(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2007 年11 月22 日 (22.11.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/132685 A1

(51) 国際特許分類:
C02F 1/469 (2006.01) *B01D 61/58* (2006.01)
B01D 61/44 (2006.01) *C02F 1/44* (2006.01)
B01D 61/48 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/059425

(22) 国際出願日: 2007 年4 月26 日 (26.04.2007)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2006-132665 2006 年5 月11 日 (11.05.2006) JP
特願2006-132673 2006 年5 月11 日 (11.05.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): オルガノ株式会社 (ORGANO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1368631 東京都江東区新砂一丁目２番８号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 新明康孝 (SHINMEI, Yasutaka) [JP/JP]; 〒1368631 東京都江東区新砂一丁目２番８号オルガノ株式会社内 Tokyo (JP).

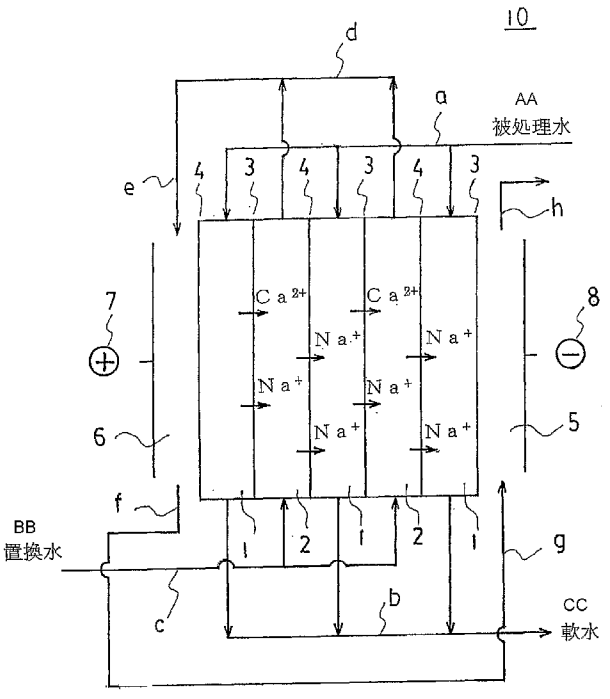
(74) 代理人: 赤塚賢次, 外(AKATSUKA, Kenji et al.); 〒1010041 東京都千代田区神田須田町１－１６本郷ビル５階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC SOFTENING APPARATUS, SOFTENING APPARATUS, METHOD OF PRODUCING SOFT WATER AND METHOD OF OPERATING THE SOFTENING APPARATUS

(54) 発明の名称: 電気軟化装置、軟化装置、軟水製造方法及び軟化装置の運転方法



AA WATER TO BE TREATED
BB SUBSTITUTING WATER
CC SOFT WATER

(57) Abstract: Hardness components in hard water can be arbitrarily removed depending on the purpose to give a desired softening ratio or a remarkably high softening ratio without lowering the current efficiency by the method comprising: alternately providing a selective monovalent cation-permeable membrane and a cation exchange membrane between an anode chamber and a cathode chamber and regarding the spaces between them as water-path chambers; passing the water to be treated in the water-path chamber located in the cathode side of the selective monovalent cation-permeable membrane (the softening chamber) while passing substituting water containing a monovalent cation in the water-path chamber located in the anode side of the selective monovalent cation-permeable membrane (the substitution chamber); and applying a direct potential to thereby substitute the hardness components in the water to be treated by the monovalent cation.

(57) 要約: 陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間を通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する通水室（軟化室）に硬度成分を含む被処理水を、一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する通水室（置換室）に一価カチオンを含む置換水を通水し、直流電位を印加して被処理水中の硬度成分を置換水中の一価のカチオンと置換させることで、電流効率の低下現象を起こすことなく、硬水中の硬度成分を目的に応じて所望の軟化率から顕著に高い軟化率まで自在に除去できる。

WO 2007/132685 A1

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

電気軟化装置、軟化装置、軟水製造方法及び軟化装置の運転方法

技術分野

本発明は、硬水を軟水にする電気軟化装置、軟化装置、軟水製造方法並びに再生剤の使用量を削減できる軟化装置及び軟化装置の運転方法に関するものである。

背景技術

カルシウムイオンやマグネシウムイオンなどの二価カチオン（硬度成分）を多く含む水は硬水と呼ばれ、ボイラ給水や冷却水などに用いるのに不適である。このため、二価カチオンを除去するため硬水軟化処理が行われる。二価カチオンを除去して硬水軟化処理を行うための方法として、Ｎａ型強酸性カチオン交換樹脂の充填層に硬水を通して軟水とする食塩軟化法や逆浸透膜に硬水を通して軟水とする逆浸透膜法がある。

Ｎａ型強酸性カチオン交換樹脂を用いる食塩軟化法は、イオン交換した硬度成分の量がカチオン交換樹脂の交換容量を超えると、処理水中に硬度成分が漏れてくるため、食塩水を通水する再生工程が必要となり、連続した処理ができないという問題がある。逆浸透膜法では、連続した軟化処理ができるものの、膜面に炭酸カルシウムのスケールが発生する恐れがあり、水回収率を高めることができないという問題がある。この逆浸透膜装置においては、被処理水に酸を添加することで、炭酸カルシウムスケールの析出は回避できるものの、危険な酸は使用上、問題となる。

また、Ｎａ型強酸性カチオン交換樹脂を用いる食塩軟化法における再生工程は、通常、５～１０％程度の食塩溶液をＳＶ５～１５で２０分間

以上で供給するため、多量の食塩が必要となり、食塩水の補給頻度も高いという不都合があった。また、従来、食塩軟化法による採水工程と電気的な再生工程を行う軟化装置はほとんど知られておらず、また、硬度成分を含む被処理水の通水方向を変えるのみで、通水容積を大きく採れたり、通水容量は小さくして通水時間を長く採れたりできるものはなく、ましてや再生剤の使用量を著しく低減できる軟化装置は全く知られていなかった。従って、再生薬剤を節減できると共に、多様な運転形態をとれる軟化装置の開発が望まれていた。

一方、特開平８－１０８１８４号公報には、一価カチオンと二価カチオンが混入する原水を電気透析セルに供給し、一価イオン選択透過性カチオン交換膜、非選択透過性カチオン交換膜によって一価イオンに富み二価イオンの少ない処理水と二価イオンに富み一価イオンの少ない処理水を同時に得る水処理システムが開示されている。

（特許文献１）特開平８－１０８１８４号公報（請求項１、図１）

（非特許文献１）「最新イオン交換」；垣花秀武他、廣川書店発行、昭和３５年７月５日発行、第３８５頁～第３８６頁

しかしながら、特開平８－１０８１８４号公報の電気透析セルにおいては、濃縮室に流入した被処理水のカチオンは直流電位によって非選択性陽イオン交換膜を透過し、脱塩室に運ばれる。一方、被処理水中のアニオンは非選択性陽イオン交換膜もステンレス製仕切り板も透過することができず、濃縮室に留まるため、結果的に濃縮室内はアニオンリッチとなってｐＨが低下する。ｐＨが低下すると、非選択性陽イオン交換膜を透過して移動するカチオンのうち、水素イオンの占める割合が高くなるため、カルシウムイオンやマグネシウムイオンの移動する割合が低くなる、いわゆる電流効率の低下現象を招くという問題がある。

従って、本発明の目的は、電流効率の低下現象を起こすことなく、硬

水中の硬度成分を目的に応じて所望の軟化率から顕著に高い軟化率まで自在に除去できる電気軟化装置、軟化装置及び軟水製造方法を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、硬度成分を含む被処理水の通水方向を変えるのみで、通水容積を大きく採れたり、通水流量は小さくして通水時間を長く採れたりでき、また、電気的再生工程において再生剤の使用量を著しく低減できる軟化装置及び軟化装置の運転方法を提供することにある。

発明の開示

かかる実情において、本発明者は鋭意検討を行った結果、陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間を通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する通水室（軟化室）に硬度成分を含む被処理水を通水し、一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する通水室（置換室）に一価カチオンを含む置換水を通水し、陰極と陽極に直流電位を印加して被処理水中の硬度成分を置換水中の一価のカチオンと置換させれば、電流効率の低下現象を起こすことなく、硬水中の硬度成分を目的に応じて所望の軟化率から顕著に高い軟化率まで自在に除去できること（第１発明）、陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間をカチオン交換体が充填された通水室とし、直流電流を印加しない状態で、硬度成分を含む被処理水を一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する第１通水室及び一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する第２通水室に通水して軟水を得る採水工程と、直流電流を印加した状態で、一価カチオンを含む再生水を該第１通水室及び第２通水室にこの順序に直列に通水して該カチオン交換体の再生を行う再生工程を交互に繰り返す軟化

装置の運転方法によれば、硬度成分を含む被処理水の通水方向を変えるのみで、通水容積を大きく採れたり、通水容量は小さくして通水時間を長く採れたりでき、また、電気的再生工程において、再生剤の使用量を著しく低減できること（第２発明）などを見出し、本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明は、陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間を通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する通水室を軟化室とし、一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する通水室を置換室とし、該軟化室には、硬度成分を含む被処理水の導入経路と軟水排出経路を配し、該置換室には、一価カチオンを含む置換水の導入経路と硬度成分濃縮水排出経路を配し、該陽極室及び該陰極室にはそれぞれ水の導入経路と排出経路を配する電気軟化装置を提供するものである。

また、本発明は、前脱塩装置と、該前脱塩装置の後段に位置する前記電気軟化装置を配し、該前脱塩装置の処理水排出経路と該電気軟化装置の被処理水導入経路を接続し、該前脱塩装置の濃縮液排出経路と該電気軟化装置の置換水導入経路を接続してなる軟化装置を提供するものである。

また、本発明は、前記電気軟化装置と、該電気軟化装置の後段に位置する後脱塩装置を配し、該電気軟化装置の処理水排出経路と該後脱塩装置の被処理水導入経路を接続し、該後脱塩装置の濃縮液排出経路と該電気軟化装置の置換水導入経路を接続してなる軟化装置を提供するものである。

また、本発明は、陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間を通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する通水室（軟化室）に硬度成分を含む被処理水

を通水し、一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する通水室（置換室）に一価カチオンを含む置換水を通水し、陰極と陽極に直流電位を印加して被処理水中の硬度成分を置換水中の一価のカチオンと置換させる軟水製造方法を提供するものである。

また、本発明は、陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間をカチオン交換体が充填された通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する第１通水室及び一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する第２通水室には、水の導入経路と排出経路をそれぞれ配し、該陽極室及び該陰極室にはそれぞれ水の導入経路と排出経路をそれぞれ配し、硬度成分を含む被処理水を該第１通水室及び該第２通水室の両方に並行して通水して軟水を得るか又は該第２通水室から該第１通水室に直列に通水して軟水を得る軟水採水経路を配し、一価カチオンを含む再生水を該第１通水室から第２通水室に直列に通水して該カチオン交換体の再生を行う再生経路を配することを特徴とする軟化装置を提供するものである。

また、本発明は、陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間をカチオン交換体が充填された通水室とし、直流電流を印加しない状態で、硬度成分を含む被処理水を一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する第１通水室及び一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する第２通水室に通水して軟水を得る採水工程と、直流電流を印加した状態で、一価カチオンを含む再生水を該第１通水室から第２通水室に直列に通水して該カチオン交換体の再生を行う再生工程を交互に繰り返すことを特徴とする軟化装置の運転方法を提供するものである。

発明の効果

第１発明の電気軟化装置に通水、通電すれば、軟化室では被処理水中の一価カチオン及び二価カチオンがカチオン交換膜を透過して置換室に移動する。同時に置換室では置換水中の主として一価カチオンが一価カチオン選択透過膜を透過して軟化室に移動する。このため、被処理水中の硬度成分を一価カチオンに置換して軟水を得ることができる。また、第１発明の電気軟化装置においては、カチオンの輸送率はいずれの軟化室及び置換室においても同じであり、ｐＨが低下することがないため、電流効率の低下現象を起こすことはない。また、被処理水中の除去したい硬度成分の当量以上の一価カチオンを含む置換水を通水すれば、置換室の一価カチオン選択透過膜の膜面にスケールが発生し難くなり、また、より多くの電流を流せるため、単位時間に移動させるイオン量が増え、軟化効率が向上する。また、電流電圧値や置換水中の一価カチオン量を調整することにより、硬水中の硬度成分を所望の軟化率から顕著に高い軟化率まで自在に除去できる。また、第１発明の軟化装置によれば、前脱塩装置から得られる濃縮水には、一価のカチオンが濃縮されているため、置換水に一価カチオン塩を別途に添加する必要がなくなると共に、前脱塩された処理水を被処理水とするため、より低硬度の軟水を得ることができる。第１発明の軟化装置は、特に原水の硬度及び塩濃度が高い場合に好適である。また、第１発明の他の軟化装置によれば、後脱塩装置から得られる濃縮水には、一価のカチオンが濃縮されているため、置換水に一価カチオン塩を別途に添加する必要がなくなる。また、前段の電気軟化装置をより低い電流値で運転することができ、直流電源の容量を小さくすることができる。また、後段に逆浸透膜装置を使用した場合、膜面のスケール付着を抑制することができる。また、陽極出口水はカチオンが減少してｐＨが低下し、また陽極反応によって次亜塩素酸が発生し、酸化力や殺菌力を有するため、酸性機能水として利用することがで

きる。また、陰極出口水は、カチオンが増加してｐＨが上昇し、陰極反応によって水素ガスが発生するため、還元力を有するアルカリ性機能水として利用することができる。

また、第２発明の軟化装置における採水工程では、硬度成分を含む被処理水の通水方向を変えるのみで、通水容積を大きく採れたり、通水流量は小さくして通水時間を長く採れたりすることができる。また、再生工程では、下流にあたる第２通水室から上流にあたる第１通水室へ一価カチオンを戻すため、系内の一価カチオン濃度を高く保つことができ、添加する一価カチオン塩を顕著に節約できる。また、複数の軟化装置を並列に接続して採水工程と再生工程を装置間で交互に行うように運転すれば、実質的に連続して軟水を採水することができる。また、再生工程で得られる陽極出口水はカチオンが減少してｐＨが低下し、また、陽極反応によって次亜塩素酸が発生し、酸化力や殺菌力を有するため、酸性機能水として利用することができる。また、再生工程で得られる陰極出口水は、カチオンが増加してｐＨが上昇し、陰極反応によって水素ガスが発生するため、還元力を有するアルカリ性機能水として利用することができる。

図面の簡単な説明

第１図は、第１発明の第１の実施の形態における電気軟化装置の模式図であり、第２図は、第１発明の第２の実施の形態における電気軟化装置の模式図であり、第３図は、第１発明の第１の実施の形態における軟化装置の模式図であり、第４図は、第１発明の第２の実施の形態における軟化装置の模式図であり、第５図は、第２発明の第１の実施の形態における軟化装置の模式図であり、採水工程を実施するフロー図であり、第６図は、第２発明の第１の実施の形態における軟化装置の模式図であ

り、再生工程を実施するフロー図であり、第７図は、第２発明の第２の実施の形態における軟化装置の模式図であり、採水工程を実施するフロー図であり、第８図は、第２発明の第２の実施の形態における軟化装置の模式図であり、再生工程を実施するフロー図であり、第９図は、第２発明の第３の実施の形態における軟化装置の模式図であり、採水工程を実施するフロー図であり、第１０図は、第２発明の第３の実施の形態における軟化装置の模式図であり、再生工程を実施するフロー図であり、第１１図は、第５図の軟化装置の再生工程におけるカチオンの移動を説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

第１発明の第１の実施の形態における電気軟化装置を第１図を参照して説明する。第１図は本例の電気軟化装置の模式図である。電気軟化装置１０は、陽極７に隣接する陽極室６と陰極８に隣接する陰極室５の間に一価カチオン選択透過膜４とカチオン交換膜３を交互に配置してその間を通水室とし、一価カチオン選択透過膜４の陰極８側に位置する通水室を軟化室１とし、一価カチオン選択透過膜４の陽極７側に位置する通水室を置換室２とし、軟化室１には、硬度成分を含む被処理水の導入配管ａと軟水排出配管ｂを配し、置換室２には、一価カチオンを含む置換水の導入配管ｃと硬度成分濃縮水排出配管ｄを配し、陽極室６には硬度成分濃縮水排出配管ｄと接続する陽極水導入配管ｅと陽極水排水配管ｆを配し、陰極室５には陽極水排水配管ｆと接続する陰極水導入配管ｇと陰極水排水配管ｈを配する。なお、陽極室６に隣接するイオン交換膜は、本例のように、一価カチオン選択透過膜４とすることが、陽極室６を流れる水から硬度成分が電気軟化装置内に入ることを防止できる点で好ましい。

また、電気軟化装置１０の置換水導入配管ｃには、一価カチオン塩供給手段が接続されていてもよい（不図示）。これにより置換水中の一価のカチオン濃度を任意の量に適宜調整することができる。一価カチオン塩供給手段としては、例えば一価カチオン塩貯留槽、一価カチオン塩供給ポンプ及び配管、弁類などから構成される装置が挙げられる。

一価カチオン選択透過膜４としては、特に制限されないが、ポリカチオンの薄層を膜面上に完全に固定したカチオン交換膜を使用することができる。膜表面に存在する陽電荷バリヤーであるポリカチオンと透過しようとするイオンとの間の静電的反発が、２価のカチオンの方が一価のカチオンに比べて大きいため、２価のカチオンの膜透過が妨げられる。このような一価カチオン選択透過膜は市販のものが使用できる。

次ぎに、電気軟化装置１０を用いて軟水を製造する方法を説明する。一価カチオン選択透過膜の陰極８側に位置する軟化室１に、被処理水の導入配管ａを通して硬度成分を含む被処理水を通水し、一価カチオン選択透過膜４の陽極７側に位置する置換室２に、置換水導入配管ｃを通して一価カチオンを含む置換水を通水し、陰極８と陽極７に直流電位を印加する。

電気軟化装置１０に通水、通電すると、軟化室１では被処理水中の一価のカチオン及び二価のカチオン（硬度成分）がカチオン交換膜３を透過して置換室２に移動する。同時に置換室２では置換水中の主として一価カチオンが一価カチオン選択透過膜４を透過して軟化室１に移動する。このように、軟化室１では被処理水中の二価のカチオンを一価のカチオンに逐次置換することで連続して軟水を得、置換室２では置換水中の一価のカチオンを二価のカチオンに逐次置換することで連続して硬度成分が濃縮された濃縮水を得ることができる。また、電気軟化装置１０においては、カチオンの輸送率はいずれの軟化室１及び置換室２においても

同じであり、ｐＨが低下することがないため、電流効率の低下現象が生じることはない。

第１発明の電気軟化装置において、軟化室１中の被処理水の流れ方向と置換室２の置換水の流れ方向は、特に制限されないが、第１図に示すように、互いに向流とすることが好適である。軟化室１中の被処理水の流れ方向と置換室２の置換水の流れ方向を互いに向流とすれば、軟化室１に導入された被処理水中の硬度成分は、一価のカチオンより高電荷であり、移動し易く置換室２の排出側のカチオン交換膜３を透過するため、軟化室１から素早く系外へ排出される。これにより、置換室２側の一価カチオン選択透過膜４の膜面にスケールは発生し難くなる。

電気軟化装置１０においては、置換室２から排出される置換室出口水を、陽極室６に通水し、さらに陽極室出口水を陰極室５に通水している。これにより、軟化室１からカチオン交換膜３を透過して置換室２に移動した一価カチオンを陽極室６に戻し、再度置換に利用することができるとともに、陽極室６においてカチオンが移動、減少してｐＨが低下した陽極出口水を陰極室５に通水することで、陰極室５における硬度スケール析出のリスクを低減することができる。このような電極水の通水方法は、特に硬度成分の多い被処理水を処理する際に好適である。なお、本例では置換室出口水の全部を陽極室６に通水しているが、これに限定されず、置換室出口水の一部を陽極室６に通水するものであってもよく、また、陽極室６及び陰極室５の電極水をそれぞれ別途に通水させてもよい。

電気軟化装置１０において、陰極水排出配管ｈから排出される陰極出口水は、カチオンが増加してｐＨが上昇し、陰極反応によって水素ガスが発生するため、還元力を有するアルカリ性機能水として利用することができる。

第１発明において、被処理水は硬水であり、具体的には、水道水、井戸水等が挙げられる。当該被処理水には通常、カルシウムイオンやマグネシウムイオン等の２価のカチオンの他、ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩化物イオン、硫酸イオン等の強電解質、炭酸イオン、シリカ等の弱電解質等の不純物が含まれていてもよい。また、硬度が高い水を処理する場合、電気軟化装置１０の前段に前脱塩装置を設置し（第３図参照）、該前脱塩装置から流出する処理水を被処理水とすることができる。これにより、より低硬度の処理水を得ることができる。

第１発明の一価のカチオンを含む置換水（以下、単に「置換水」とも言う。）において、置換水中の一価のカチオン量は、除去したい硬度成分の当量以上の量であることが好ましい。置換水中、一価のカチオン量が除去したい硬度成分の当量未満の場合、一時的に軟水は得られるものの、硬度成分の除去が不十分となり、置換室２の一価カチオン選択透過膜４の膜面にスケールが発生し易くなる。一価カチオン量が多いと、より多くの電流を流させるため、単位時間に移動させるイオン量が増え、軟化効率が向上する。

置換水は、２価のカチオンを含んでいてもよい。置換水の具体例としては、被処理水、被処理水に一価カチオン塩を添加して調製した水等が挙げられる。被処理水中の一価のカチオン量が、除去したい硬度成分の当量未満の場合、一価のカチオン塩を別途添加して使用することが、硬度成分の除去率が向上する点で好ましい。被処理水に添加される一価カチオン塩は、通常食塩である。一価のカチオン当量が二価のカチオン当量より少ない場合、例えば被処理水流量に対して、置換水流量を多量に流せばよいが、水の利用率が下がるため好ましくない。

また、硬度が高い水を処理する場合、電気軟化装置１０の前段に前脱塩装置を設置し（第３図参照）、該前脱塩装置から排出する濃縮水を置

換水とすることもできる。該前脱塩装置から排出する濃縮水には、一価のカチオンも濃縮されており、別途、一価カチオン塩を添加することなく使用することができ且つ軟化効率も上がる点で好適である。また、硬度が高い水を処理する場合、電気軟化装置１０の後段に後脱塩装置を設置し（第４図参照）、該後脱塩装置から排出する濃縮水を置換水とすることもできる。該後脱塩装置から排出する濃縮水には、一価のカチオンが濃縮されており、別途、一価カチオン塩を添加することなく使用することができ且つ軟化効率も上がる点で好適である。なお、前脱塩装置及び後脱塩装置は、共に濃縮水中に排除イオンを濃縮するタイプの公知の装置であって、例えば電気透析装置、電気式脱イオン水製造装置及び逆浸透膜装置が挙げられる。

第１発明において、電気軟化装置の軟化室、置換室、陽極室および陰極室の中、少なくとも軟化室に、好ましくは軟化室と置換室に、更に好ましくは全てに、カチオン交換体を充填することができる。軟化室１にカチオン交換体を充填することで、イオン交換選択性が高い二価カチオンをより選択的に置換室２へ排除することができる。またカチオン交換体自体導電性を有するため、軟化室、置換室、陰極室又は陽極室への充填によって装置スタックの通電抵抗値を下げ、電力消費量を低減することもできる。本発明において、カチオン交換体としては、特に制限されず、カチオン交換樹脂、カチオン交換繊維及び有機多孔質カチオン交換体などが挙げられる。

第１発明の軟水製造方法において、硬度スケールが生成しない運転条件としては、Ｒ≦１を満たすように運転することが好ましい。Ｒは（電流値（Ａ）×３６００秒/９６５００クーロン）/（（置換水の一価のカチオン濃度（ｍｇＣａCO_3/ｌ）×置換水流量（ｌ/ｈ））/置換室数））を示す。Ｒが１を超える場合、すなわち、一価カチオンを越える電流を

流すと、一価カチオンが足らなくなり水はH^+とOH^-に乖離する。この場合、H^+は一価カチオン選択透過膜を透過するものの、OH^-が残るため、ｐＨが高くなり置換室の陰極側の膜面にスケールができ易くなる。実用的なＲ値は０．７～０．９である。Ｒが０．７未満であると軟化能力が低くなるため、硬度成分除去率を高めたい場合には能率が悪くなる。

第１発明の軟水製造方法において、硬度成分除去率の低い軟水を得る方法としては、少ない電流を流す方法、一価カチオンの濃度が薄い置換水を流す方法が挙げられる。硬度成分除去率の低い軟水は、逆浸透膜装置や電気式脱イオン水製造装置などの脱塩装置の被処理水としての用途がある他、置換水に添加する一価カチオン塩の添加量を削減でき、また、省電力運転を行うことができる。一方、硬度成分除去率の高い軟水を得る方法としては、被処理水中の除去したい硬度成分の当量以上の一価カチオンを含む置換水を通水する方法、当該当量以上の一価カチオンを含む置換水を通水する方法に加えて、更にＲ値が０．７～１．０の範囲となるような電流値を流す方法が挙げられる。本発明の軟水製造方法においては、Ｒ値が０．７～１．０の範囲となるような電流値とし、且つ被処理水中の除去したい硬度成分の当量以上の一価カチオンを含む置換水を通水する方法が、９０％以上、特に９５％以上の高い硬度成分除去率が得られる点で好適である。

次ぎに、第１発明の第２の実施の形態における電気軟化装置を第２図を参照して説明する。第２図は本例の電気軟化装置の模式図である。第２図において、第１図と同一構成要素には同一符号を付して、その説明を省略し異なる点について主に説明する。すなわち、第２図の電気軟化装置１０ａにおいて、第１図の電気軟化装置１０と異なる点は、電極水経路である。電気軟化装置１０ａにおいて、置換室２には、一価カチオンを含む置換水の導入配管ｃと硬度成分濃縮水排出配管ｄを配し、陰極

室５には硬度成分濃縮水排出配管ｄと接続する陰極水導入配管ｇと陰極水排水配管ｈを配し、陽極室６には陰極水排水配管ｈと接続する陽極水導入配管ｅと陽極水排水配管ｆを配する。

電気軟化装置１０ａによれば、電気軟化装置１０と同様の効果を奏する他、軟化室１からカチオン交換膜３を透過して移動した一価のカチオンをカチオン移動の最上流の陽極室６に戻し、再度置換に利用することができる。その結果、系内の一価カチオン濃度を高く維持できるため、置換水に添加する一価カチオン塩を節約でき且つ軟化効率を高めることができる。また、電気軟化装置１０ａにおいて、陽極出口水はカチオンが減少してｐＨが低下し、また陽極反応によって次亜塩素酸が発生し、酸化力や殺菌力を有するため、酸性機能水として利用することができる。

次ぎに、第１発明の第１の実施の形態における軟化装置を第３図を参照して説明する。第３図は本例の軟化装置の模式図である。第３図中、軟化装置２０は、前脱塩装置２１と、前脱塩装置２１の後段に位置する前記の電気軟化装置１０を配し、前脱塩装置２１の処理水排出配管ｋと電気軟化装置１０の被処理水導入配管ａを接続し、前脱塩装置２１の濃縮液排出配管ｊと電気軟化装置１０の置換水導入配管ｃを接続してなる。なお、第３図の軟化装置２０において、電気軟化装置１０は、電気軟化装置１０ａであってもよい。前脱塩装置２１は、濃縮水中に排除イオンを濃縮するタイプの公知の装置であって、例えば電気透析装置、電気式脱イオン水製造装置及び逆浸透膜装置が挙げられる。軟化装置２０において、前脱塩装置２１は、原水の硬度成分及び一価のカチオンなどの不純物成分を粗取りし、次いで電気軟化装置１０で更に残りの硬度成分を除去するものであるため、前脱塩装置の脱塩は温和な条件で行われる。このため、例えば逆浸透膜装置を用いた場合、膜面上のスケール発生を抑制することができる。軟化装置２０は、特に原水の硬度及び塩濃度が

高い場合に好適である。

本例の軟化装置２０を用いて軟水を製造する方法は、前記電気軟化装置１０において、被処理水として前脱塩装置２１の処理水を用い、置換水として前脱塩装置２１の濃縮水を用いた場合と同じであるので説明を省略する。

次ぎに、第１発明の第２の実施の形態における軟化装置を第４図を参照して説明する。第４図は本例の軟化装置の模式図である。第４図の軟化装置２０ａにおいて、第３図の軟化装置２０と同一構成要素には同一符号を付して、その説明を省略し、異なる点について主に説明する。第４図中、軟化装置２０ａは、電気軟化装置１０と、電気軟化装置１０の後段に位置する後脱塩装置２２を配し、電気軟化装置１０の処理水排出配管ｂと後脱塩装置２２の被処理水導入配管ｉを接続し、後脱塩装置２２の濃縮液排出配管ｊと電気軟化装置の置換水導入配管ｃを接続してなる。なお、第４図の軟化装置２０ａにおいて、電気軟化装置１０は、電気軟化装置１０ａであってもよい。後脱塩装置２２は、濃縮水中に排除イオンを濃縮するタイプの公知の装置であって、例えば電気透析装置、電気式脱イオン水製造装置及び逆浸透膜装置が挙げられる。軟化装置２０ａにおいて、電気軟化装置１０は、硬度成分除去率が低い運転を行い、原水の硬度成分を粗取りし、次いで後脱塩装置２２で更に残りの硬度成分とその他の不純物性イオンを除去すればよい。前段の電気軟化装置１０において、硬度成分除去率が低い運転を行えるため、置換水に添加する一価カチオン塩の使用量を低減することができるか、あるいはより低い電流値で運転ができ、直流電源の容量を小さくすることができる。また、後段の脱塩装置２２として、例えば逆浸透膜装置を用いた場合、被処理水中の硬度成分濃度が低減されているため、膜面上のスケール発生

を抑制することができる。軟化装置２０は、特に原水の硬度及び塩濃度が高い場合に好適である。

第２発明の第１の実施の形態における軟化装置を第５図、第６図及び第１１図を参照して説明する。第５図及び第６図は本例の軟化装置の模式図であって、第５図は採水工程を実施するフロー図を、第６図は再生工程を実施するフロー図を、第１１図は再生工程におけるカチオンの移動を説明する図である。軟化装置３０は、陽極１６に隣接する陽極室６と陰極１５に隣接する陰極室５の間に一価カチオン選択透過膜４とカチオン交換膜３を交互に配置してその間をカチオン交換樹脂１９が充填された通水室とし、一価カチオン選択透過膜４の陰極１５側に位置する第１通水室１及び一価カチオン選択透過膜４の陽極１６側に位置する第２通水室２には、水の導入配管と排出配管をそれぞれ配し、陽極室６及び陰極室５にはそれぞれ水の導入配管１７、１３と排出配管１２、１４をそれぞれ配し、硬度成分を含む被処理水を第１通水室１及び第２通水室２の両方に並行して通水して軟水を得る軟水採水配管系統Ｘを配し、一価カチオンを含む再生剤を第１通水室１及び第２通水室２にこの順序に直列に通水してカチオン交換樹脂１９の再生を行う再生配管系統Ｙを配し、軟水採水配管系統Ｘと再生配管系統Ｙを区画する弁類を配する。なお、陽極室６に隣接するイオン交換膜は、本例のように、一価カチオン選択透過膜４とすることが、再生時、陽極室６を流れる水から硬度成分が電気軟化装置内に入ることを防止できる点で好ましい。また、本発明において、カチオン交換体としては、特に制限されず、カチオン交換樹脂、カチオン交換繊維及び有機多孔質カチオン交換体などが挙げられる。

軟水採水配管系統Ｘにおいては、第１通水室１には被処理水導入配管７から分岐する分岐配管７１、７２、７３、軟水排出配管８の一部をなす第２接続配管８ｂに接続する分岐配管８１、８２、８３を配し、第２

通水室２には被処理水導入配管７の第１分岐配管７ａから分岐する第２分岐配管７４、７５を配し、第１接続配管８ａに接続する第２分岐配管８４、８５を配する。なお、第１接続配管８ａと第２接続配管８ｂは接続配管８ｃにより並列接続されている。接続再生配管系統Ｙにおいては、被処理水導入配管７の一部を共用する再生剤導入配管９を配し、分岐配管７１、７２、７３を再生剤導入配管９の分岐配管として共用し、分岐配管８１、８２、８３を中間再生剤排出配管として共用し、分岐配管８４、８５を中間再生剤導入配管の分岐配管として共用し、第２分岐配管７４、７５を再生剤排出配管１１に接続する分岐配管として共用する。また、軟水採水配管系統Ｘと再生配管系統Ｙを区画するため、被処理水導入配管７には弁ｍを、被処理水導入配管７における弁ｍの上流側から分岐する第１分岐配管７ａの上流側には弁ｎを、再生剤排出配管１１の下流側には弁ｑを、軟水排出配管８の第１接続配管８ａの合流点より下流側には弁ｏを、再生剤導入配管９の上流側には弁ｐをそれぞれ配している。また、再生剤排出配管１１と陽極室導入配管１７が接続され、陰極室導入配管１３と陽極室排出配管１２が接続されている。

軟化装置３０の再生剤導入配管９には、一価カチオン塩供給手段が接続されていてもよい（不図示）。これにより置換水中の一価のカチオン濃度を任意の量に適宜調整することができる。一価カチオン塩供給手段としては、例えば一価カチオン塩貯留槽、一価カチオン塩供給ポンプ及び配管、弁類などから構成される装置が挙げられる。

一価カチオン選択透過膜４は、前記第１発明の第１の実施の形態における電気軟化装置で用いたものと同様のものが挙げられる。

軟化装置３０において、軟水採水配管系統Ｘと再生配管系統Ｙは、一部に共通する配管を使用するが、これに限定されず、軟水採水配管系統Ｘと再生配管系統Ｙを全く別途の配管系統としてもよく、また第５図に

示す配管系統とは異なる一部に共通する配管を使用する形態であってもよい。

次ぎに、軟化装置３０を用いて軟水を製造し、カチオン交換樹脂を再生する方法を説明する。採水工程は、直流電流を印加しない状態で、硬度成分を含む被処理水を一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する第１通水室及び一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する第２通水室に通水して軟水を得る工程である。本例では、硬度成分を含む被処理水を第１通水室１と第２通水室２の両方に並列で通水する。すなわち、第５図における採水工程において、弁ｍ～ｏを開、弁ｐ、ｑを閉とする。次いで、被処理水を被処理水導入配管７、分岐配管７１～７３、第１分岐配管７ａ及び分岐配管７４、７５を通して第１通水室１と第２通水室２に流入させ、分岐配管８１～８５、第１接続配管８ａ、接続配管８ｃ、第２接続配管８ｂ及び軟水排出配管８を通して軟水を得る。第１通水室１と第２通水室２においては、Ｎａ形カチオン交換樹脂塔を用いたいわゆる食塩軟化と同様の置換反応によって軟化するので、連続通電による電気軟化と比較して、置換効率が高くより低硬度の処理水を得ることができる。また、被処理水を第１通水室１及び第２通水室２に並列で通水するため、採水時の通水室容積が大きくなり、採水流量を増加させることができる。採水工程の終了は、被処理水の硬度と被処理水の流量、装置内の充填カチオン交換容量から算出される一定の時間ないしは一定の採水量で決定するか、又は処理水出口の硬度測定値が一定値を越えたときで決定される。

採水工程後、再生工程を行う。再生工程は、直流電流を印加した状態で、一価カチオンを含む再生水を、第１通水室１から第２通水室２に直列で且つ第１通水室１内と第２通水室２内の流れ方向が向流となるように通水してカチオン交換樹脂１９の再生を行う通電工程と、被処理水を

採水工程と同様に直流電流を印加しない状態で通水して、高濃度の再生水を押し出しリンスする工程からなる。すなわち、第６図における再生工程の通電工程において、弁ｐ、ｑは開、弁ｍ～ｏは閉とする。次いで、一価カチオン塩を含む再生剤を、再生剤導入配管９、分岐配管７１～７３、第１通水室１、分岐配管８１～８３、第１接続配管８ａ、接続配管８ｃ、第２接続配管８ｂ、分岐配管８４、８５、第２通水室２、分岐配管７４、７５及び再生剤排出配管１１にこの順序で通水する。

第２発明において、一価カチオン塩としては、食塩が好適であり、再生剤は食塩水溶液として使用するのがよい。再生剤中、一価カチオン濃度は、１００～１０００ｍｇ$CaCO_3$/ｌである。一価カチオン濃度が薄過ぎると、再生効率が低くなる点で好ましくなく、また濃すぎると再生薬剤の使用量が増えるが効果が上がらない点で好ましくない。

再生工程の通電工程において、第１通水室１から第２通水室２へと直列に通水することにより、第２通水室２においては、硬度成分が残って一価カチオンが減っていく状態にある。しかし、硬度成分は一価カチオンより高荷電であり移動し易いため、再生剤で置換された硬度成分は第１通水室１の流入側に隣接する第２通水室２内の排出側に移動することになる。このため、第２通水室２から速やかに系外へ排出される。従って、第１通水室１と第２通水室２内のカチオン交換樹脂を共に、同じ状態の元のナトリウム型に戻すことができ、採水工程への移行が円滑となる（第１１図参照）。一方、再生工程の通電工程では、下流にあたる第２通水室から上流にあたる第１通水室へ一価カチオンを戻すため、系内の一価カチオン濃度を高く保つことができ、添加する一価カチオン塩を顕著に節約できる。なお、再生時、第１通水室１及び第２通水室２の流れ方向としては、特に制限されず、互いに向流であっても、並流であってもよい。

再生工程の通電工程における好適な運転条件としては、R≦1を満たすような運転である。Rは（電流値（A）×3600秒/96500クーロン）/（（再生剤の一価のカチオン濃度（mgCaCO$_3$/l）×再生剤流量（l/h））/第2通水室数））を示す。Rが1を超える場合、すなわち、一価カチオンを越える電流を流すと、一価カチオンが足らなくなり水はH^+とOH^-に乖離する。この場合、H^+は一価カチオン選択透過膜を透過するものの、OH^-が残るため、pHが高くなり第2通水室の陰極側の膜面にスケールができ易くなる。実用的なR値は0．7～0．9である。Rが0．7未満であると再生時間が長くなり、好ましくない。

軟化装置30においては、第2通水室2から排出される再生剤（再生廃液）出口水を、陽極室6に通水し、さらに陽極室出口水を陰極室5に通水している。これにより、第1通水室1からカチオン交換膜3を透過して第2通水室2に移動した一価カチオンを陽極室6に戻し、再度再生に利用することができるとともに、陽極室6においてカチオンが移動、減少してpHが低下した陽極出口水を陰極室5に通水することで、陰極室5における硬度スケール析出のリスクを低減することができる。なお、本例では第2通水室出口水の全部を陽極室6に通水しているが、これに限定されず、第2通水室出口水の一部を陽極室6に通水するものであってもよく、また、陽極室6及び陰極室5の電極水をそれぞれ別途に通水させてもよい。

軟化装置30において、陰極水排出配管14から排出される陰極出口水は、カチオンが増加してpHが上昇し、陰極反応によって水素ガスが発生するため、還元力を有するアルカリ性機能水として利用することができる。

再生工程の通電工程の終了は、再生剤の一価カチオンの濃度と再生剤の流量、装置内の充填カチオン交換容量から算出される一定の時間ない

しは一定の通水量で決定するか、又は再生剤排出配管出口（陰極室出口又は陽極室出口）の硬度測定値が一定値を下回ったときで決定される。再生工程の通電工程後、被処理水を採水工程と同様に直流電流を印加しない状態で、第１通水室１及び第２通水室２に通水して、高濃度の再生剤を押し出しリンスする。再生工程の非通電工程の終了は、経験的に求められる一定の時間、一定の通水量又は処理水出口の導電率により判断する。これにより、再生工程は終了する。

第２発明においては、複数の軟化装置３０を並列に接続して、採水工程と再生工程を装置間で交互に行うよう運転すれば、実質的に連続して採水することができる。採水工程と再生工程の切替タイミングは、前述の採水工程及び再生工程の終了時の判断値を基準にすればよい。なお、再生時間が長くとれる場合には、より低い電流値で、例えばＲ＜０．５で再生することもでき、直流電源の容量を小さくすることもできる。

第２発明の第２の実施の形態における軟化装置を第７図及び第８図を参照して説明する。第７図及び第８図は本例の軟化装置の模式図であって、第７図は採水工程を実施するフロー図を、第８図は再生工程を実施するフロー図をそれぞれ示す。第７図の軟化装置３０ａにおいて、第５図の軟化装置３０と同一構成要素には同一符号を付して、その説明を省略し、異なる点について主に説明する。すなわち、軟化装置３０ａにおいて、軟化装置３０と異なる点は、第１通水室１と第２通水室２の流れ方向を同じ方向で且つ上向流とした点である。

すなわち、第７図の軟化装置３０ａにおいて、軟水採水配管系統Ｘにおいて、第１通水室１には被処理水導入配管７から分岐する分岐配管７１、７２、７３を配し、第２接続配管８ｂに接続する分岐配管８１、８２、８３を配し、第２通水室２には被処理水導入配管７の第１分岐配管７ａから分岐する第２分岐配管７４、７５を配し、第１接続配管８ａに

接続する第２分岐配管８４、８５を配する。なお、第１接続配管８ａは軟水排水配管８の一部であって、第１接続配管８ａと第２接続配管８ｂは、接続配管８ｃにより並列接続されている。再生配管系統Ｙにおいて、第２接続配管８ｂを再生剤導入配管として共用し、被処理水導入配管７の下流端と第１接続配管８ａの上流端を接続して中間再生剤導入配管９ａとし、第２分岐配管８４、８５を中間再生剤導入分岐配管として共用し、第２分岐配管７４、７５を再生剤排出配管１１に接続する分岐配管として共用する。また、軟水採水配管系統Ｘと再生配管系統Ｙを区画するため、被処理水導入配管７には弁ｍを、被処理水導入配管７における弁ｍの上流側から分岐する第１分岐配管７ａの上流側には弁ｎを、再生廃液排出配管１１の下流側には弁ｑを、軟水排出配管８における接続配管８ｃの下流側には弁ｏを、中間再生剤導入配管９ａには弁ｐを、再生剤導入配管８ｂにおける接続配管８ｃの合流点より上流側には弁ｓを、接続配管８ｃには弁ｒをそれぞれ配している。

次ぎに、軟化装置３０ａを用いて軟水を製造し、カチオン交換樹脂を再生する方法を説明する。採水工程は、軟化装置３０と同様に、直流電流を印加しない状態で、硬度成分を含む被処理水を第１通水室１と第２通水室２の両方に並列で通水する工程である。すなわち、第７図における採水工程において、弁ｍ～ｏ及びｒを開、弁ｑ、ｐ及びｓを閉とする。次いで、被処理水を被処理水導入配管７、第１分岐配管７ａ及び分岐配管７１～７５を通して第１通水室１と第２通水室２に流入させ、分岐配管８１～８５、第２接続配管８ｂ、接続配管８ｃ、第１接続配管８ａ及び軟水排出配管８を通して軟水を得る。なお、軟化装置３０ａにおける採水工程において、第１通水室１と第２通水室２における作用は、軟化装置３０の採水工程の場合と同様である。

再生工程の通電工程においては、第８図に示すように、弁ｐ、ｑ及びｓを開、弁ｍ～ｏ及び弁ｒを閉とする。次いで、一価カチオン塩を含む再生剤を、再生剤導入配管９、分岐配管８１～８３、第１通水室１、分岐配管７１～７３、被処理水導入配管７及び中間再生剤導入配管９ａ、第１接続配管８ａ、分岐配管８４、８５、第２通水室２、分岐配管７４、７５及び再生剤排出配管１１にこの順序で通水する。

軟化装置３０ａの再生工程によれば、軟化装置３０の再生工程と同様の効果を奏する他、第１通水室１および第２通水室２の流れ方向が、採水工程と再生工程で反対方向としているため、カチオン交換樹脂の置換が効果的に行われる。また、軟化装置３０と比べると、再生時の置換効率はよいものの、中間再生剤排出部／導入部が多少複雑となる。

第２発明の第３の実施の形態における軟化装置を第９図及び第１０図を参照して説明する。第９図及び第１０図は本例の軟化装置の模式図であって、第９図は採水工程を実施するフロー図を、第１０図は再生工程を実施するフロー図をそれぞれ示す。第９図及び第１０図の軟化装置３０ｂにおいて、第１図の軟化装置３０と同一構成要素には同一符号を付して、その説明を省略し、異なる点について主に説明する。すなわち、軟化装置３０ｂにおいて、軟化装置３０と異なる点は、軟水採水工程における被処理水の流れ方向、すなわち、軟水採水配管系統Ｘである。

軟化装置３０ｂの軟水採水配管系統Ｘにおいて、第２通水室２には被処理水導入配管７から分岐する分岐配管７１、７２、中間軟水排出配管７３、７４を配し、第１通水室１には中間軟水導入配管８１～８３を配し、軟水排出配管８に接続する分岐配管８４～８６を配する。中間軟水排出配管７３、７４が接続する第１接続配管８ｂと中間軟水導入配管８１～８３が接続する第２接続配管８ａとは、接続配管８ｃにより直列接続されている。再生配管系統Ｙにおいては、軟水排出配管８を再生剤導

入配管９として共用し、分岐８４～８６を再生剤導入配管として共用し、分岐配管８１～８３を中間再生剤排出配管として共用し、分岐配管７３、７４を中間再生剤導入配管として共用し、分岐配管７１、７２を再生剤排出配管として共用する。再生剤排出配管７１、７２は再生剤排出配管１１に接続している。また、軟水採水配管系統Ｘと再生配管系統Ｙを区画するため、被処理水導入配管７の上流側には弁ａを配し、軟水排出配管８の下流側には弁ｂを配し、再生剤導入配管９の上流側には弁ｄを配し、再生剤排出配管１１の下流側には、弁ｃを配している。

次ぎに、軟化装置３０ｂを用いて軟水を製造し、カチオン交換樹脂を再生する方法を説明する。採水工程は、直流電流を印加しない状態で、硬度成分を含む被処理水を一価カチオン選択透過膜４の陽極側１６に位置する第２通水室２から一価カチオン選択透過膜４の陰極１５側に位置する第１通水室１にこの順序で直列に通水して軟水を得る工程である。すなわち、第９図における採水工程において、弁ｍ及びｎを開、弁ｏ及びｐを閉とする。次いで、被処理水を被処理水導入配管７、分岐配管７１、７２、第２通水室２、中間軟水排出配管７３、７４、第１接続配管８ａ、接続配管８ｃ、第２接続配管８ｂ、分岐配管８１～８３、第１通水室１、分岐配管８４～８６及び軟水排出配管８にこの順序で通水する。軟化装置３０ｂの再生工程によれば、軟化装置３０の再生工程と同様の効果を奏する他、採水工程は、並列通水に比べて、通水流量は小さくして通水時間を長くとれる。

軟化装置３０ｂにおいて、再生工程の通電工程は、弁ｐ及びｏを開、弁ｍ及びｎを閉とする。次いで、一価カチオン塩を含む再生剤を、再生剤導入配管９、分岐配管８４～８６、第１通水室１、中間再生剤排出配管８１～８３、第２接続配管８ｂ、接続配管８ｃ、第１接続配管８ａ、中間再生剤導入配管７３、７４、第２通水室２、分岐配管７１、７２及

び再生剤排出配管１１にこの順序で通水する。

軟化装置３０ｂの再生工程によれば、軟化装置３０の再生工程と同様の効果を奏する他、弁類の使用数が少ない装置で行うことができる。また、各通水方向においては、採水時と再生時で流れ方向が反対方向となるため、再生時の置換効率が向上する。

また、軟化装置３０～３０ｂにおいて、再生剤排水を陰極室５に導入し、次いで陰極室５の排出水を陽極室６に導入するようにしてもよい。これにより、第１通水室１からカチオン交換膜３を透過して移動した一価のカチオンをカチオン移動の最上流の陽極室６に戻し、再度再生に利用することができる。その結果、系内の一価カチオン濃度を高く維持できるため、再生水に添加する一価カチオン塩を節約でき且つ軟化効率を高めることができる。また、再生剤の陽極出口水はカチオンが減少してｐＨが低下し、また陽極反応によって次亜塩素酸が発生し、酸化力や殺菌力を有するため、酸性機能水として利用することができる。

実施例

次ぎに、実施例を挙げて本発明を更に具体的に説明するが、これは単に例示であって本発明を制限するものではない。

（実施例１）

被処理水を第１図に示す電気軟化装置に表１の運転条件下、連続して５００時間運転し、処理水を得た。連続５００時間の運転後、処理水の分析をすると共に、装置を停止し、分解して装置内部のスケールの発生状況を目視確認した。なお、被処理水は水道水を活性炭ろ過フィルタ（ＰＦ－ＣＢ、オルガノ社製）を通して電気軟化装置の軟化室に通水し、処理水サンプル及び運転データは運転開始５００時間後に採取した。また、置換水は被処理水と同様に水道水を活性炭ろ過フィルタでろ過し、２

５％食塩水を定量ポンプを用いてアルカリ金属濃度が所定濃度となるよう添加した後、電気軟化装置の置換室に通水した。実施例１では、被処理水の硬度の濃度は６０．１ｍｇＣａＣＯ$_3$/ｌであり、置換水は当該硬度成分の当量以上の一価のカチオン濃度１００ｍｇＣａＣＯ$_3$/ｌとした。また、Ｒは０．７５であった。その結果、処理水の硬度は３．０ｍｇＣａＣＯ$_3$／Ｌであり、硬度除去率は９５．０％であった。また、置換室の陰極側の膜面にもスケールは観察されなかった。

（実施例２）

通電電流値０．２Ａに代えて０．１Ａとし、平均印加電圧１６Ｖに代えて９．７Ｖとした以外は、実施例１と同様に行った。この運転条件におけるＲは０．３７であった。すなわち、実施例２は通電電流値、平均印加電圧を変更して、低い軟化力に設定したものである。その結果を表１に示す。処理水の硬度は２９．６ｍｇＣａＣＯ$_3$／Ｌであり、硬度成分除去率が５０．７％であった。また、置換室の陰極側の膜面にスケールは観察されなかった。

（実施例３）

置換水として、食塩添加調製水に代えて水道水（例１）（被処理水）とし、通電電流値０．２Ａに代えて０．０６Ａとし、平均印加電圧１６Ｖに代えて１２Ｖとした以外は、実施例１と同様に行った。この運転条件におけるＲは０．８４であった。すなわち、実施例３は置換水として、置換水中の一価カチオン濃度が被処理水中の硬度成分の当量を下回る水を使用したものである。その結果を表１に示す。処理水の硬度は４９．８ｍｇＣａＣＯ$_3$／Ｌであり、硬度成分除去率が１７．２％であった。また、置換室の陰極側の膜面にスケールは観察されなかった。

（実施例４）

被処理水として、水道水（例１）に代えて水道水（例２）とし、置換

水として、食塩添加調製水に代えて被処理水の水道水（例２）とし、通電電流値０．２Ａに代えて０．１２Ａとし、平均印加電圧１６Ｖに代えて２２Ｖとした以外は、実施例１と同様に行った。この運転条件におけるＲは０．８６であった。すなわち、実施例４は置換水として、実施例１～３とは異なる被処理水である水道水を使用し、当該水道水中の一価カチオン濃度が同じ水道水中に含まれる硬度成分の当量を上回る水を使用したものである。その結果を表１に示す。処理水の硬度は３．１ｍｇ$CaCO_3$／Ｌであり、硬度成分除去率が９２．５％であった。また、置換室の陰極側の膜面にスケールは観察されなかった。

（実施例５）

軟化室及び置換室にカチオン交換体を充填せずに、経路材としてポリプロピレン製メッシュスペーサーを配置し、置換水を食塩添加調製水に代えて水道水（例２）（被処理水）とし、通電電流値０．２Ａに代えて０．０３Ａとし、平均印加電圧１６Ｖに代えて３４Ｖとし、連続運転時間５００時間に代えて３００時間とした以外は、実施例１と同様に行った。なお、軟化室及び置換室は厚みを各１ｍｍとしたため、室数を各２０室として、実施例１～４と通水空間の容積を合わせた。この運転条件におけるＲは０．８６であった。すなわち、実施例５は軟化室及び置換室はカチオン交換樹脂無充填とし、被処理水である水道水を、当該水道水中の一価カチオン濃度が同じ水道水中に含まれる硬度成分の当量を上回る水を使用したものである。その結果を表１に示す。処理水の硬度は５．０ｍｇ$CaCO_3$／Ｌであり、硬度成分除去率が８８．０％であり、置換室の陰極側の膜面にスケールは観察されなかった。

第1表

			実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
フロー			水道水→電気軟化	水道水→電気軟化	水道水→電気軟化	水道水→電気軟化	水道水→電気軟化
構造	軟化室厚み	mm	4	4	4	4	1
	軟化室の充填剤		カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	PP製メッシュスペーサー
	軟化室数		5	5	5	5	20
	軟化室の充填材体積	L	5	5	5	5	
	置換室の厚み	mm	4	4	4	4	1
	置換室の充填剤		カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	PP製メッシュスペーサー
	置換室数(置換室＋陽極室)		5	5	5	5	20
	置換室の充填材体積	L	5	5	5	5	
	カチオン交換膜		アストム製 CMX	アストム製 CMX	アストム製 CMX	アストム製 CMX	アストム製 CMX
	一価選択性カチオン交換膜		アストム製 CMS	アストム製 CMS	アストム製 CMS	アストム製 CMS	アストム製 CMS
運転条件	被処理水流量	L/h	25	25	25	25	25
	置換水流量	L/h	25	25	25	25	25
	通電電流値	A	0.2	0.1	0.06	0.12	0.03
	平均印加電圧	V	16	9.7	12	22	34
	R値		0.75	0.37	0.84	0.86	0.86
水質条件	被処理水		水道水 例1	水道水 例1	水道水 例1	水道水 例2	水道水 例2
	被処理水導電率	μS/cm	210	210	210	223	223
	被処理水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	26.8	26.8	26.8	52.1	52.1
	被処理水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	48.7	48.7	48.7	33.7	33.7
	被処理水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	11.4	11.4	11.4	7.8	7.8
	被処理水硬度	mgCaCO3/L	60.1	60.1	60.1	41.5	41.5
	置換水		水道水例1＋NaCl	水道水例1+NaCl	水道水 例1	水道水 例2	水道水 例2
	置換水導電率	μS/cm	395	395	210	223	223
	置換水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	100	100	26.8	52.1	52.1
	置換水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	48.7	48.7	48.7	33.7	33.7
	置換水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	11.4	11.4	11.4	7.8	7.8
	置換水硬度	mgCaCO3/L	60.1	60.1	60.1	41.5	41.5
結果	処理水導電率	μS/cm	215	210	208	212	210
	処理水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	83.9	57.3	37.1	90.5	88.7
	処理水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	2.3	22.8	38.3	2.4	3.8
	処理水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	0.7	6.8	11.5	0.7	1.1
	処理水硬度	mgCaCO3/L	3.0	29.6	49.8	3.1	5.0
	硬度除去率		95.0%	50.7%	17.2%	92.5%	88.0%
	スケール		なし	なし	なし	なし	なし

（実施例６）

被処理水を下記の軟化装置に表２の運転条件下、連続して５００時間運転し、硬度のより少ない処理水を得た。連続５００時間の運転後、処理水の分析をすると共に、装置を停止し、分解して装置内部のスケールの発生状況を目視確認した。実施例６では、被処理水の硬度の濃度は６０．１ｍｇＣａCO_3/ｌであり、置換水は当該硬度成分の当量以上の一価のカチオン濃度３２７ｍｇＣａCO_3/ｌであった。また、Ｒは０．８２であった。その結果、処理水の硬度は０．０１７ｍｇＣａCO_3/ｌであり、硬度除去率は９９．９７％であった。また、置換室の陰極側の膜面にもスケールは観察されなかった。

＜軟化装置＞

実施例１と同様の電気軟化装置の処理水（中間軟水）を中間軟水タンク、高圧ポンプを経て逆浸透膜（エレメント；「ＥＳ－２０－Ｄ４」日東電工社製）に通水するように接続し、逆浸透膜濃縮水は濃縮水タンク、濃縮水ポンプを経て、電気軟化装置の置換室へ通水されるように接続した装置。

なお、実施例６においては、電気軟化部と逆浸透膜部の最適流量が一致していなかったため、中間軟水及び逆浸透膜濃縮水を一旦、中間軟水タンク、濃縮水タンクに貯留してポンプで送水する方法をとったが、電気軟化部の中間軟水流量と逆浸透膜部の供給水流量を一致させることで、中間軟水タンク、濃縮水タンク、濃縮水ポンプを省略することができる。

（実施例７）

被処理水を下記の軟化装置に表２の運転条件下、連続して５００時間運転し、硬度のより少ない処理水を得た。連続５００時間の運転後、処理水の分析をすると共に、装置を停止し、分解して装置内部のスケールの発生状況を目視確認した。実施例７では、前段電気式脱イオン水製造

装置（以下、電気脱イオン装置又は電気脱イオン部とも言う）の処理水の硬度の濃度は１７．９ｍｇＣａＣＯ$_3$/ｌであり、置換水は当該硬度成分の当量以上の一価のカチオン濃度４５．３ｍｇＣａＣＯ$_3$/ｌであった。また、Ｒは０．８２であった。その結果、処理水の硬度は０．３６ｍｇＣａＣＯ$_3$/ｌであり、硬度除去率は９８．０％であった。また、置換室の陰極側の膜面にもスケールは観察されなかった。

＜軟化装置＞

被処理水を電気脱イオン装置に通水して、その処理水を実施例１と同様の電気軟化装置の軟化室に通水し、該電気脱イオン装置の濃縮水を電気軟化装置の置換室に通水するよう接続した装置。なお、電気脱イオン装置は、公知の電気脱イオン装置であって、カチオン交換膜とアニオン交換膜で区画される脱イオン室には混床イオン交換樹脂を充填し、アニオン交換膜とカチオン交換膜で区画される濃縮室にも、混床イオン交換樹脂を充填したものを使用した。

実施例７の電気脱イオン部の通電電流値０．２Ａは、単位時間に流入する被処理水中のイオン負荷に対しておよそ８０％に相当し、この通電電流値では電気脱イオン部の脱イオン能力はイオン除去率で約７０％であった。表２から明からなように、この運転条件下では、硬度成分を多く含んだ被処理水を電気脱イオン部に通水、通電し脱イオン処理しても、スタック内部には硬度スケールは析出しなかった。

第2表

				実施例6	実施例7
フロー				電気軟化→RO	EDI→電気軟化
電気軟化部構造		軟化室厚み	mm	4	4
		軟化室の充填剤		カチオン交換樹脂	カチオン交換樹脂
		軟化室数		5	5
		軟化室の充填材体積	L	5	5
		置換室の厚み	mm	4	4
		置換室の充填剤		カチオン交換樹脂	カチオン交換樹脂
		置換室数(置換室+陽極室)		5	5
		置換室の充填材体積	L	5	5
		カチオン交換膜		アストム製 CMX	アストム製 CMX
		一価選択性カチオン交換膜		アストム製 CMS	アストム製 CMS
運転条件	電気脱イオン部	被処理水流量		—	25
		濃縮水流量		—	25
		通電電流値		—	0.2
		平均印加電圧		—	25
	電気軟化部	被処理水流量	L/h	25	25
		置換水流量	L/h	6.25	25
		通電電流値	A	0.18	0.1
		平均印加電圧	V	22	20
		R値		0.82	0.82
	逆浸透膜部	逆浸透膜供給水流量	L/h	1600	—
		逆浸透膜透過水流量	L/h	300	—
		逆浸透膜濃縮水流量	L/h	1300	—
		うち循環流量	L/h	1225	—
		うち排水流量	L/h	75	—
		逆浸透膜供給水圧力	MPa	8.4	—
		逆浸透膜濃縮水圧力	MPa	8.2	—
		逆浸透膜透過水圧力	MPa	0.0	—
水質条件		被処理水		水道水 例1	水道水 例1
		被処理水導電率	μS/cm	210	210
		被処理水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	26.8	26.8
		被処理水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	48.7	48.7
		被処理水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	11.4	11.4
		被処理水硬度	mgCaCO3/L	60.1	60.1
		中間脱塩水		—	前段EDI脱塩水
		中間脱塩水導電率	μS/cm	—	64
		中間脱塩水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	—	8
		中間脱塩水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	—	14.7
		中間脱塩水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	—	3.2
		中間脱塩水硬度	mgCaCO3/L	—	17.9
		置換水		後段RO濃縮水	前段EDI濃縮水
		置換水導電率	μS/cm	814	355
		置換水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	327	45.3
		置換水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	7	82.5
		置換水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	3.3	19.5
		置換水硬度	mgCaCO3/L	10.3	102
		中間軟水導電率	μS/cm	205	—
		中間軟水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	84.5	—
		中間軟水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	1.85	—
		中間軟水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	0.55	—
		中間軟水硬度	mgCaCO3/L	2.40	—
結果		処理水導電率	μS/cm	5.1	66
		処理水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	0.04	25.5
		処理水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	0.005	0.28
		処理水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	0.001	0.08
		処理水硬度	mgCaCO3/L	0.017	0.36
		硬度除去率		99.97%	98.0%
		スケール		なし	なし

（実施例８）

被処理水を第５図、第６図に示す軟化装置に表３の運転条件下で通水し、処理水を得た。被処理水は水道水を活性炭ろ過フィルタ（ＰＦ－ＣＢ、オルガノ社製）を通して軟化装置の第１通水室と第２通水室に通水した。その結果を表３に示す。なお、処理水サンプル及び運転データは、採水工程から再生工程に切り替わる５分前に採取した。また、採水工程は、非通電状態で被処理水を、第１通水室及び第２通水室に並列に通水する工程で時間は１２時間とした。再生工程は、再生剤を、第１通水室から第２通水室にこの順で直列に通水しながら通電する工程と、被処理水を採水工程と同様に非通電通水して高濃度である再生水を押し出しリンスする工程で構成され、時間はそれぞれ１０時間と１５分間とした。再生に用いる再生水は被処理水同様、水道水を活性炭ろ過フィルタでろ過し、２５％食塩水を定量ポンプを用いてアルカリ金属濃度が３６０ｍｇＣａCO_3／Ｌとなるよう添加した。

（比較例１）

被処理水を軟化器（「ＳＡＴ－１０５Ｂ」；オルガノ社製）に表３に記載の条件で通水し、処理水を得た。その結果を表３に示す。なお、被処理水は水道水を活性炭ろ過フィルタを通して軟化器に通水し、処理水サンプル及び運転データは採水工程から再生工程に切り替わる５分前に採取した。採水工程は被処理水をカチオン交換樹脂に通水する工程で時間は１２時間とした。再生工程は表３記載の置換水（再生剤）をカチオン交換樹脂に通水してＮａ形に置換する工程で、使用した軟化器においては、装置内部の機構により自動で表３記載の条件で通薬、リンスがなされるように構成されている。比較例１においても再生工程は自動運転とし、食塩の使用量は、再生に使われる食塩の規定量から計算した。

第3表

			実施例8		比較例1	
フロー			電気軟化 採水時	電気軟化 再生時	食塩再生式軟化 採水時	食塩再生式軟化 再生時
構造	第1通水室厚み	mm	4	4		
	第1通水室の充填剤		カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na
	第1通水室数		10	10	1	1
	第1通水室の充填材体積	L	5	5	10	10
	第1通水室の厚み	mm	4	4		
	第2通水室の充填剤		カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na	カチオン交換樹脂 IR-124 Na
	第2通水室数(陽極室を含む)		10	10	1	1
	第2通水室の充填材体積	L	5	5		
	カチオン交換膜		アストム製 CMX	アストム製 CMX	–	
	一価選択性カチオン交換膜		アストム製 CMS	アストム製 CMS	–	
運転条件	被処理水流量	L/h	500		500	
	採水工程時間	h	12		12	
	再生剤流量	L/h		120		90
	再生工程時間	h		10.25		2
	再生剤通水時間	h		10		0.333(20min)
	リンス時間	h		0.25(15min)		1.667(100min)
	通電電流値	A		2		–
	平均印加電圧	V		110		–
	R値			0.86		–
水質条件	被処理水		水道水 例1		水道水 例1	
	被処理水導電率	μS/cm	210		210	
	被処理水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	26.8		26.8	
	被処理水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	48.7		48.7	
	被処理水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	11.4		11.4	
	被処理水硬度	mgCaCO3/L	60.1		60.1	
	再生剤			水道水例1+NaCl		水道水例1+NaCl
	再生剤導電率	μS/cm		1052		–
	再生剤アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L		360		43000
	再生剤カルシウム濃度	mgCaCO3/L		48.7		48.7
	再生剤マグネシウム濃度	mgCaCO3/L		11.4		11.4
	再生剤硬度	mgCaCO3/L		60.1		60.1
	食塩消費量	g/再生		467		1500
結果	処理水導電率	μS/cm	212		213	
	処理水アルカリ金属濃度	mgCaCO3/L	86.7		86.7	
	処理水カルシウム濃度	mgCaCO3/L	0.05		0.04	
	処理水マグネシウム濃度	mgCaCO3/L	0.19		0.14	
	処理水硬度	mgCaCO3/L	0.24		0.18	
	硬度除去率		99.6%		99.7%	
	スケール		なし	なし	なし	なし

表３から明かなように、実施例８の再生工程では、下流にあたる第２通水室から上流にあたる第１通水室へ一価カチオンを戻すため、系内の一価カチオン濃度を高く保つことができ、添加する一価カチオン塩を、従来の食塩再生軟化器と比べると、再生１回当たり約１／３の量に減らすことができる。

符号の説明

１　軟化室
２　置換室
３　カチオン交換膜
４　一価カチオン選択透過膜
５　陰極室
６　陽極室
７　陽極
８　陰極
１０、１０ａ　電気軟化装置
ａ～ｋ　配管
２０、２０ａ　軟化装置
２１　前脱塩装置
２２　後脱塩装置
１　第１通水室
２　第２通水室
１５　陰極
１６　陽極
３０、３０ａ、３０ｂ　電気軟化装置
Ｘ　軟水採水配管系統

Y　再生配管系統

m～s　弁

産業上の利用可能性

本発明は、硬水中の硬度成分を所望の軟化率から顕著に高い軟化率まで自在に除去したい場合に有用である。特に原水の硬度及び塩濃度が高い場合に有用である。また、軟水と同時に酸性機能水やアルカリ性機能水を得たい場合に有用である。また、ひとつの軟化装置で、通水容積を大きく採ったり、通水流量は小さくして通水時間を長く採ったりしたい場合に有用である。

請求の範囲

1．陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間を通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する通水室を軟化室とし、一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する通水室を置換室とし、該軟化室には、硬度成分を含む被処理水の導入経路と軟水排出経路を配し、該置換室には、一価カチオンを含む置換水の導入経路と硬度成分濃縮水排出経路を配し、該陽極室及び該陰極室にはそれぞれ水の導入経路と排出経路を配することを特徴とする電気軟化装置。

2．前記置換水の導入経路には、一価カチオン塩供給手段が接続されていることを特徴とする請求項１記載の電気軟化装置。

3．前記陰極室の導入経路には、前記置換室の硬度成分濃縮水排出経路が接続され、前記陽極室の導入経路には、前記陰極室の排出経路が接続されていることを特徴とする請求項１記載の電気軟化装置。

4．前記陽極室の導入経路には、前記置換室の硬度成分濃縮水排出経路が接続され、前記陰極室の導入経路には、前記陽極室の排出経路が接続されていることを特徴とする請求項１記載の電気軟化装置。

5．前記軟化室、置換室、陽極室及び陰極室の中、少なくとも軟化室にカチオン交換体が充填されていることを特徴とする請求項１記載の電気軟化装置。

6．前脱塩装置と、該前脱塩装置の後段に位置する請求項１～５のいずれか１項記載の電気軟化装置を配し、該前脱塩装置の処理水排出経路と該電気軟化装置の被処理水導入経路を接続し、該前脱塩装置の濃縮液排出経路と該電気軟化装置の置換水導入経路を接続してなることを特徴とする軟化装置。

７．請求項１～５のいずれか１項記載の電気軟化装置と、該電気軟化装置の後段に位置する後脱塩装置を配し、該電気軟化装置の処理水排出経路と該後脱塩装置の被処理水導入経路を接続し、該後脱塩装置の濃縮液排出経路と該電気軟化装置の置換水導入経路を接続してなることを特徴とする軟化装置。

８．前記前脱塩装置が、電気透析装置、電気式脱イオン水製造装置または逆浸透膜装置であることを特徴とする請求項６記載の軟化装置。

９．前記後脱塩装置が、電気透析装置、電気式脱イオン水製造装置または逆浸透膜装置であることを特徴とする請求項７記載の軟化装置。

１０．陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間を通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する通水室（軟化室）に硬度成分を含む被処理水を通水し、一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する通水室（置換室）に一価カチオンを含む置換水を通水し、陰極と陽極に直流電位を印加して被処理水中の硬度成分を置換水中の一価のカチオンと置換させることを特徴とする軟水製造方法。

１１．前記置換水中の一価のカチオン量は、除去したい硬度成分の当量以上であることを特徴とする請求項１０記載の軟水製造方法。

１２．前記置換水が、被処理水または被処理水に一価カチオン塩を添加して調製した水であることを特徴とする請求項１０記載の軟水製造方法。

１３．前記被処理水は前脱塩装置から流出する処理水であり、前記置換水は、該前脱塩装置から排出される濃縮水であることを特徴とする請求項１０記載の軟水製造方法。

１４．前記軟化室、置換室、陽極室及び陰極室の中、少なくとも軟化室にカチオン交換体が充填されていることを特徴とする請求項１０記載の軟水製造方法。

１５．置換室から排出される置換室出口水の全部または一部を、陰極室に通水し、さらに陰極室出口水を陽極室に通水することを特徴とした請求項１０記載の軟水製造方法。

１６．置換室から排出される置換室出口水の全部または一部を、陽極室に通水し、さらに陽極室出口水を陰極室に通水することを特徴とした請求項１０記載の軟水製造方法。

１７．陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間をカチオン交換体が充填された通水室とし、一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する第１通水室及び一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する第２通水室には、水の導入経路と排出経路をそれぞれ配し、該陽極室及び該陰極室にはそれぞれ水の導入経路と排出経路をそれぞれ配し、硬度成分を含む被処理水を該第１通水室及び該第２通水室の両方に並行して通水して軟水を得るか又は該第２通水室から該第１通水室に直列に通水して軟水を得る軟水採水経路を配し、一価カチオンを含む再生水を該第１通水室から第２通水室に直列に通水して該カチオン交換体の再生を行う再生経路を配することを特徴とする軟化装置。

１８．前記陰極室の導入経路には、前記再生経路における第２通水室の排出経路が接続され、前記陽極室の導入経路には、前記陰極室の排出経路が接続されていることを特徴とする請求項１７記載の軟化装置。

１９．前記陽極室の導入経路には、前記再生経路における第２通水室の排出経路が接続され、前記陰極室の導入経路には、前記陽極室の排出経路が接続されていることを特徴とする請求項１７又は１８記載の軟化装置。

２０．陽極室と陰極室の間に一価カチオン選択透過膜とカチオン交換膜を交互に配置してその間をカチオン交換体が充填された通水室とし、直

流電流を印加しない状態で、硬度成分を含む被処理水を一価カチオン選択透過膜の陰極側に位置する第１通水室及び一価カチオン選択透過膜の陽極側に位置する第２通水室に通水して軟水を得る採水工程と、直流電流を印加した状態で、一価カチオンを含む再生水を該第１通水室から第２通水室に直列に通水して該カチオン交換体の再生を行う再生工程を交互に繰り返すことを特徴とする軟化装置の運転方法。

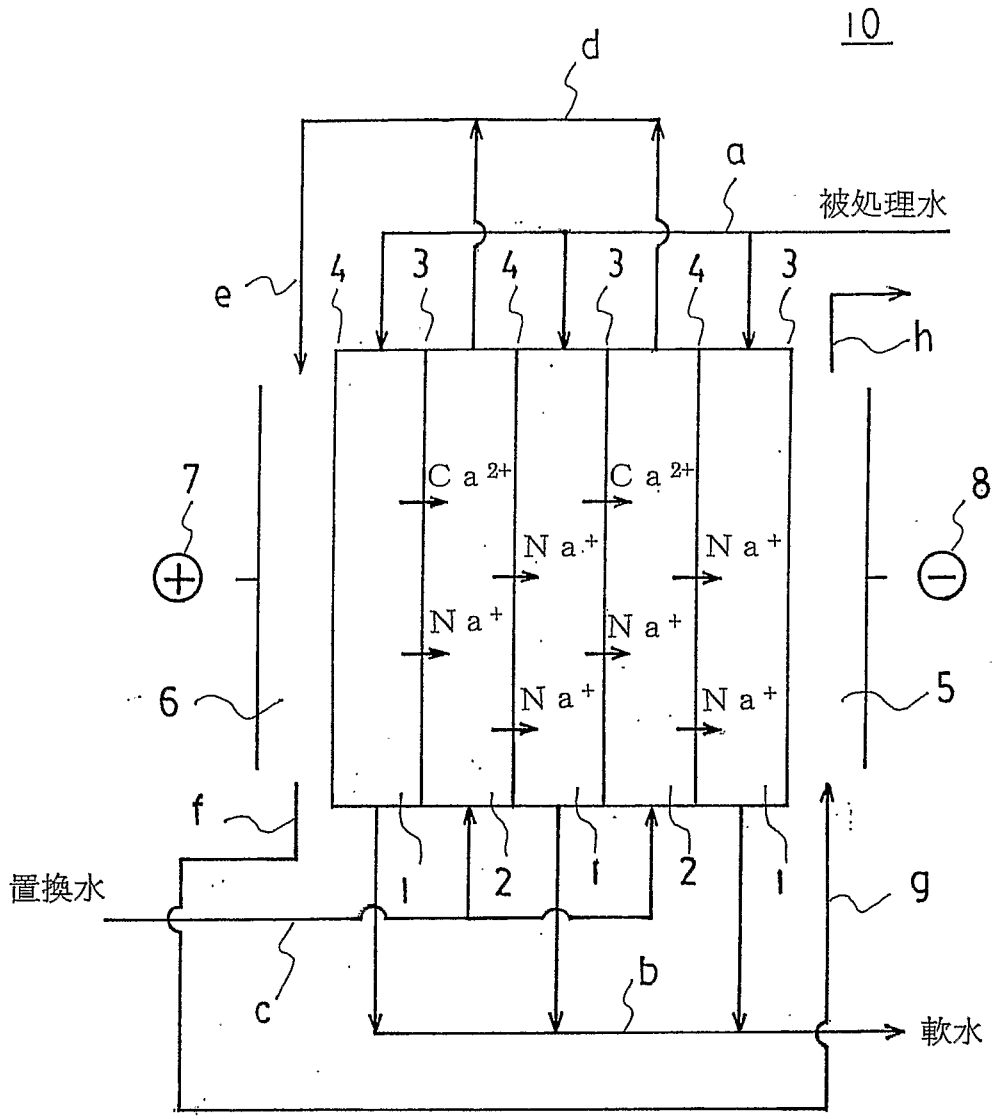
２１．前記採水工程時、硬度成分を含む被処理水を該第１通水室と該第２通水室の両方に並列して通水することを特徴とする請求項２０記載の軟化装置の運転方法。

２２．前記採水工程時、硬度成分を含む被処理水を該第２通水室から該第１通水室の順序に直列に通水することを特徴とする請求項２０記載の軟化装置の運転方法。

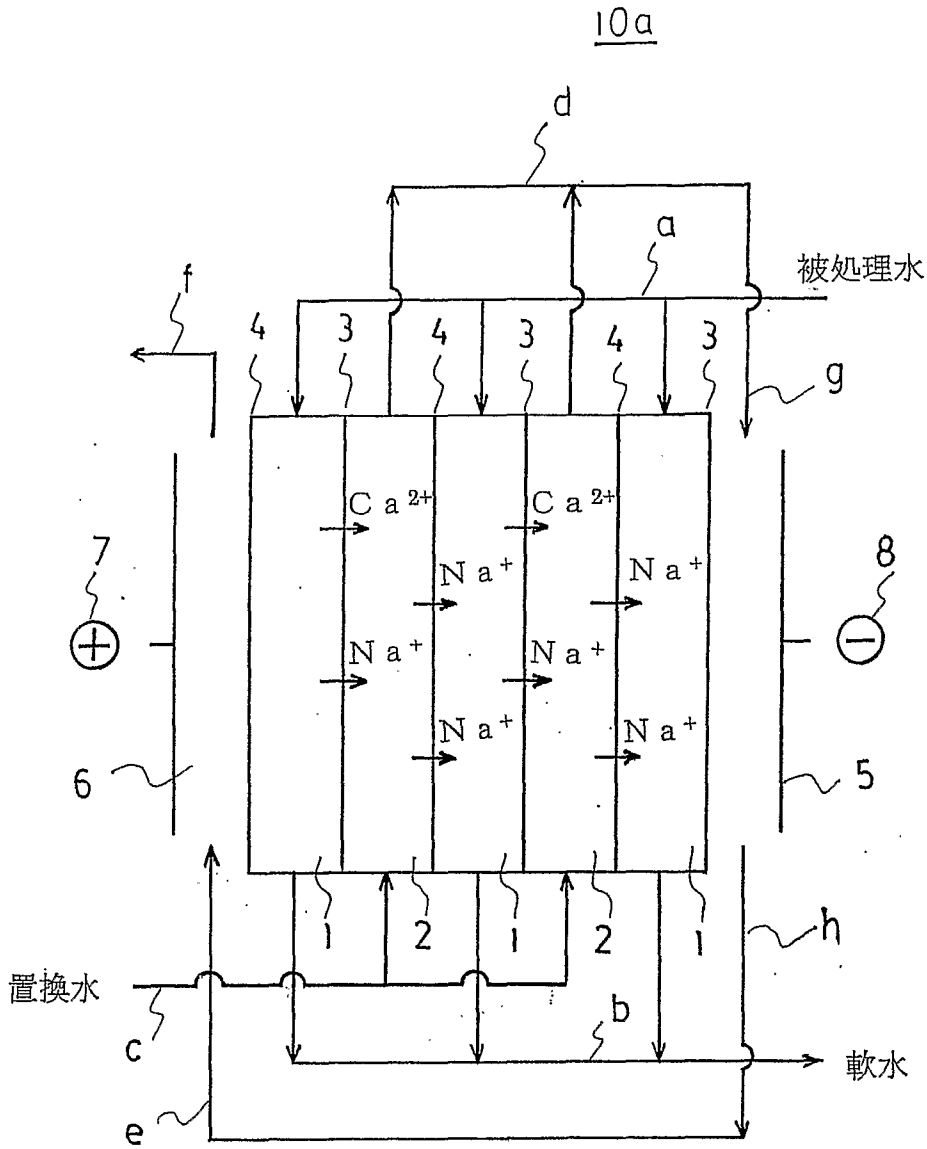
２３．前記再生工程時、前記第２通水室から排出される出口水の全部または一部を、陰極室に通水し、さらに陰極室出口水を陽極室に通水することを特徴とした請求項２０記載の軟化装置の運転方法。

２４．前記再生工程時、前記第２通水室から排出される出口水の全部または一部を、陽極室に通水し、さらに陽極室出口水を陰極室に通水することを特徴とした請求項２０記載の軟化装置の運転方法。

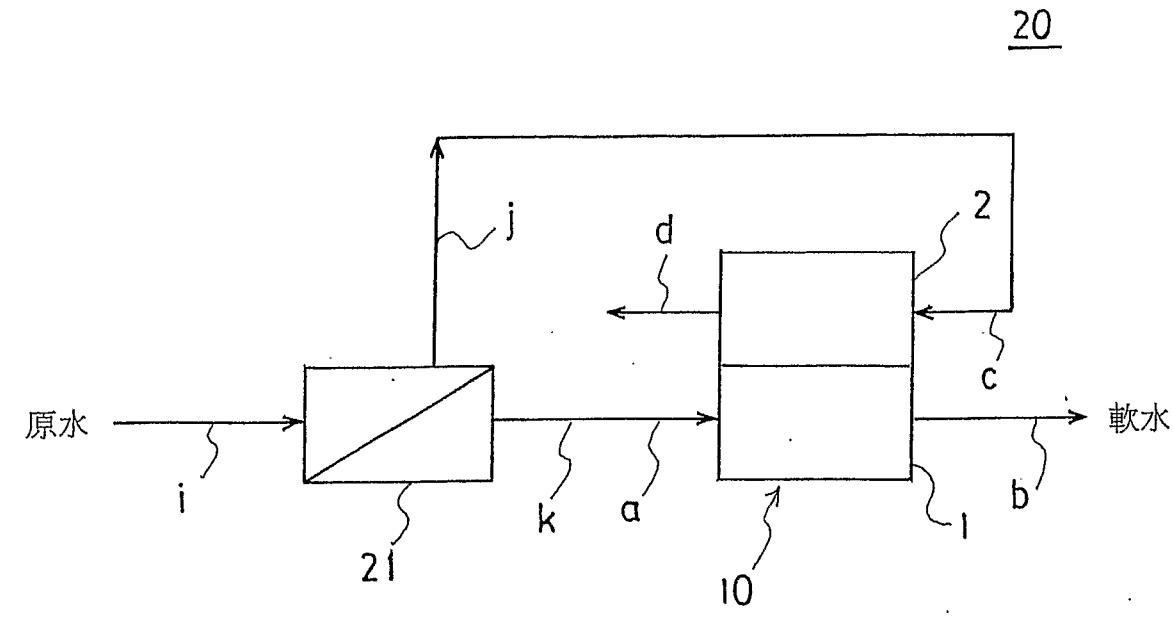
第１図


10
d
a
被処理水
e
4
3
4
3
4
3
h
7
8
Ca 2+
Ca 2+
Na +
Na +
Na +
Na +
Na +
Na +
6
5
f
置換水
1
2
1
2
1
g
c
b
軟水

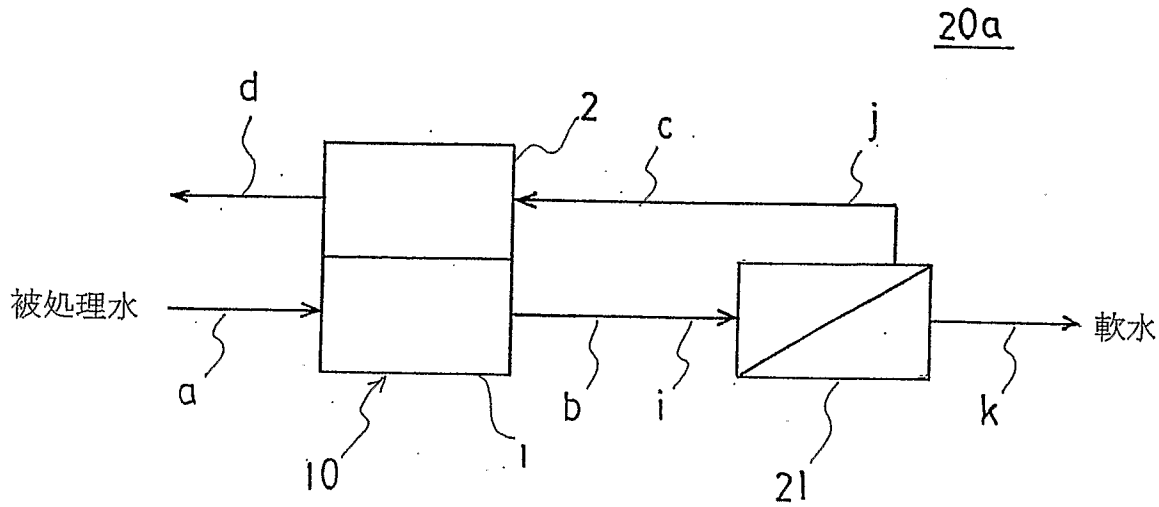
第２図


10a
d
a
被処理水
f
4
3
4
3
4
3
g
Ca 2+
Ca 2+
Na +
Na +
Na +
Na +
Na +
Na +
7
8
6
5
1
2
1
2
1
h
置換水
c
b
軟水
e

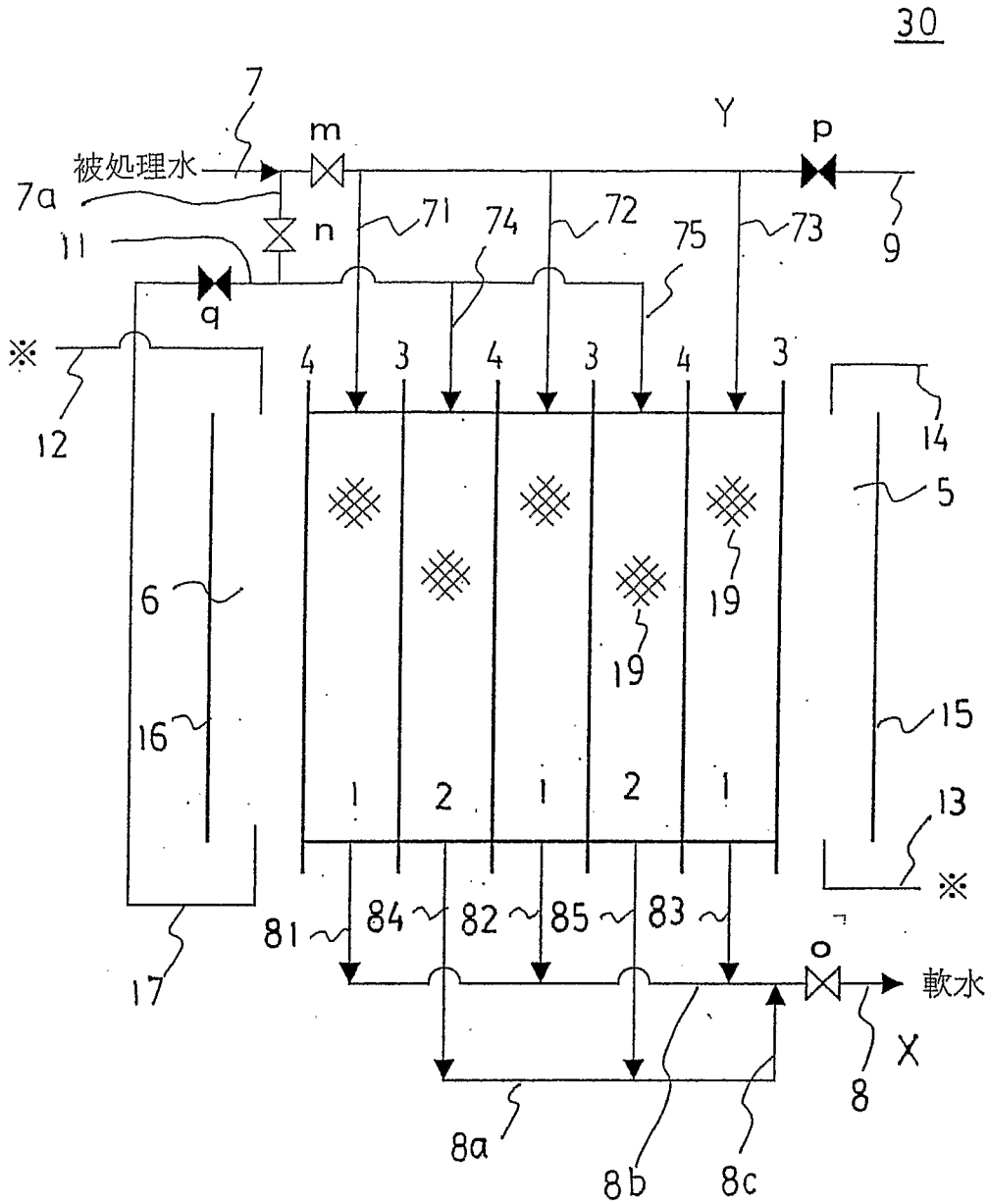
第３図



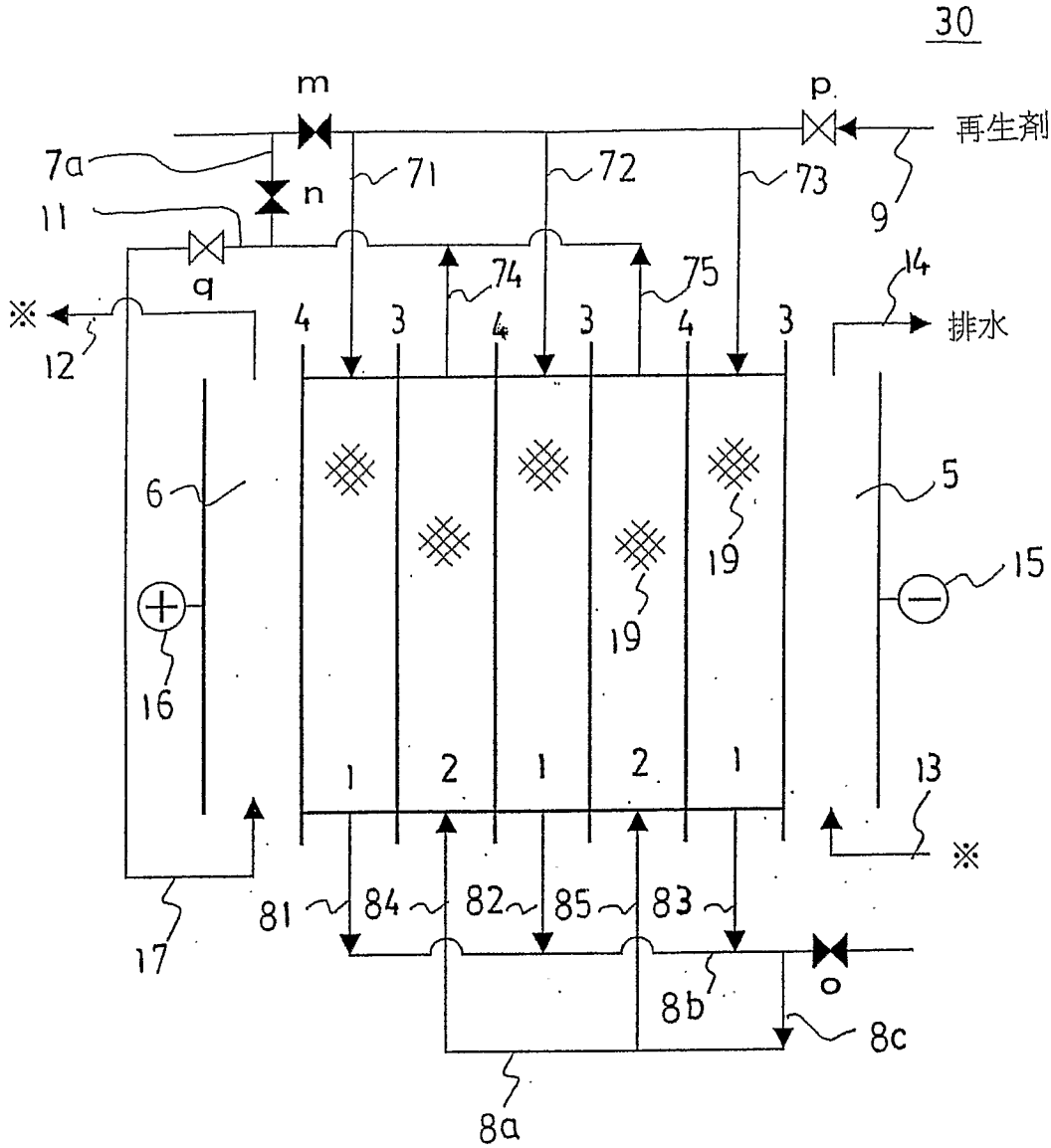
第４図



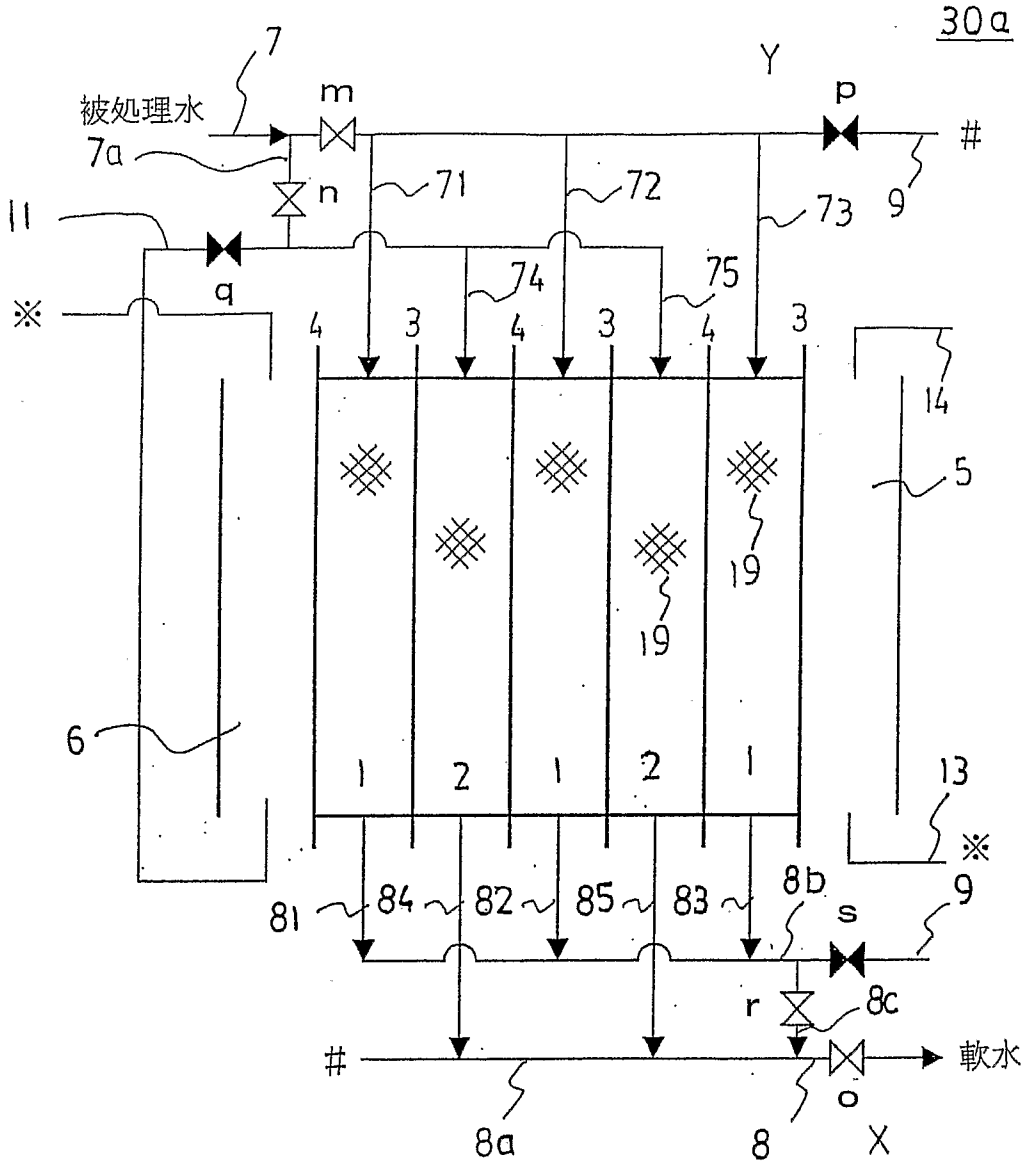
第５図


30
7
m
Y
p
被処理水
7a
n
71
74
72
75
73
9
11
q
※
12
4
3
4
3
4
3
14
5
6
19
19
16
15
1
2
1
2
1
13
※
81
84
82
85
83
o
軟水
X
8
17
8a
8b
8c

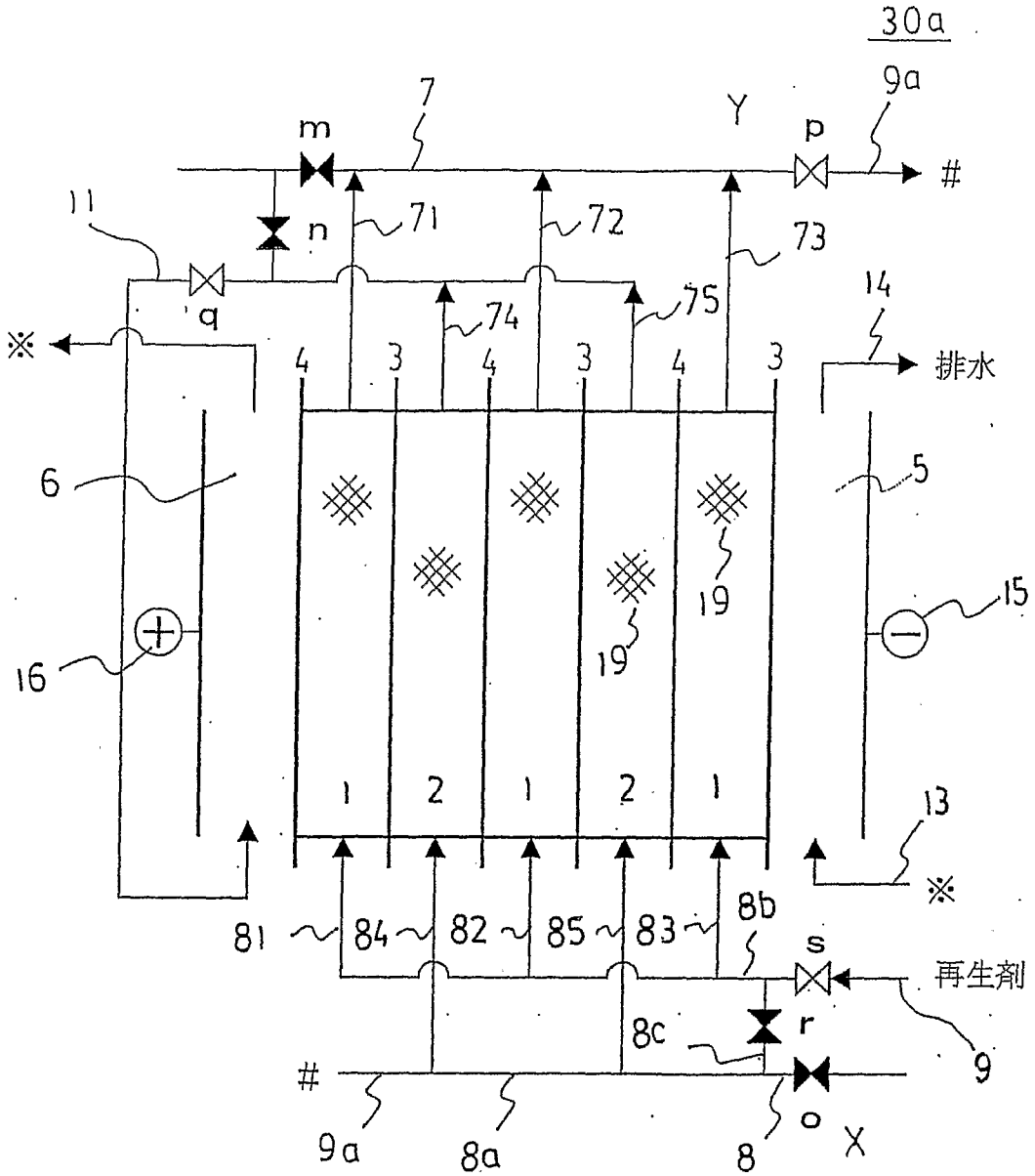
第６図


30
m
p
再生剤
7a
n
71
72
73
9
11
q
74
75
14
※
12
4
3
4
3
4
3
排水
6
5
19
19
15
16
1
2
1
2
1
13
※
17
81
84
82
85
83
o
8b
8c
8a

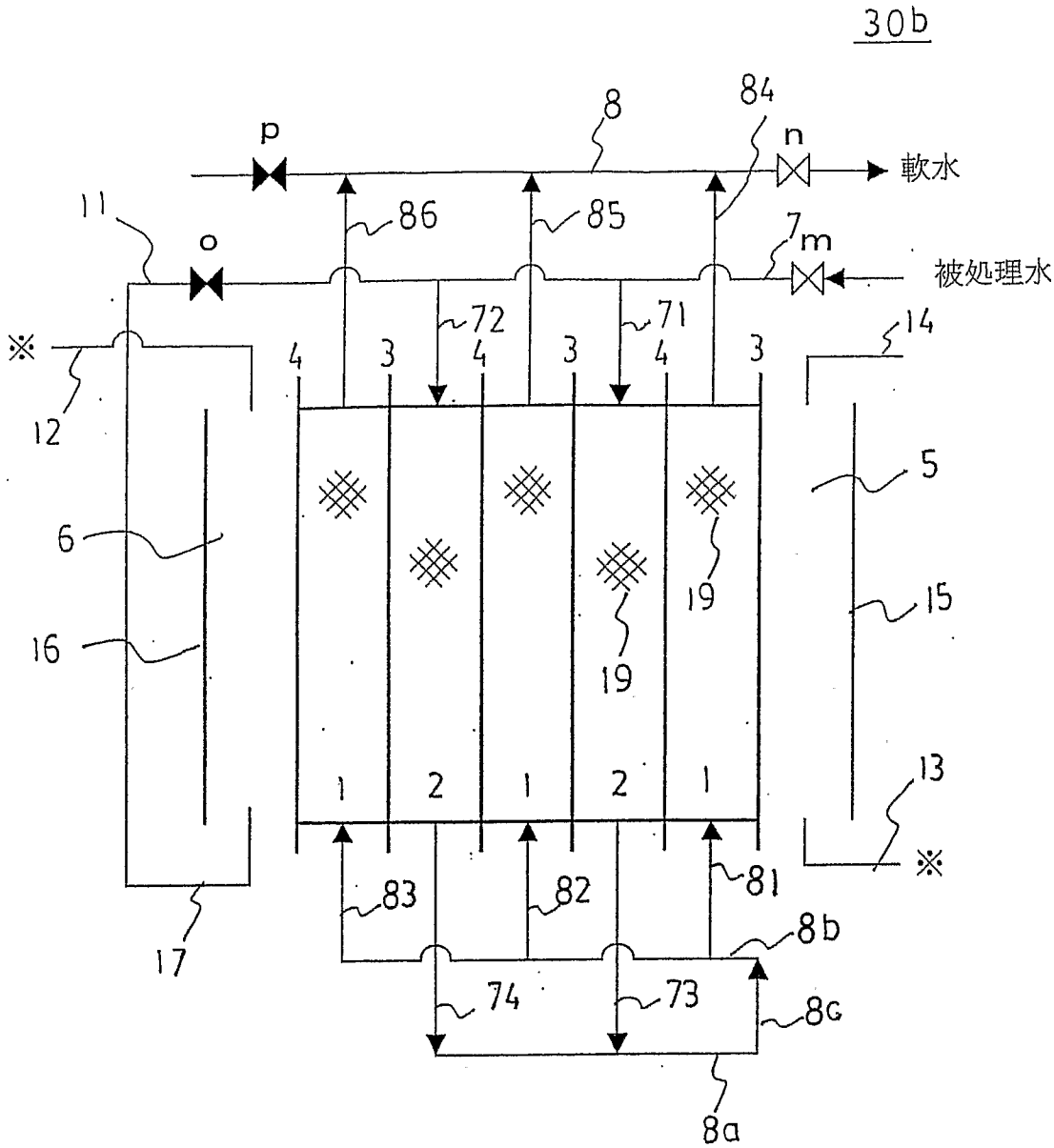
第７図


30a
7
被処理水
7a
m
n
Y
p
#
9
71
72
73
11
q
※
74
75
4
3
4
3
4
3
14
5
19
19
6
1
2
1
2
1
13
※
81
84
82
85
83
8b
s
9
r
8c
#
軟水
o
8a
8
X

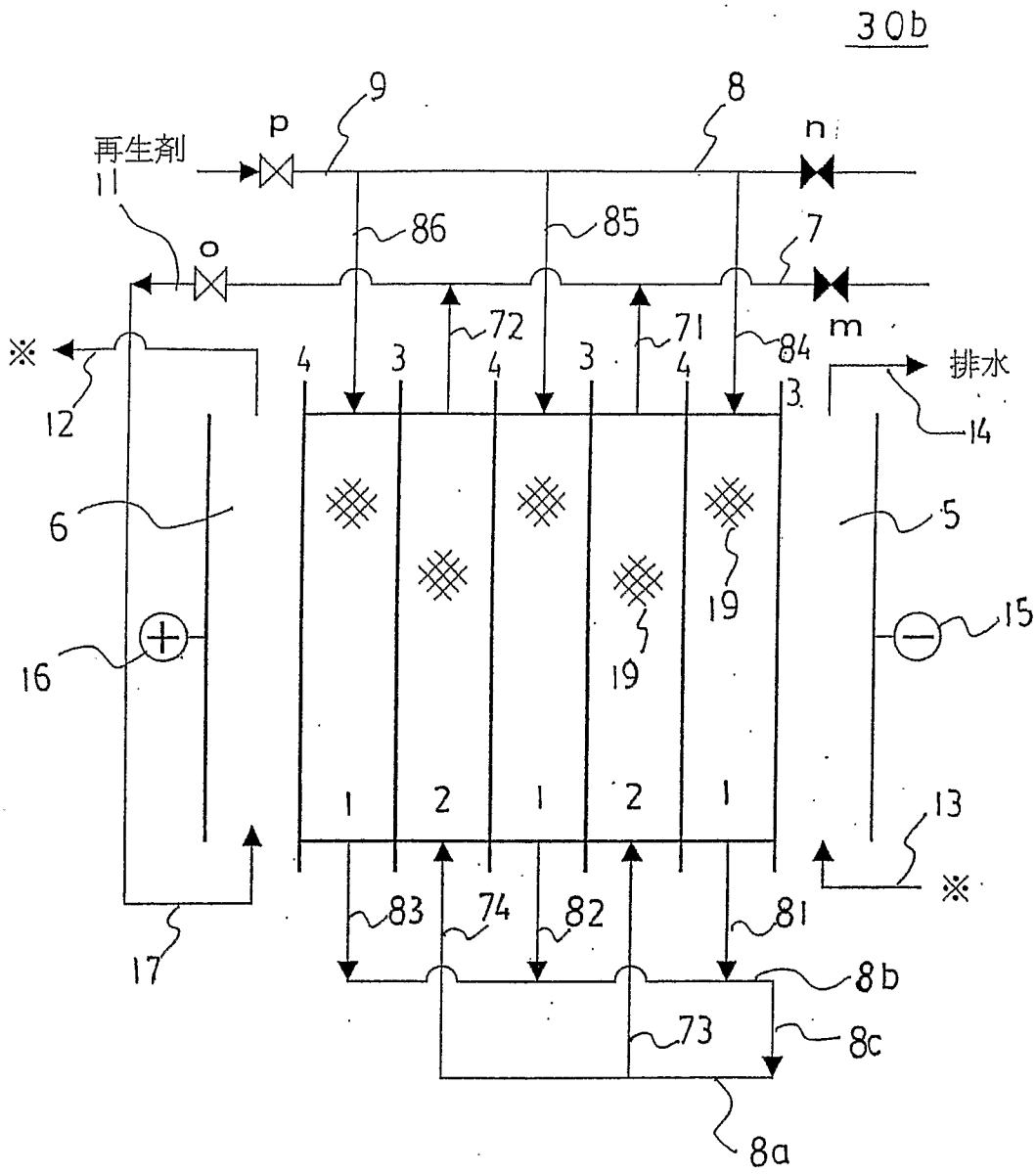
第８図


30a
9a
7
m
Y
p
#
11
n
71
72
73
q
74
75
14
※
排水
4
3
4
3
4
3
6
5
19
19
15
16
1
2
1
2
1
13
※
81
84
82
85
83
8b
s
再生剤
8c
r
9
#
9a
8a
8
o
X

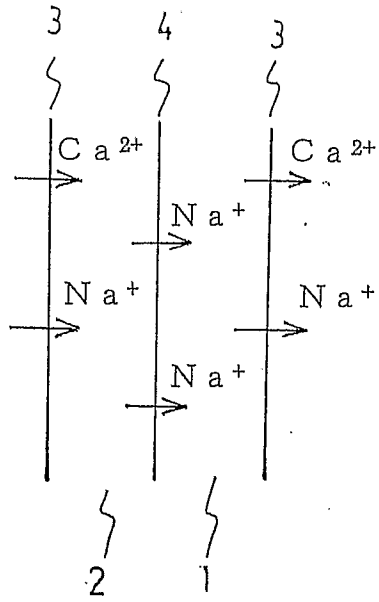
第９図


30b
p
8
84
n
軟水
11
o
86
85
7m
被処理水
※
12
72
71
14
4
3
4
3
4
3
5
6
19
15
16
19
1
2
1
2
1
13
※
83
82
81
8b
74
73
8c
17
8a

第１０図


30b
9
8
p
n
再生剤
11
o
86
85
7
m
72
71
84
※
12
4
3
4
3
4
3
排水
14
6
5
19
19
15
16
1
2
1
2
1
13
※
83
74
82
81
17
8b
73
8c
8a

第１１図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/059425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C02F1/469(2006.01)i, *B01D61/44*(2006.01)i, *B01D61/48*(2006.01)i, *B01D61/58*(2006.01)i, *C02F1/44*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C02F1/469, B01D61/44, B01D61/48, B01D61/58, C02F1/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-314866 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 13 November, 2001 (13.11.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-24
A	JP 2002-143854 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 May, 2002 (21.05.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-24
A	JP 2002-322564 A (Enthone Inc.), 08 November, 2002 (08.11.02), Full text; all drawings & EP 1239057 A1 & US 2002/130037 A1	1-24

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" 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
"X" 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
"Y" 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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
04 June, 2007 (04.06.07)	12 June, 2007 (12.06.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/059425

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 55-81783 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 20 June, 1980 (20.06.80), Full text; all drawings (Family: none)	1-24
A	JP 6-198141 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 19 July, 1994 (19.07.94), Full text & EP 604968 A2 & US 5376250 A	1-24
A	JP 7-213869 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 15 August, 1995 (15.08.95), Full text (Family: none)	1-24
A	JP 6-254356 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 13 September, 1994 (13.09.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-24

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０５９４２５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C02F1/469(2006.01)i, B01D61/44(2006.01)i, B01D61/48(2006.01)i, B01D61/58(2006.01)i, C02F1/44(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C02F1/469, B01D61/44, B01D61/48, B01D61/58, C02F1/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	JP 2001-314866 A (旭硝子株式会社) 2001.11.13, 全文、全図　(ファミリーなし)	1-24
A	JP 2002-143854 A (松下電器産業株式会社) 2002.05.21, 全文、全図　(ファミリーなし)	1-24
A	JP 2002-322564 A (エンソーン　インコーポレイテッド) 2002.11.08, 全文、全図 ＆　EP 1239057 A1　＆　US 2002/130037 A1	1-24

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０４．０６．２００７	国際調査報告の発送日 １２．０６．２００７
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｄ　８６１６ 富永　正史 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	JP 55-81783 A (三菱重工業株式会社) 1980.06.20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-24
A	JP 6-198141 A (旭硝子株式会社) 1994.07.19, 全文 & EP 604968 A2 & US 5376250 A	1-24
A	JP 7-213869 A (旭硝子株式会社) 1995.08.15, 全文 (ファミリーなし)	1-24
A	JP 6-254356 A (旭硝子株式会社) 1994.09.13, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-24