにアニオン交換樹脂及びカチオン交換樹脂の両方を高度に洗浄した樹脂とすることにより、電計抵抗の増大（電圧の上昇）の抑制の効果を最大限に発揮することができる。

【発明の効果】

【００２２】

本発明によれば、電気脱イオン装置の脱塩室に充填するイオン交換樹脂として高度に洗浄したものを採用するとともに、アニオン交換樹脂をカチオン交換樹脂よりも多く配合し、さらにイオン交換膜として不均質膜を用いているので、ホウ素除去率を高く維持するために高い電流密度で運転しても電圧の上昇を抑制することができ、電気脱イオン装置の耐用年数の長期化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００２３】

【図１】本発明の一実施形態による電気脱イオン装置の構成を示す模式的な断面図である。

【図２】図１の電気脱イオン装置を示す系統図である。

【発明を実施するための形態】

【００２４】

以下、本発明の一実施形態による電気脱イオン装置について添付図面を参照して説明する。

【００２５】

図１は本発明の一実施形態による電気脱イオン装置の構成を示す概略図である。図１において、電気脱イオン装置１は、電極（陽極２、陰極３）の間に複数のアニオン交換膜４

及びカチオン交換膜５を交互に配列して濃縮室６と脱塩室７とを交互に形成したものであり、脱塩室７にはイオン交換樹脂（アニオン交換樹脂及びカチオン交換樹脂）が混合もしくは複層状に充填されている。また、濃縮室６と、陽極室８及び陰極室９にもイオン交換樹脂が充填されている。

【００２６】

この電気脱イオン装置１には、脱塩室７に被処理水Ｗを通水して処理水（脱イオン水）Ｗ１取り出す通水手段（図示せず）と、濃縮室６に濃縮水Ｗ２を通水する濃縮水通水手段（図示せず）とが設けられていて、本実施形態においては濃縮水Ｗ２を脱塩室７の処理水Ｗ１の取り出し口に近い側から濃縮室６内に導入すると共に、脱塩室７の入口に近い側から流出する、すなわち脱塩室７における被処理水Ｗの流通方向と反対方向から濃縮水Ｗ２を濃縮室６に導入して濃縮排水Ｗ３を吐出する構成となっている。

【００２７】

具体的には、図２に示すように脱塩室７から得られる処理水Ｗ１の一部を濃縮室６及び陽極室８に導入する。このように濃縮水Ｗ２として処理水Ｗ１を用いてイオン濃度が低減された濃縮水Ｗ２を流通させる。

【００２８】

このような電気脱イオン装置において、脱塩室７に充填されるイオン交換樹脂のアニオン交換樹脂：カチオン交換樹脂の比率は体積比で８０：２０～６０：４０、好ましくは８０：２０～７０：３０である。アニオン交換樹脂の割合が体積比で８０％を超えるとカチオン交換樹脂に由来するＰＳＡ成分の溶出は少なくなるものの処理水Ｗ１中のカチオン成分の除去率が低下する。一方、アニオン交換樹脂の割合が体積比で６０％未満では、カチオン交換樹脂に由来するＰＳＡ成分溶出が増加し、電気脱イオン装置の電気抵抗が上昇し、運転に必要な電圧が大きくなり、もって電気脱イオン装置１の耐用年数が短期化しやすくなる。なお、このイオン交換樹脂の割合は脱塩室７の上側（入口側）と下側（出口側）とで異ならせても良く、この場合には、上記割合の範疇で上側（入口側）のアニオン交換樹脂の割合を高くすることが好ましい。

【００２９】

また、脱塩室７に充填されるイオン交換樹脂のうち少なくともカチオン交換樹脂は、ＴＯＣ溶出量が１ｐｐｂ以下となるようにあらかじめコンディショニング（洗浄）を施したものである。カチオン交換樹脂のＴＯＣ溶出量が１ｐｐｂを超えると、イオン交換樹脂に起因するＰＳＡの溶出量が増加し、電気脱イオン装置の電気抵抗が上昇し、運転に必要な電圧が大きくなり、もって電気脱イオン装置１の耐用年数が短期化しやすくなる。本明細書中において、ＴＯＣ溶出量とは２Ｌのイオン交換樹脂量に対し、ＳＶ＝５０／ｈで超純水を１２０分通水した後のＴＯＣ濃度をＴＯＣ計（アナテルＡ－１０００）で測定したときのＴＯＣの溶出量（増加量）をいう。このコンディショニングは、例えば酸洗浄工程、超純水による酸の押し出し工程、温超純水による温水洗浄工程、超純水による仕上げ工程などをＴＯＣ溶出量が１ｐｐｂ以下となるようにそれぞれ適当な条件（濃度、時間及び流速）で順次を行えばよい。なお、アニオン交換樹脂もコンディショニング（洗浄）を施すことにより、ＴＯＣ溶出量が１ｐｐｂ以下となるようにあらかじめコンディショニング（洗浄）を施したものを用いることが好ましい。

【００３０】

また、濃縮室６に充填するイオン交換樹脂のアニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂の比率は特に制限はなく、両者を当量とするかあるいはカチオン交換樹脂をある程度多くするのが好ましく、アニオン交換樹脂：カチオン交換樹脂の比率を体積比で６０：４０～５０：５０とすればよい。さらに濃縮室６に充填するイオン交換樹脂も上述したようなコンディショニングを施したものを用いることが好ましい。

【００３１】

さらに、イオン交換膜としてのアニオン交換膜４及びカチオン交換膜５のうち少なくともアニオン交換膜４は不均質膜を用いる。ここで不均質膜とは、例えばイオン交換樹脂（ここではアニオン交換樹脂）の微粒子の懸濁物をバインダーと組み合わせ、キャスティン

グ法により製膜されるイオン交換膜のことである。この不均質膜は基材に粉砕状のアニオン交換樹脂を埋め込んだ構造であるので、アニオン交換樹脂の中を通過しなくても、アニオン交換樹脂の面を通じて基材との界面近くを通過することが可能になり、ＰＳＡの蓄積が起こりにくく、電気抵抗の増加を抑制することができる。なお、カチオン交換膜５については、均質膜であってもよいが、同様に不均質膜を用いるのが好ましい。

【００３２】

次に上述したような構成を有する電気脱イオン装置１の運転方法について説明する。まず、ＲＯ処理水などの被処理水Ｗを電気脱イオン装置１で処理する。このとき、電気脱イオン装置１を電流密度５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上で運転する。電流密度５００ｍＡ／ｄｍ^{2}未満では、十分なホウ素除去率の向上効果が得られない。好ましくは電流密度８００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上で運転する。電流密度が８００ｍＡ／ｄｍ^{2}で未満では９９．９５％を超えるホウ素除去率とするのが困難となる。特に電流密度１０００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上で運転することにより、ホウ素除去率９９．９９％を達成することができる。一方電気脱イオン装置１を１５００ｍＡ／ｄｍ^{2}を超える電流密度で運転するのは、それ以上のホウ素除去率の向上効果が得られないばかりか、電気抵抗値が上昇し、これに伴い電気脱イオン装置１にかかる電圧が増大しすぎ、装置寿命の低下を招くため好ましくない。なお、電気脱イオン装置１の脱塩室７における被処理水Ｗの通水速度はＬＶ＝５０～２００ｍ／ｈで、空間速度はＳＶ＝５０～２００／ｈが好ましい。さらに電気脱イオン装置１は水回収率８０～９０％で運転することが好ましい。

【００３３】

これにより被処理水Ｗが脱塩室７に導入され、脱塩室７から処理水（脱イオン水）Ｗ１が得られる。本実施形態においては、この処理水Ｗ１の一部を濃縮水Ｗ２として濃縮室６に脱塩室７の通水方向とは逆方向に向流一過式で通水し、濃縮室６から濃縮排水Ｗ３を系外へ排出する。すなわち、本実施形態では、濃縮室６と脱塩室７とが交互に並設され、脱塩室７の処理水Ｗ１の取り出し側に濃縮室６の流入口となっているとともに脱塩室７の原水流入側に濃縮室６の流出口となっている。なお、処理水（脱イオン水）Ｗ１の一部は陽極室８の入口側に送給され、そして、陽極室８の流出水は、陰極室９の入口側へ送給され、陰極室９の流出水は排水として系外へ排出される。

【００３４】

このように濃縮室６に処理水Ｗ１を濃縮水Ｗ２として脱塩室７に対して向流一過式で通水することにより、脱塩室７の取り出し側ほど濃縮室６内の濃縮水Ｗ２中のイオン濃度が低いものとなるので、濃度拡散による脱塩室７への影響が小さくなり、イオン除去率、特にホウ素の除去率を飛躍的に高めることができる。

【００３５】

このようにして電気脱イオン装置１を運転することにより、ホウ素除去率を９９．９％以上、特に９９．９５％、さらには９９．９９％程度にまで高めることができる。

【００３６】

以上、本発明の一実施形態について添付図面を参照して説明してきたが、本発明は、電気脱イオン装置１に上述した所定の構成を採用するとともに電流密度５００ｍＡ／ｄｍ^{2}以上で運転すれば前記実施形態に限定されず、種々の変更実施が可能である。例えば、本実施形態においては最良の形態とすることにより電気脱イオン装置１の耐用年数を５年以上で、ホウ素除去率９９．９９％とすることができるが、要求される水質、耐用年数に応じて、運転時の電流密度やカチオン交換膜の種類、あるいはアニオン交換樹脂のコンディショニング条件を適宜設定することができる。

【実施例】

【００３７】

以下、実施例及び比較例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明は下記の実施例に限定されるものではない。

【００３８】

〔実施例１〕

電気脱イオン装置１、イオン交換樹脂として以下のものを使用した。
電気脱イオン装置：ＫＣＤＩ－ＵＰｚ（栗田工業（株）製）、図１及び図２に示すように脱塩室７を通水した脱イオン水Ｗ１の一部を対向流で濃縮水Ｗ２として濃縮室６に通水する方式を採用
イオン交換樹脂：ＫＲ－ＵＭ１（栗田工業（株）製）、ＴＯＣ溶出量１ｐｐｂ以下（ＳＶ＝５０／ｈの通水条件）となるようにコンディショニングを施したアニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂との混合樹脂
【００３９】
上記の電気脱イオン装置１において、コンディショニングしたイオン交換樹脂を脱塩室７の上側（入り口側）の半分の領域にはアニオン交換樹脂８０容積％及びカチオン交換樹脂２０容積％で下側領域ではアニオン交換樹脂６０容積％及びカチオン交換樹脂４０容積％となるように充填し、濃縮室６ではアニオン交換樹脂６０容積％及びカチオン交換樹脂４０容積％となるように充填した。さらに、アニオン交換膜４及びカチオン交換膜５として不均質膜を用いて電気脱イオン装置１を構成した。
【００４０】
静岡県榛原郡吉田町の市水（原水）を凝集・加圧浮上装置、ろ過装置及び活性炭塔からなる前処理システムで処理した後、２段ＲＯ膜装置により処理した。この２段ＲＯ処理水（被処理水）Ｗのシリカ濃度は１ｐｐｂ以下であり、ホウ素濃度は１～５ｐｐｂであった。続いて、この被処理水Ｗを上述した電気脱イオン装置１に（栗田工業（株）製　ＫＣＤＩ－ＵＰｚ）に１５ｍ^3／ｈの流量で通水し、電流密度１０００ｍＡ／ｄｍ^{2}で運転した。なお、この電気脱イオン装置におけるＳＶは１００／ｈであり、水回収率８５％とした。
【００４１】
この電気脱イオン装置の運転を継続したところ、初期電圧３００Ｖであったのに対し、５年運転相当後の電圧は５００Ｖに上昇したが、電気脱イオン装置の処理水Ｗ１のホウ素除去率は９９．９９％で安定しており、実施例１の電気脱イオン装置は５年以上の耐用年数を有するものであった。
【００４２】
〔比較例１〕
実施例１において、コンディショニングを行わなかった樹脂（ＴＯＣ溶出量約１０ｐｐｂ、以下同じ）を用い、脱塩室７及び濃縮室６にアニオン交換樹脂５０容積％及びカチオン交換樹脂５０容積％で充填した。さらに、アニオン交換膜４及びカチオン交換膜５として均質膜を用いて電気脱イオン装置１を構成した。この電気脱イオン装置１で実施例１同様の運転条件で被処理水Ｗを処理したところ、初期電圧３００Ｖであったのに対し、１年運転相当後の電圧は６００Ｖの運転限界に達し、比較例１の電気脱イオン装置の耐用年数は約１年であった。
【００４３】
〔比較例２〕
実施例１において、コンディショニングを行わなかった樹脂を用い、脱塩室７及び濃縮室６にアニオン交換樹脂５０容積％及びカチオン交換樹脂５０容積％で充填して、電気脱イオン装置１を構成した。この電気脱イオン装置１で実施例１同様の運転条件で被処理水Ｗを処理したところ、初期電圧３００Ｖであったのに対し、２年運転相当後の電圧は６００Ｖの運転限界に達し、比較例２の電気脱イオン装置の耐用年数は約２年であった。
【００４４】
〔比較例３〕
実施例１において、コンディショニングを行わなかった樹脂を用いた以外同様にして電気脱イオン装置１を構成した。この電気脱イオン装置１で実施例１同様の運転条件で被処理水Ｗを処理したところ、初期電圧３００Ｖであったのに対し、３年運転相当後の電圧は６００Ｖの運転限界に達し、比較例３の電気脱イオン装置の耐用年数は約３年であった。
【００４５】

〔比較例４〕

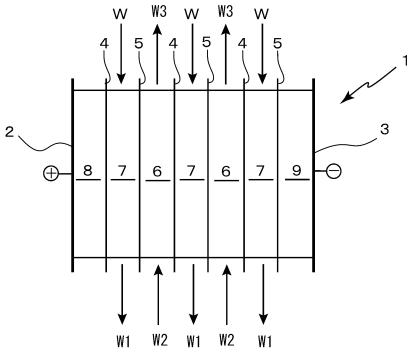
実施例１において、脱塩室７及び濃縮室６にコンディショニング処理したアニオン交換樹脂５０容積％及びカチオン交換樹脂５０容積％で充填した以外同様にして電気脱イオン装置１を構成した。この電気脱イオン装置１で実施例１同様の運転条件で被処理水Ｗを処理したところ、初期電圧３００Ｖであったのに対し、４年運転相当後の電圧は６００Ｖの運転限界に達し、比較例４の電気脱イオン装置の耐用年数は約４年であった。

【符号の説明】

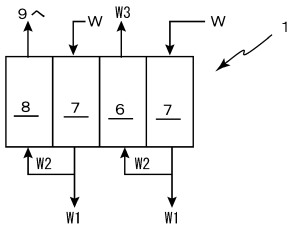
【００４６】

１　電気脱イオン装置
２　陽極（電極）
３　陰極（電極）
４　アニオン交換膜（イオン交換膜）
５　カチオン交換膜（イオン交換膜）
６　濃縮室
７　脱塩室
８　陽極室
９　陰極室
Ｗ　被処理水
Ｗ１　処理水（脱イオン水）
Ｗ２　濃縮水
Ｗ３　濃縮排水

【図１】



【図２】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００４－０３４００４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－０００５７６（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２７５７６８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２１０９４６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１１０５１５（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－２４０９４３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－１１３２８１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０２Ｆ　１／４６　－　１／４８
１／４４
Ｂ０１Ｄ　６１／００　－　７１／８２