

明 細 書

発明の名称：排水の処理方法及び排水の処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、排水の処理方法及び排水の処理装置に関する。

本願は、2019年9月5日に日本に出願された特願2019-162106に基づく優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 排水処理のプロセスでは、排水を処理するために、各種の薬剤の添加が必須となっている。例えば、軟水処理に用いる晶析装置は、晶析の反応に薬剤（例えば、アルカリ性水溶液等）を使用する必要がある。

また、装置によっては、定期的に、その装置を化学的、物理的に洗浄する必要がある、その際にも各種の薬剤を使用する必要がある。例えば、キレート樹脂やイオン交換樹脂を用いた処理では、キレート樹脂やイオン交換樹脂を定期的に薬剤で洗浄して、性能を回復させる必要がある。

[0003] 一方で、上記排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤は、外部から搬送して、貯蔵する必要があるため、経済的な負担が大きかった。

[0004] これに対して、例えば特許文献1では、塩類及び有機物を含有する有機性廃水に対して、第1軟化処理、懸濁固体除去処理（SS（Suspended Substance）除去処理とも称する）、塩類除去処理を行っている。そして、特許文献1では、得られた塩類濃縮水に対して、再び軟化処理を行い、得られた第2軟化処理水を電気分解して次亜塩素酸ナトリウム溶液を生成する処理を行っている。つまり、特許文献1では、有機性廃水の処理方法が開示されている。

[0005] また、特許文献2では、被処理排水を前置電気透析槽の希釈液室に供給する処理を行っている。また、特許文献2では、前置電気透析槽内でイオン交換膜を透過したイオンが中和して生成した塩を含む濃縮液を、陽イオン交換膜と陰イオン交換膜を隔膜とする陽極室、中央室、陰極室の3室を単位とし

て構成される電解透析槽に供給して塩を構成する酸と塩基に分解して回収する処理を行っている。つまり、特許文献2では、一価イオンの中性塩を含む排水の処理方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2014-14738号公報

特許文献2：特開平08-001168号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、排水処理方法において、排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤をオンサイトで製造および利用することができれば、その薬剤を外部から搬送して、貯蔵する必要がなくなり、経済的な負担を大幅に低減することができる。

[0008] 本発明のいくつかの態様は、上記事情に鑑みてなされたものであって、排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤をオンサイトで製造および利用することができ、経済的な負担を大幅に低減することのできる排水の処理方法及び排水の処理装置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] 上記の課題を解決するために、本発明のいくつかの態様は以下の構成を採用した。

(1) すなわち、本発明の第1の態様は、排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、軟水処理工程と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る電気分解工程とを有し、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記軟水処理工程で用いる、排水の処理方法である。

[0010] (2) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記酸性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記電気分解工程で用いてもよい。

- [0011] (3) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、さらに、前記軟水処理工程後、前記電気分解工程前に、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析工程を有していてもよい。
- [0012] (4) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、さらに、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する逆浸透膜処理工程を有していてもよい。
- [0013] (5) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、さらに、前記逆浸透膜処理工程の前に、前記炭酸カルシウムが除去された排水に、前記酸性水溶液を混合する工程を有していてもよい。
- [0014] (6) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、さらに、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する次亜塩素酸ナトリウム製造工程を有していてもよい。
- [0015] (7) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記電気分解工程を水素酸化反応によって行ってもよい。
- [0016] (8) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記排水は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含んでいてもよい。
- [0017] (9) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記排水の前記塩化物イオンの濃度は、 0.01 mg/L 以上であってもよい。
- [0018] (10) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記排水の前記アルカリ金属イオンの濃度は、 0.01 mg/L 以上であってもよい。
- [0019] (11) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記排水のpHが、10以上となるように調整するpH調整工程を、さらに有していてもよい。
- [0020] (12) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記軟水処理工程では、前記排水に含まれる全カルシウムの濃度が、 500 mg/L 以下となるように処理されてもよい。

- [0021] (13) 本発明の第1の態様に係る排水の処理方法において、前記電気分解工程で得られた前記酸性水溶液を、前記電気分解工程を行う電気分解装置の洗浄に用いてもよい。
- [0022] (14) 本発明の第2の態様は、排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する晶析装置と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを製造する電気分解装置と、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を前記晶析装置に循環させる第1の循環部と、を備える。
- [0023] (15) 本発明の第2の態様に係る排水の処理装置において、さらに、前記酸性水溶液の少なくとも一部を前記電気分解装置に循環させる第2の循環部と、を備えていてもよい。
- [0024] (16) 本発明の第2の態様に係る排水の処理装置において、前記晶析装置と、前記電気分解装置との間に前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析装置を備えていてもよい。
- [0025] (17) 本発明の第2の態様に係る排水の処理装置において、さらに、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する逆浸透膜処理装置を備えていてもよい。
- [0026] (18) 本発明の第2の態様に係る排水の処理装置において、さらに、前記炭酸カルシウムが除去された排水に、前記酸性水溶液を混合する混合部を備えていてもよい。
- [0027] (19) 本発明の第2の態様に係る排水の処理装置において、さらに、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する次亜塩素酸ナトリウム製造装置を備えていてもよい。
- [0028] (20) 本発明の第2の態様に係る排水の処理装置において、前記電気分解装置は、アノードが水素ガス拡散電極であってもよい。

発明の効果

[0029] 本発明の一態様による排水の処理方法及び排水の処理装置によれば、排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤をオンサイトで製造および利用することができ、経済的な負担を大幅に低減することができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]第1の実施形態の排水の処理方法の模式図である。
[図2]pHと炭酸イオンの形態との関係を示す図である。
[図3]第2の実施形態の排水の処理方法の模式図である。
[図4]第3の実施形態の排水の処理方法の模式図である。
[図5]第4の実施形態の排水の処理方法の模式図である。
[図6]第1の実施形態の排水の処理装置100の模式図である。
[図7]電気分解装置の一例である2室電気分解装置121の模式図である。
[図8]電気分解装置の一例である3室電気分解装置125の模式図である。
[図9]第2の実施形態の排水の処理装置200の模式図である。
[図10]電気透析装置の一例である電気透析装置231の模式図である。
[図11]第3の実施形態の排水の処理装置300の模式図である。
[図12]次亜塩素酸ナトリウム製造装置の一例である次亜塩素酸ナトリウム製造装置351の模式図である。
[図13]第4の実施形態の排水の処理装置400の模式図である。

発明を実施するための形態

[0031] 近年、人口増加、生活水準の向上に伴い、上水使用量が増加して、水資源が不足している。また、河川や排水の水質劣化が進行して、その対策が世界各地で急務となっている。

例えば、水資源の持続的な使用を目的として、再生水を利用するための事業が検討されている。

[0032] 排水処理は、一般的に、1次処理、2次処理、3次処理に分かれる。

1次処理では、大きなごみ（SS：浮遊物質）を除去する。SSは、具体的には、ふん尿が混合した汚水中の固形物である。

2次処理では、1次処理で取り除けなかった汚水中の有機物を微生物の働きによって除去する。具体的には、2次処理では、簡易ばっ気処理、活性汚泥処理、メタン発酵処理等を行う。

3次処理（高度処理又は後処理とも称する）では、窒素、リン、難分解性物質等を化学的、物理的、生物学的方法で除去する。

化学的処理としては、凝集剤などを用いた汚濁物質分離、オゾンなどの酸化剤により汚濁物質分解等が挙げられる。

物理的処理としては、活性炭吸着や膜処理による分離がある。

その膜処理による分離に用いられる膜としては、逆浸透膜（つまり、RO膜；Reverse osmosis membrane）、限外ろ過膜（つまり、UF膜；Ultrafiltration membrane）、精密ろ過膜（つまり、MF膜；Microfiltration membrane）等が利用されている。その中でも、逆浸透膜を用いた膜処理は、イオンや塩類など水以外の不純物を直接的に除去することができるという観点から、注目されている。

[0033] 上記排水処理のプロセスでは、排水を処理するために、各種の薬剤の添加が必須となっている。例えば、晶析装置は、晶析の反応に薬剤（例えば、アルカリ性水溶液等）を使用する必要がある。

また、装置によっては、定期的に、その装置を化学的、物理的に洗浄する必要がある、その際にも各種の薬剤を使用する必要がある。例えば、キレート樹脂やイオン交換樹脂を用いた処理では、キレート樹脂やイオン交換樹脂を定期的に薬剤で洗浄して、性能を回復させる必要がある。

[0034] 一方で、上記排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤は、外部から搬送して、貯蔵する必要があるため、経済的な負担が大きかった。

[0035] 上述した特許文献1及び特許文献2に記載されている従来の処理方法では、薬剤を外部から搬送するという問題は解決できるものの、生成した薬剤を貯蔵しなければならないという問題は解決されていない。加えて、特許文献2に記載の処理方法では、カルシウムの分離特性が十分ではないという問題

もある。そのため、従来の処理方法では、排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤をオンサイトで製造および利用することはできなかった。

[0036] 第1の実施形態の排水の処理方法は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水（以下、単に排水ともいう）から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、軟水処理工程と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る、電気分解工程とを有し、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記軟水処理工程で用いる。これにより、排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤をオンサイトで現地生成および現地消費という完結型（つまり、Zero Chemical Charge（ZCC）：薬品無投入化）様式を達成することができ、経済的な負担を大幅に低減することができる。

[0037] <第1の実施形態の排水の処理方法>

第1の実施形態の排水の処理方法は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水を処理する排水の処理方法であって、前記排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、軟水処理工程1と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る電気分解工程2とを有し、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記軟水処理工程1で用いる、排水の処理方法である。

第1の実施形態の排水の処理方法の模式図は、図1に示す通りである。

[0038] ・排水

第1の実施形態の排水の処理方法における排水（被処理水とも称する）としては、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含み、再利用や河川などへの放流ができない有機性廃水が挙げられる。具体的には、排水としては、海水、し尿、ゴミの埋め立て地の浸出水等の塩類濃度が高い有機性廃水等が挙げられる。これらは一般的に、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、ナトリウムイオン、シリカ（例え

ば、イオン状シリカ、コロイド状シリカ）、塩化物イオン、炭酸イオン等の不純物（以下、各種イオン成分ともいう）を含んでいる。

[0039] 第1の実施形態の効果をより一層享受できる観点から、排水の塩化物イオン濃度の下限値は0.01mg/L以上であることが好ましい。一方で、排水の塩化物イオン濃度の上限値は、特に限定されず、例えば、500mg/L以下である。

また、排水のアルカリ金属イオン濃度の下限値は0.01mg/L以上であることが好ましい。一方で、排水のアルカリ金属イオン濃度の上限値は、特に限定されず、例えば、500mg/L以下である。

[0040] なお、本明細書において、陽イオンの濃度は、誘導結合プラズマ（ICP：Inductively Coupled Plasma）発光分光分析法において測定した値を意味する。具体的には、アルゴンガスのICPを光源とする発光分光分析装置（ICP-AES；SPS5520、セイコーインスツル社製）を用いて測定した値である。

一方、陰イオンの濃度は、イオンクロマトグラフ分析装置（ICA-2000；東亜ディーケーケー社製）を用いて測定した値を意味する。

[0041] なお、図2に示す通り炭酸イオン（炭酸物質とも称する）の分子式及びイオン式はpHにより変化する。本明細書において、炭酸イオン（炭酸物質とも称する）は、 H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} の全てを包含する。すなわち、本明細書における炭酸イオンとは、排水が酸性（例えば、pHが6未満程度）の場合は、 H_2CO_3 を意味し、排水が中性（例えば、pHが6～10程度）の場合は、 HCO_3^- を意味し、排水がアルカリ性（例えば、pHが10超程度）の場合は、 CO_3^{2-} を意味する。

[0042] [軟水処理工程]

軟水処理工程1は、排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する工程である。

カルシウムイオンに炭酸イオンを作用させて、溶解度の低い炭酸カルシウムとして析出させることで、上記排水からカルシウムイオンを除去すること

ができる。

[0043] 排水から炭酸カルシウムを結晶化させる方法としては、例えば、ライムソーダ法が挙げられる。

ライムソーダ法とは、排水がアルカリ領域となるようにpHを調整した後、その排水に炭酸ナトリウムを添加することで、その排水に含まれるカルシウムイオンを炭酸カルシウムとして沈殿除去する方法である。

[0044] 上記方法において、炭酸カルシウムをより除去しやすくする観点から、排水のpHは10以上に調整することが好ましく、10.3以上に調整することがより好ましい。

図1に示す通り、第1の実施形態における排水の処理方法では、その排水のpHの調整は、後述する電気分解工程2により得られるアルカリ性水溶液を用いて、行うことができる。

[0045] なお、本明細書において、各種水溶液のpHは、各種水溶液の25℃におけるpHをpHメーター（D74、堀場製作所社製）で測定した値を意味する。

[0046] 軟水処理工程1において、排水中のT-Ca濃度が、500mg/L以下になるように処理することが好ましく、200mg/L以下になるように処理することがより好ましい。

ここで「T-Ca濃度」は、排水中の全カルシウム濃度であって、カルシウムは、イオンだけでなく、溶解して未解離のカルシウム塩も含む。

[0047] 排水中のT-Ca濃度を上記の好ましい範囲以下とすることにより、後述する電気分解工程2において、硬度成分が、電気分解装置内で析出し、目詰まり等を起こすことをより抑制することができる。

[0048] 第1の実施形態の排水の処理方法は、軟水処理工程1を有することにより、排水に含まれるカルシウムイオンを低減することができる。

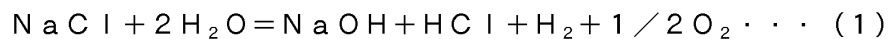
[0049] [電気分解工程]

電気分解工程2は、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る工程である。

具体的には、電気分解工程 2 では、電子伝導性を有する 1 対の電極（つまり、陽極；アノード、陰極；カソード）と、イオン伝導性を有する電解質に、電圧をかけることでアノードでは酸化反応、カソードでは還元反応を起こして、酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る。

[0050] 電気分解工程 2 は、例えば、後述する 2 室電気分解装置（図 7 参照）又は 3 室電気分解装置（図 8 参照）を用いて行うことができる。

[0051] 電気分解工程 2 において、例えば、ナトリウムイオン及び塩化物イオンを含む排水を電気分解すると、下記式（1）に示す反応が進行して、水酸化ナトリウム水溶液（つまり、アルカリ性水溶液）及び塩酸（つまり、酸性水溶液）が得られる。

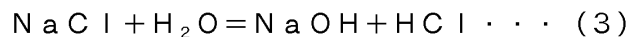
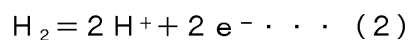


[0052] 例えば、後述する 2 室電気分解装置（図 7 参照）では、酸性水溶液としては、塩酸と塩水との混合物が得られ、アルカリ性水溶液としては、水酸化ナトリウムと塩水との混合物が得られる。

一方、後述する 3 室電気分解装置（図 8 参照）では、カソード室では水酸化ナトリウム水溶液が得られ、アノード室では塩酸が得られる。

この反応で得られる水酸化ナトリウムは、上述した軟水処理工程 1 で用いられる。

[0053] また、アノードが水素ガス拡散電極である電気分解装置を用いた場合は、アノードでは下記式（2）に示す水素酸化反応が起こる。また、全反応は下記式（3）に示す通りである。



[0054] 原料水素ガスはカソードで発生する高純度の電解水素ガスを用いる。塩素発生電位より低い電位に保持することで塩素発生を抑制することができる。

[0055] 電気分解工程 2 において、上述した水素酸化反応によって、酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを製造することにより、塩素の発生をより抑制することができる。

[0056] 上記反応で得られる酸性水溶液は、電気分解工程 2 で用いる電気分解装置の装置内の洗浄に用いてもよい。電気分解装置の長時間の連続稼働によって、硬度成分が電気分解装置の装置内の隔膜やカソードに析出して、電気分解装置の性能低下を招く。そのため、間欠的に電気分解装置を停止して、電気分解工程 2 で得られた酸性水溶液で洗浄することが好ましい。洗浄を行う頻度は、水質や運転条件にもよるが、数時間から数十時間ごとに、数十分から数時間実施することが好ましい。

なお、上記洗浄は、電気分解工程 2 で酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを継続的に得るために、必要な工程である。そのため、上記洗浄は、電気分解工程 2 で用いる電気分解装置の停止時に行う工程であっても、電気分解工程 2 に含まれる。すなわち、本明細書において、その酸性水溶液を、電気分解工程 2 で用いる電気分解装置の装置内の洗浄に用いる場合も、その酸性水溶液を、電気分解工程 2 で用いると表現する。

[0057] さらに、上記反応で得られる酸性水溶液は、軟水処理工程 1 において、アルカリ性に調整された上記排水を、中性にするためにも用いてもよい。

なお、軟水処理工程 1 において、アルカリ性に調整された上記排水を、中性にする工程も、後の電気分解工程 2 で用いる排水の pH を調整する工程であるため、電気分解工程 2 に含まれる。すなわち、本明細書において、その酸性水溶液を、電気分解工程 2 で用いる電気分解装置に供給される排水の pH を調整するために用いる場合も、その酸性水溶液を、電気分解工程 2 で用いると表現する。

[0058] 図 1 に示す第 1 の実施形態の排水の処理方法の模式図では、電気分解工程 2 で得られる酸性水溶液を、上記電気分解装置の洗浄及び炭酸カルシウムが除去された排水の pH 調整のために利用するフローを示している。しかし、その酸性水溶液を利用する工程は任意工程であり、この工程を、第 1 の実施形態の排水の処理方法が有していなくてもよい。

[0059] [その他の任意工程]

第 1 の実施形態の排水の処理方法は、その他の任意工程を有してもよい。

任意工程としては、上記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析工程；上記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する逆浸透膜処理工程；上記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する次亜塩素酸ナトリウム製造工程が挙げられる。

また、逆浸透膜処理工程を行う場合、前記逆浸透膜処理工程の前に、前記炭酸カルシウムが除去された排水に電気分解工程 2 で得られる酸性水溶液を混合する工程を有していてもよい。

なお、上記逆浸透膜処理工程は、上記軟水処理工程 1 の前に行ってもよく、上記軟水処理工程 1 の後に行ってもよく、上記軟水処理工程 1 の前後両方で行ってもよい。

各任意工程の詳細は後述する。

[0060] 以上説明した第 1 の実施形態の排水の処理方法は、上述した軟水処理工程 1 と、電気分解工程 2 とを有し、電気分解工程 2 で得られるアルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて軟水処理工程 1 で用いる。軟水処理工程 1 において、排水から炭酸カルシウムを効率的に結晶化させるために必要なアルカリ性水溶液を、オンサイトで電気分解工程 2 において製造し、軟水処理工程 1 で利用することができる。そのため、薬剤を外部から搬送して、貯蔵する必要がなくなり、経済的な負担を大幅に低減することができる。

[0061] <第 2 の実施形態の排水の処理方法>

第 2 の実施形態の排水の処理方法は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水を処理する排水の処理方法であって、前記排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、軟水処理工程 1 と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析工程 3 と、前記電気透析濃縮水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る電気分解工程 2 と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を

、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する逆浸透膜処理工程 4 とを有する。そして、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記軟水処理工程 1 で用いる。また、前記酸性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記電気分解工程 2 で用いる。

第 2 の実施形態の排水の処理方法の模式図は、図 3 に示す通りである。

[0062] [軟水処理工程]

軟水処理工程 1 は、上述した第 1 の実施形態の排水の処理方法と同様である。

[0063] [電気透析工程]

電気透析工程 3 は、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する工程である。

具体的には、多数の電気透析膜を配列し、交互に形成した濃縮室と希釈室とを備える電気透析装置に前記炭酸カルシウムが除去された排水を供給して、通電する。これにより濃縮室には各種イオン成分が高濃度に含まれる電気透析濃縮水を得ることができ、希釈室には各種イオン成分が低濃度に含まれる電気透析希釈水を得ることができる。

[0064] なお、電気透析濃縮水を得るために、電気透析工程 3 で用いる電気透析装置における濃縮室には、排水の代わりに又は排水に加えて多価イオンの少ない透析用水（例えば、水道水等）を供給してもよい。

多価イオンの少ない透析用水を電気透析工程 3 で用いる電気透析装置における濃縮室に供給することにより、後述の電気分解装置の酸性水溶液及びアルカリ性水溶液の製造効率を向上させることができる。

[0065] 第 2 の実施形態の排水の処理方法に用いられる電気透析装置は、例えば、正電荷を膜内に固定する 1 価陰イオン選択透過性イオン交換膜と、負電荷を膜内に固定する 1 価陽イオン選択透過性イオン交換膜とをそれぞれ交互に備える。そのため、濃縮室には、アルカリ金属イオン等（例えば、1 価のカチオン）と塩化物イオン等（例えば、1 価のアニオン）を高濃度に含有する電気透析濃縮水を得ることができ、希釈室には、アルカリ金属イオン等（例え

ば、1価のカチオン）と塩化物イオン等（例えば、1価のアニオン）を低濃度に含有する電気透析希釈水を得ることができる。なお、排水に一般的に含まれる多価イオン（例えば、マグネシウムイオン、硫酸イオン等）は、上記1価陽イオン選択透過性イオン交換膜及び1価陰イオン選択透過性イオン交換膜を通過することができない。そのため、電気透析濃縮水においては、その多価イオンを除去することができる。

[0066] 第2の実施形態における電気透析工程3の前に、電気透析装置に供給される排水、すなわち、軟水処理工程1によって炭酸カルシウムが除去された排水のpHを調整する工程を有してもよい。pHを調整する際に後述する電気分解工程2で得られる酸性水溶液を混合することにより、その排水のpHを調整することが好ましい。その排水のpHとしては、10以下に調整することが好ましく、3～9に調整することがより好ましい。

これにより、電気透析工程3に用いられる電気透析装置が有する1価陰イオン選択透過性イオン交換膜及び1価陽イオン選択透過性イオン交換膜の劣化をより防止することができる。

[0067] 第2の実施形態の排水の処理方法は、電気透析工程3を有することにより、排水（つまり、炭酸カルシウムが除去された排水）中の1価のカチオン（つまり、アルカリ金属イオン）の濃度を高くすることができる。そのため、後述する電気分解工程2において、アルカリ性水溶液をより効率よく生成できる。また、電気分解工程2で用いる電気分解装置に付着しやすい多価イオンを予め除去することができる。

[0068] [電気分解工程]

電気分解工程2は、前記電気透析濃縮水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る工程である。具体的な方法は、上述した第1の実施形態の排水の処理方法を同様であるが、第2の実施形態では、電気分解工程2の前に電気透析工程3を有するため、排水中のアルカリ金属イオン（つまり、1価のカチオン）の濃度を高めることができ、より効率的にアルカリ性水溶液を得ることができる。

[0069] なお、上述した電気透析工程3によって得られる電気透析濃縮水を、電気分解装置に供給する際、電気分解装置のカソード室（つまり、電気分解によりアルカリ性水溶液を合成する室）及び電気分解装置のアノード室（つまり、電気分解により酸性水溶液を合成する室）への供給量は、電気分解装置のアノード室への供給量を多くすることが好ましい。

具体的に、その電気透析濃縮水の電気分解装置のカソード室及びアノード室の供給量の比率（つまり、カソード室供給量：アノード室供給量）は、 $1 : 1.2 \sim 1 : 3$ であることが好ましく、 $1 : 1.5 \sim 1 : 2.5$ であることがより好ましい。

[0070] 電気透析濃縮水の供給量を、電気分解装置のカソード室より、電気分解装置のアノード室の方を多くすることにより、電気分解工程2で生成する水素イオンのナトリウムイオンに対する比率（つまり、 H^+ / Na^+ ）を小さくすることができる。これにより、電気分解装置のアノード室のpH低下による水素イオンのカソード室への移動（つまり、濃度分極、電気泳動に起因する移動）を抑制することができる。

[0071] [逆浸透膜処理工程]

逆浸透膜処理工程4は、炭酸カルシウムが除去された排水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する工程である。

ここで、逆浸透膜（つまり、RO膜；Reverse Osmosis Membrane）は、水を通しイオンや塩類など水以外の不純物は透過しない性質を持つ膜である。

[0072] 逆浸透膜処理工程4では、増圧された供給水を、逆浸透膜で濃縮して、イオンや塩類など水以外の不純物が除去された逆浸透膜処理水と、イオンや塩類など水以外の不純物が濃縮された逆浸透膜濃縮水とに分離される。なお、一般的に、その逆浸透膜濃縮水は廃棄される。

[0073] 一般的に、再生水プロセスにおける逆浸透膜処理は供給水の75～85%が逆浸透膜処理水として回収され、15～25%が逆浸透膜濃縮水として排出される。供給水中の塩類等の全蒸発残留物（つまり、TDS：Total

Dissolved Solids) は逆浸透膜濃縮水側より排水される。

ここで、全蒸発残留物（つまり、TDS）は、水中に浮遊又は溶解して含まれる物質であり、その水を蒸発させた際に残留する物質の総量である。

[0074] 第2の実施形態の逆浸透膜処理工程4は、供給水の水質に応じて、動作圧力の異なる逆浸透膜を用いることができる。

例えば、供給水中の全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量が、10000mg/L超である場合は、高圧逆浸透膜が用いられる。供給水中の全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量が、10000mg/L超100000mg/L以下である場合は、中圧逆浸透膜が用いられる。供給水中の全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量が、10000mg/L以下である場合は、低圧逆浸透膜が用いられる。

第2の実施形態の逆浸透膜処理工程において、5.5MPa（つまり、800psi）の耐圧仕様の高圧逆浸透膜を併用することでより高く浸透膜処理水を回収することができる。

[0075] 第2の実施形態の排水の処理方法は、逆浸透膜処理工程4を有することにより、排水に含まれるイオンや塩類など水以外の不純物を除去することができ、全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量がより低減された処理水（つまり、逆浸透膜処理水）を得ることができる。

[0076] 第2の実施形態の逆浸透膜処理工程4において、上述した電気分解工程2によって得られる酸性水溶液を用いて、逆浸透膜を洗浄してもよい。

[0077] また、第2の実施形態の逆浸透膜処理工程4の前に、第2の実施形態の逆浸透膜処理工程4で用いる排水（つまり、炭酸カルシウムが除去された排水及び／又は電気透析希釈水）と、上述した電気分解工程2によって得られる酸性水溶液とを混合する工程を含んでいてもよい。

例えば、軟水処理工程1の処理水に炭酸カルシウムが残留し、かつ、シリカ（例えば、イオン状シリカ、コロイド状シリカ）を含有する場合は、同処理水と、その酸性水溶液を混合して、排水のpHを調整する。これにより、

その排水中に含まれる炭酸カルシウムの析出を防ぎ、 SiO_2 のイオン化を維持させて SiO_2 の沈殿によるスケール形成を阻止することができる。

[0078] 具体的には、軟水処理工程1からの処理水中のpHが9.5以上で SiO_2 濃度が80mg/L以上の場合、pHが9.5程度になるように上記酸性水溶液を添加することが好ましく、上記排水のpHが8.5～9.5の範囲となるように上記酸性水溶液を添加することがより好ましい。

[0079] すなわち、第2の実施形態の排水の処理方法において、軟水処理工程1では、電気分解工程2により得られるアルカリ性水溶液を用いて、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水のpHを、好ましくは10以上、より好ましくは10.3以上に調整することが好ましい。

一方で、その後の逆浸透膜処理工程4では、電気分解工程2により得られる酸性水溶液を用いて、前記炭酸カルシウムが除去された排水のpHを、好ましくは9.5程度、より好ましくは、8.5～9.5に調整することが好ましい。

[0080] なお、図3に示す第2の実施形態の排水の処理方法の模式図では、電気分解工程2で得られる酸性水溶液を電気透析工程3の前に電気透析装置に供給される排水に添加している。また、上記逆浸透膜処理工程4の前に、逆浸透膜処理装置に供給される排水に添加している。しかし、これらは任意工程であり、第2の実施形態の排水の処理方法は、これらの工程を有していなくてもよい。

[0081] 以上説明した第2の実施形態の排水の処理方法は、上述した軟水処理工程1と、電気透析工程3と、電気分解工程2と、逆浸透膜処理工程4とを有し、アルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて軟水処理工程1で用い、酸性水溶液の少なくとも一部を循環させて電気分解工程2で用いる、排水の処理方法である。

第2の実施形態の排水の処理方法は、第1の実施形態の排水の処理方法にさらに電気透析工程3及び逆浸透膜処理工程4を有する。第2の実施形態の

排水の処理方法は、電気透析工程 3 を有するため、排水中のアルカリ金属イオンの濃度を高めることができ、後の電気分解工程 2 において、より効率的にアルカリ性水溶液を得ることができる。

また、第 2 の実施形態の排水の処理方法は、逆浸透膜処理工程 4 を有する。そのため、排水に含まれるイオンや塩類など水以外の不純物を除去することができ、全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量がより低減された処理水（つまり、逆浸透膜処理水）を得ることができる。

さらに、第 2 の実施形態の排水の処理方法が、逆浸透膜処理工程 4 の前に、第 2 の実施形態の逆浸透膜処理工程 4 で用いる排水（つまり、炭酸カルシウムが除去された排水及び／又は電気透析希釈水）と上述した電気分解工程 2 によって得られる酸性水溶液とを混合する工程を有する場合は、 SiO_2 の除去性をより向上させることができる。

[0082] <第 3 の実施形態の排水の処理方法>

第 3 の実施形態の排水の処理方法は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水を処理する排水の処理方法であって、前記排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、軟水処理工程 1 と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析工程 3 と、前記電気透析濃縮水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る電気分解工程 2 と、前記電気透析濃縮水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する次亜塩素酸ナトリウム製造工程と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する逆浸透膜処理工程 4 とを有する。そして、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記軟水処理工程 1 で用い、前記酸性水溶液の少なくとも一部を循環させて前記電気分解工程 2 で用いる。

第 3 の実施形態の排水の処理方法の模式図は、図 4 に示す通りである。

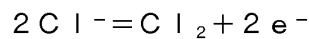
[0083] 第 3 の実施形態の排水の処理方法は、上述した第 2 の実施形態の排水の処

理方法において、さらに次亜塩素酸ナトリウム製造工程を有する。

[0084] [次亜塩素酸ナトリウム製造工程]

次亜塩素酸ナトリウム製造工程は、電気透析濃縮水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する工程である。

次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造するための電気分解装置を用いて、その電気分解装置のアノード触媒を適宜選択することにより、下記式（４）のような反応が起こり、排水中に含まれる塩化物イオンから次亜塩素酸ナトリウムを製造することができる。



[0085] その次亜塩素酸ナトリウムは、処理水（つまり、逆浸透膜処理水）の消毒剤として利用することができる。

そのため、第３の実施形態の排水の処理方法では、上述した第１及び第２の実施形態の排水の処理方法の効果に加えて、処理水（つまり、逆浸透膜処理水）の消毒剤として用いる次亜塩素酸ナトリウム水溶液を、オンサイトで次亜塩素酸ナトリウム製造工程において製造し、処理水（つまり、逆浸透膜処理水）に添加することで、その次亜塩素酸ナトリウム水溶液を消毒剤として利用することができる。次亜塩素酸成分はアルカリ域では次亜塩素酸イオンとして、酸性域では次亜塩素酸として安定に存在し、電気分解する溶液のpHを変えることでいずれも製造することができる。殺菌力は後者においてより高まることが知られている。本明細書における次亜塩素酸ナトリウムは、それらを総称している。

[0086] <第４の実施形態の排水の処理方法>

第４の実施形態の排水の処理方法は、上述した第２の実施形態の排水の処理方法の前に、さらに、逆浸透膜処理工程を有する。

なお、便宜上、上述したような軟水処理工程の後に行う逆浸透膜処理工程を第２の逆浸透膜処理工程とし、軟水処理工程の前に行う逆浸透膜処理工程を第１の逆浸透膜処理工程とする。

すなわち、第４の実施形態の排水の処理方法は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水を処理する排水の処理方法であって、前記排水を第１の逆浸透膜を用いて、第１の逆浸透膜処理水と第１の逆浸透膜濃縮水とに分離する第１の逆浸透膜処理工程６と、前記第１の逆浸透膜濃縮水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、軟水処理工程１と、前記炭酸カルシウムが除去された第１の逆浸透膜濃縮水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析工程３と、前記電気透析濃縮水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る電気分解工程２と、前記炭酸カルシウムが除去された第１の逆浸透膜濃縮水の一部を第２の逆浸透膜を用いて、第２の逆浸透膜処理水と第２の逆浸透膜濃縮水とに分離する第２の逆浸透膜処理工程４とを有する。そして、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を循環させて軟水処理工程１で用い、前記酸性水溶液の少なくとも一部を循環させて電気分解工程２で用いる。

[0087] 第１の逆浸透膜処理工程６と、第２の逆浸透膜処理工程４とは、同じ工程であっても、異なる工程であってもよい。すなわち、同様の装置を用いて、逆浸透膜処理工程を繰り返し行ってもよく、例えば、逆浸透膜の種類を変えて、異なる逆浸透膜処理工程を行ってもよい。第１の逆浸透膜処理工程６と第２の逆浸透膜処理工程４とが異なる場合とは、例えば、第２の逆浸透膜処理工程４では、耐圧性のより高い逆浸透膜を用いて行う場合が挙げられる。

[0088] 第４の実施形態の排水の処理方法においては、電気透析工程３において、第１の逆浸透膜濃縮水を電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離するために、第１の逆浸透膜濃縮水以外に透析用水が用いられている。透析用水を用いることは必須ではないが、多価イオンの少ない透析用水を電気透析工程３で用いる電気透析装置における濃縮室に供給することにより、後述の電気分解工程における酸性水溶液及びアルカリ性水溶液の製造効率を向上させることができる。

[0089] なお、第４の実施形態の排水の処理方法においても、上述した電気透析濃

縮水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する次亜塩素酸ナトリウム製造工程を有していてもよい。

[0090] 第4の実施形態の排水の処理方法は、第1の逆浸透膜処理工程6及び第2の逆浸透膜処理工程4を有する。そのため、第2の実施形態の排水の処理方法の効果に加えて、排水に含まれるイオンや塩類など水以外の不純物をより除去することができ、全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量がさらに低減された処理水（つまり、逆浸透膜処理水）を得ることができる。また、逆浸透膜処理水の回収率をさらに向上させることができる。

[0091] <第1の実施形態の排水の処理装置>

第1の実施形態の排水の処理装置は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水を処理する排水の処理装置であって、前記排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、晶析装置と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを製造する電気分解装置と、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を前記晶析装置に循環させる第1の循環部とを備える。

[0092] 第1の実施形態の排水の処理装置における、第1の循環部としては後述するアルカリ性水循環管14が挙げられる。

第1の実施形態の排水の処理装置について、図6を用いて詳細に説明する。

[0093] 図6に示す、第1の実施形態の排水の処理装置100は、以下の構成を有する。

排水を供給する排水流入管10が晶析装置110に接続されている。晶析装置110の出口側には、晶析処理水排出管11、晶析処理水カソード室供給管12、及び晶析処理水アノード室供給管13が接続されている。晶析装置110は、晶析処理水カソード室供給管12及び晶析処理水アノード室供給管13を介して電気分解装置120に接続されている。電気分解装置120の出口側には、アルカリ性水循環管14、洗浄用酸性水循環管15及びp

H調整用酸性水循環管16が接続されている。アルカリ性水循環管14は排水流入管10に接続されている。電気分解装置120は、アルカリ性水循環管14及び排水流入管10を介して晶析装置110に接続されている。pH調整用酸性水循環管16は、晶析処理水排出管11に接続されている。

[0094] 晶析装置110は、排水流入管10から流入する少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する。晶析装置110としては、炭酸カルシウムを沈殿除去することのできる公知の装置を用いることができる。

[0095] 電気分解装置120は、炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを製造する。

電気分解装置120として、具体的には、図7に示す2室電気分解装置121、図8に示す3室電気分解装置125等が挙げられる。

[0096] 図7に示す2室電気分解装置121はアノード122及びカソード123を有し、隔膜124によってアノード室とカソード室に分けられている。

[0097] アノード122としては、酸化に安定な導電性金属基体上に触媒を焼成して、触媒層が形成された電極等が挙げられる。

その導電性金属としては、チタン等が挙げられる。

その触媒としては、白金、イリジウム、ルテニウム、ロジウム等の貴金属；チタン、タンタル等の弁金属（つまり、バルブメタル）；その弁金属（つまり、バルブメタル）の酸化物などが挙げられる。

[0098] アノード122において、その導電性金属基体の厚さは0.05～5mmが好ましい。

また、その触媒層の厚さは0.1～100μmが好ましい。

[0099] アノード122の空隙率は10～95%が好ましい。

触媒の密着力を高めるために、その導電性金属には粗面化処理が行われていることが好ましい。その粗面化処理としては、粉末を吹き付けるブラスト処理、可溶性の酸を用いたエッチング、プラズマ溶射等が挙げられる。

[0100] アノード122を製造する際、触媒層を形成する前に、上記導電性金属基

体上に、AIP（つまり、アーキオンプレーティング）法により結晶質のタンタル及びチタン成分を含有するバルブメタル基合金よりなるAIP下地層を形成することが好ましい。その導電性金属基体上に、AIP下地層を設けた場合、金属基体の界面腐食をより一層防止することができる。また、AIP下地層に代えて、TiTaO_x酸化物層よりなる下地層を形成してもよい。

[0101] アノード122として、具体的には、PtとIr酸化物からなる触媒を形成したTiメッシュ電極、水素ガス拡散電極等を用いることができる。

その中でも、より塩素の発生を抑制することができるという観点から、水素ガス拡散電極を用いることが好ましい。

[0102] 水素ガス拡散電極は、水素を酸化しやすい触媒粒子、及び、その触媒粒子の担体となるカーボン粒子からなるガス電極である。

触媒粒子として、具体的には、白金、ルテニウム等が挙げられる。

[0103] 水素ガス拡散電極の具体的な態様としては、支持体と給電部を備える電極が挙げられる。

水素ガス拡散電極の支持体としては、触媒粒子を有する導電性のカーボン材料（例えば、シート、クロス、ペーパー等）上に疎水性樹脂を固定したものが挙げられる。

給電部としては、酸性に耐久性のある材料で作製した金属メッシュ等の多孔性板が挙げられる。上記支持体と給電部とは、圧着により接合されている。

[0104] カソード123としては、アノード122と同様に、酸化に安定な導電性金属基体上に触媒を焼成して、触媒層が形成された電極等が挙げられる。

その導電性金属としては、チタン、ニッケル、鉄、ステンレス、カーボン等が挙げられる。

その触媒としては、白金、イリジウム、ルテニウム、ロジウム等の貴金属；チタン、タンタル等の弁金属（つまり、バルブメタル）；その弁金属（つまり、バルブメタル）の酸化物などが挙げられる。

また、カソード１２３としては、白金めっきを施した導電性金属を用いてもよい。

[0105] 隔膜１２４として、具体的には、イオン交換膜、多孔性を有する樹脂フィルム及び多孔性を有するセラミックフィルム等が挙げられる。その中でも、多孔性を有する樹脂フィルム及び多孔性を有するセラミックフィルムのような中性膜を備えることが好ましい。多孔性を有する樹脂フィルムの市販品例としては、ユアサメンブレンシステム社製のＹ９２０１等が挙げられる。

[0106] 上記排水から電気分解により、アノード室では、塩酸と塩水との混合水、カソード室では、水酸化ナトリウムと塩水との混合水とが製造される。

[0107] 図８に示す３室電気分解装置１２５はアノード１２６及びカソード１２７を有し、アノード１２６側の陰イオン交換膜１２８、及びカソード１２７側の陽イオン交換膜１２９によってアノード室１３０、中間室１３１、カソード室１３２に分けられている。

３室電気分解装置１２５においては、電気分解は中間室１３１のみで行われ、中間室１３１で発生したイオンが、両側のアノード室１３０、及びカソード室１３２に移動する。

[0108] 上記排水から電気分解により、アノード室１３０では、塩酸、カソード室１３２では、水酸化ナトリウムが製造される。３室電気分解装置１２５の場合は、上記２室電気分解装置１２１とは異なり、塩酸及び水酸化ナトリウムに塩水が混ざらないというメリットを有する。

[0109] 電気分解装置１２０で製造されるアルカリ性水溶液（例えば、水酸化ナトリウム）は、アルカリ性水循環管１４及び排水流入管１０を介して晶析装置１１０に供給される。

[0110] 電気分解装置１２０で製造される酸性水溶液（例えば、塩酸）は、洗浄用酸性水循環管１５を介して、電気分解装置１２０の停止時に、電気分解装置１２０内を洗浄する際に用いられる。なお、電気分解装置１２０は、その酸性水溶液を貯蔵する貯蔵槽を備えていてもよい。

また、その酸性水溶液（例えば、塩酸）は、ｐＨ調整用酸性水循環管１６

を介して、晶析処理水排出管 11 中の排水（つまり、上記排水から炭酸カルシウムが除去された排水；晶析処理水ともいう）に供給され、その排水の pH を調整するために用いられる。なお、図示してはいないが、pH 調整用酸性水循環管 16 と晶析処理水排出管 11 とが接続している部分が混合部（つまり、上記炭酸カルシウムが除去された排水に酸性水溶液が混合される部分）である。

[0111] なお、図 6 示す第 1 の実施形態の排水の処理装置の模式図において、排水の処理装置 100 は、上記洗浄用酸性水循環管 15 及び pH 調整用酸性水循環管 16 を備えているが、備えていなくてもよい。

[0112] 第 1 の実施形態の排水の処理装置は、上述した晶析装置及び電気分解装置以外の任意の装置を備えていてもよい。任意の装置としては、上記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析装置；上記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する逆浸透膜処理装置；上記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する次亜塩素酸ナトリウム製造装置等が挙げられる。

また、第 1 の実施形態の排水の処理装置が逆浸透膜処理装置を備える場合、逆浸透膜処理装置の前に、前記炭酸カルシウムが除去された排水に電気分解装置で得られる酸性水溶液を混合する混合部を備えていてもよい。

なお、上記逆浸透膜処理装置は、上記晶析装置の前に備えていてもよく、上記晶析装置の後に備えていてもよく、上記晶析処理装置の前後両方に備えていてもよい。

各任意の装置の詳細は後述する。

[0113] 以上説明した第 1 の実施形態の排水の処理装置は、上述した晶析装置と、電気分解装置と、電気分解装置で製造されるアルカリ性水溶液の少なくとも一部を晶析装置に循環させる第 1 の循環部とを備える。晶析装置において、排水から炭酸カルシウムを効率的に結晶化させるために必要なアルカリ性水

溶液を、オンサイトで、電気分解装置で製造し、第1の循環部を介して、その晶析装置で利用することができるため、薬剤を外部から搬送して、貯蔵する必要がなくなり、経済的な負担を大幅に低減することができる。

[0114] <第2の実施形態の排水の処理装置>

第2の実施形態の排水の処理装置は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水を処理する排水の処理装置であって、前記排水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、晶析装置と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析装置と、前記電気透析濃縮水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを製造する電気分解装置と、前記炭酸カルシウムが除去された排水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する逆浸透膜処理装置と、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を前記晶析装置に循環させる第1の循環部と前記酸性水溶液の少なくとも一部を前記電気分解装置に循環させる第2の循環部とを備える。

[0115] 第2の実施形態の排水の処理装置における、第1の循環部としては、後述するアルカリ性水循環管27が挙げられ、第2の循環部としては、洗浄用酸性水循環管28が挙げられる。

第2の実施形態の排水の処理装置について、図9を用いて詳細に説明する。

[0116] 図9に示す、第2の実施形態の排水の処理装置200は、以下の構成を有する。

排水を供給する排水流入管20が晶析装置210に接続されている。晶析装置210の出口側には、晶析処理水排出管21、晶析処理水電気透析濃縮室供給管22、及び晶析処理水電気透析希釈室供給管23が接続されている。晶析装置210は、晶析処理水電気透析濃縮室供給管22及び晶析処理水電気透析希釈室供給管23を介して電気透析装置230に接続されている。また、晶析装置210は、晶析処理水排出管21を介して、逆浸透膜処理装

置 240 と接続されている。電気透析装置 230 の出口側には、電気透析希釈水排出管 24、電気透析濃縮水カソード室供給管 25、及び電気透析濃縮水アノード室供給管 26 が接続されている。電気透析装置 230 は、電気透析濃縮水カソード室供給管 25、及び電気透析濃縮水アノード室供給管 26 を介して、電気分解装置 220 と接続されている。また、電気透析装置 230 は、電気透析希釈水排出管 24 及び晶析処理水排出管 21 を介して、逆浸透膜処理装置 240 と接続されている。電気分解装置 220 の出口側には、アルカリ性水循環管 27、洗浄用酸性水循環管 28、及び pH 調整用酸性水循環管 29 が接続されている。電気分解装置 220 は、アルカリ性水循環管 27 及び排水流入管 20 を介して晶析装置 210 と接続されている。また、電気分解装置 220 は、pH 調整用酸性水循環管 29 及び晶析処理水排出管 21 を介して逆浸透膜処理装置 240 と接続されている。さらに、電気分解装置 220 は、電気透析用酸性水循環管 30、晶析処理水電気透析濃縮室供給管 22、及び晶析処理水電気透析希釈室供給管 23 を介して、電気透析装置 230 に接続されている。逆浸透膜処理装置 240 の出口側には、逆浸透膜濃縮水排出管 31 及び逆浸透膜処理水排出管 32 が接続されている。

[0117] 晶析装置 210 及び電気分解装置 220 は上述した晶析装置 110 及び電気分解装置 120 とそれぞれ同様の装置が挙げられる。

[0118] 電気透析装置 230 は、上述した炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する。

[0119] 電気透析装置 230 として、具体的には、図 10 に示す 1 価イオン選択透過性イオン交換膜を有する電気透析装置 231 が挙げられる。

1 価イオン選択透過性イオン交換膜を有する電気透析装置 231 は、アノード 232 及びカソード 233 を備える。さらに、その間に 1 価陰イオン選択透過性イオン交換膜 234 と 1 価陽イオン選択透過性イオン交換膜 235 とをそれぞれ交互に備えることにより、電気透析希釈室 236 及び電気透析濃縮室 237 に分けられている。

[0120] アノード 232 として、具体的には、上述したアノード 122 と同様のもの

のをを用いることができる。

カソード２３３として、具体的には、上述したカソード１２３と同様のものをを用いることができる。

１価陰イオン選択透過性イオン交換膜２３４として、具体的には、ＡＣＳ（アストム社製）等を用いることができる。

１価陽イオン選択透過性イオン交換膜２３５として、具体的には、ＣＩＭＳ（アストム社製）等を用いることができる。

[0121] 排水の処理装置２００は、晶析処理水電気透析濃縮室供給管２２を介して、上述した炭酸カルシウムが除去された排水を電気透析装置（つまり、電気透析装置の濃縮室）に供給しているが、多価イオンの少ない透析用水（例えば、水道水等）を電気透析装置（つまり、電気透析装置の濃縮室）に供給してもよい。すなわち、図示はしていないが、排水の処理装置２００は、晶析処理水電気透析濃縮室供給管２２に加えて、多価イオンの少ない透析用水を電気透析濃縮室２３７に供給するための透析用水電気透析濃縮室供給管を備えていてもよい。

多価イオンの少ない透析用水を電気透析装置（つまり、電気透析装置の濃縮室）に供給することにより、後述の電気分解装置の酸性水溶液及びアルカリ性水溶液の製造効率を向上させることができる。

[0122] 電気分解装置２２０によって製造される酸性水溶液は、電気透析用酸性水循環管３０を通して、電気透析装置２３０に供給される排水（つまり、上述した炭酸カルシウムが除去された排水）に添加される。これにより、電気透析装置２３０が有する１価陰イオン選択透過性イオン交換膜及び１価陽イオン選択透過性イオン交換膜の劣化をより防止することができる。

[0123] また、その酸性水溶液（例えば、塩酸）は、ｐＨ調整用酸性水循環管２９を介して、晶析処理水排出管２１中の排水（つまり、上記排水から炭酸カルシウムが除去された排水；晶析処理水ともいう）に供給され、その排水のｐＨを調整するために用いられる。なお、図示してはいないが、ｐＨ調整用酸性水循環管２９と晶析処理水排出管２１とが接続している部分が混合部（つ

まり、上記炭酸カルシウムが除去された排水に酸性水溶液が混合される部分）である。

- [0124] 排水の処理装置 200 は、電気透析装置 230 を備えることにより、排水（つまり、炭酸カルシウムが除去された排水）中の 1 価のカチオン（つまり、アルカリ金属イオン）の濃度を高くすることができるため、電気分解装置において、アルカリ性水溶液をより効率よく製造できる。

また、電気分解装置に付着しやすい多価イオンを予め除去することができる。

- [0125] 逆浸透膜処理装置 240 は、炭酸カルシウムが除去された供給水の一部を、逆浸透膜を用いて、逆浸透膜処理水と逆浸透膜濃縮水とに分離する。その逆浸透膜は、供給水の水質に応じて、動作圧力の異なる逆浸透膜を用いることができる。

逆浸透膜の市販例としては、東レ社製の TM720-400 等が挙げられる。

- [0126] 排水の処理装置 200 は、逆浸透膜処理装置 240 を備えることにより、排水に含まれるイオンや塩類など水以外の不純物を除去することができ、全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量がより低減された処理水（つまり、逆浸透膜処理水）を製造することができる。

- [0127] 以上説明した第 2 の実施形態の排水の処理装置は、上述した晶析装置と、電気透析装置と、電気分解装置と、逆浸透膜処理装置と、電気分解装置で製造されるアルカリ性水溶液の少なくとも一部を晶析装置に循環させる第 1 の循環部と、電気分解装置で製造される酸性水溶液の少なくとも一部を電気分解装置に循環させる第 2 の循環部とを備える。第 2 の実施形態の排水の処理装置は、電気透析装置を備えるため、排水中のアルカリ金属イオンの濃度を高めることができ、後の電気分解装置において、より効率的にアルカリ性水溶液を製造することができる。

また、第 2 の実施形態の排水の処理装置は、逆浸透膜処理装置を備えるため、排水に含まれるイオンや塩類など水以外の不純物を除去することができ

、全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量がより低減された処理水（つまり、逆浸透膜処理水）を製造することができる。

[0128] <第3の実施形態の排水の処理装置>

第3の実施形態の排水の処理装置は、第2の実施形態の排水の処理装置にさらに次亜塩素酸ナトリウム製造装置を備える。

[0129] 第3の実施形態の排水の処理装置における、第1の循環部としては、後述するアルカリ性水循環管47が挙げられ、第2の循環部としては、洗浄用酸性水循環管48が挙げられる。

なお、晶析装置310、電気透析装置330、電気分解装置320、及び逆浸透膜処理装置340はそれぞれ上述した第1及び第2の実施形態の排水の処理装置で説明した装置と同様の装置が挙げられる。

第3の実施形態の排水の処理装置について、図11を用いて詳細に説明する。

[0130] 図11に示す、第3の実施形態の排水の処理装置300は、以下の構成を有する。

排水を供給する排水流入管40が晶析装置310に接続されている。晶析装置310の出口側には、晶析処理水排出管41、晶析処理水電気透析濃縮室供給管42、及び晶析処理水電気透析希釈室供給管43が接続されている。晶析装置310は、晶析処理水電気透析濃縮室供給管42及び晶析処理水電気透析希釈室供給管43を介して電気透析装置330に接続されている。また、晶析装置310は、晶析処理水排出管41を介して、逆浸透膜処理装置340と接続されている。電気透析装置330の出口側には、電気透析希釈水排出管44、電気透析濃縮水カソード室供給管45、電気透析濃縮水アノード室供給管46、及び電気透析濃縮水供給管53が接続されている。電気透析装置330は、電気透析濃縮水カソード室供給管45、及び電気透析濃縮水アノード室供給管46を介して、電気分解装置320と接続されている。また、電気透析装置330は、電気透析希釈水排出管44及び晶析処理水排出管41を介して、逆浸透膜処理装置340と接続されている。さらに

、電気透析装置 330 は、電気透析濃縮水供給管 53 を介して次亜塩素酸ナトリウム製造装置 350 に接続されている。電気分解装置 320 の出口側には、アルカリ性水循環管 47、洗浄用酸性水循環管 48、pH 調整用酸性水循環管 49、及び電気透析用酸性水循環管 50 が接続されている。電気分解装置 320 は、アルカリ性水循環管 47 及び排水流入管 40 を介して晶析装置 310 と接続されている。また、電気分解装置 320 は、pH 調整用酸性水循環管 49 及び晶析処理水排出管 41 を介して逆浸透膜処理装置 340 と接続されている。さらに、電気分解装置 320 は、電気透析用酸性水循環管 50、晶析処理水電気透析濃縮室供給管 42、及び晶析処理水電気透析希釈室供給管 43 を介して、電気透析装置 330 に接続されている。逆浸透膜処理装置 340 の出口側には、逆浸透膜濃縮水排出管 51 及び逆浸透膜処理水排出管 52 が接続されている。

[0131] 次亜塩素酸ナトリウム製造装置 350 は、上述した炭酸カルシウムが除去された排水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する。

次亜塩素酸ナトリウム製造装置 350 として、具体的には、図 12 に示す 1 室電気分解装置 351 が挙げられる。1 室電気分解装置 351 は、アノード 352 とカソード 353 を備える。

その排水を電気分解することにより、次亜塩素酸ナトリウムが製造される。

[0132] 以上説明した第 3 の実施形態の排水の処理装置では、上述した第 1 及び第 2 の実施形態の排水の装置の効果に加えて、処理水（つまり、逆浸透膜処理水）の消毒剤として用いる次亜塩素酸ナトリウム水溶液をオンサイトで次亜塩素酸ナトリウム製造装置において製造し、処理水（つまり、逆浸透膜処理水）に添加することで、その次亜塩素酸ナトリウム水溶液を消毒剤として利用することができる。

[0133] <第 4 の実施形態の排水の処理装置>

第 4 の実施形態の排水の処理装置は、上述した第 2 の実施形態の排水の処

理装置に、さらに、逆浸透膜処理装置を備える。

すなわち、第4の実施形態の排水の処理装置は、少なくとも塩化物イオン、アルカリ金属イオン、炭酸イオン及びカルシウムイオンを含む排水を処理する排水の処理装置であって、前記排水を第1の逆浸透膜を用いて、第1の逆浸透膜処理水と第1の逆浸透膜濃縮水とに分離する第1の逆浸透膜処理装置と、前記第1の逆浸透膜濃縮水から炭酸カルシウムを結晶化させて除去する、晶析装置と、前記炭酸カルシウムが除去された第1の逆浸透膜濃縮水の一部を電気透析処理により電気透析濃縮水と電気透析希釈水とに分離する電気透析装置と、前記電気透析濃縮水の一部を電気分解して酸性水溶液とアルカリ性水溶液とを得る電気分解装置と、前記炭酸カルシウムが除去された第1の逆浸透膜濃縮水の一部を第2の逆浸透膜を用いて、第2の逆浸透膜処理水と第2の逆浸透膜濃縮水とに分離する第2の逆浸透膜部とを有し、前記アルカリ性水溶液の少なくとも一部を前記晶析装置に循環させる第1の循環部と前記酸性水溶液の少なくとも一部を前記電気分解装置に循環させる第2の循環部とを備える。

[0134] 第4の実施形態の排水の処理装置における、第1の循環部としては、後述するアルカリ性水循環管67が挙げられ、第2の循環部としては、洗浄用酸性水循環管68が挙げられる。

なお、晶析装置410、電気透析装置430、電気分解装置420、及び逆浸透膜処理装置440はそれぞれ上述した第1及び第2の実施形態の排水の処理装置で説明した装置とそれぞれ同様の装置が挙げられる。

第4の実施形態の排水の処理装置について、図13を用いて詳細に説明する。

[0135] 図13に示す、第4の実施形態の排水の処理装置400は、以下の構成を有する。

排水を供給する排水流入管80が第1の逆浸透膜処理装置450に接続されている。第1の逆浸透膜処理装置450の出口側には、第1の逆浸透膜処理水排出管81及び第1の逆浸透膜濃縮水供給管60が接続されている。第

１の逆浸透膜処理装置４５０は、第１の逆浸透膜濃縮水供給管６０を介して晶析装置４１０に接続されている。晶析装置４１０の出口側には、晶析処理水排出管６１、透析用水電気透析濃縮室供給管６２、及び晶析処理水電気透析希釈室供給管６３が接続されている。晶析装置４１０は、晶析処理水電気透析希釈室供給管６３を介して電気透析装置４３０に接続されている。また、晶析装置４１０は、晶析処理水排出管６１を介して、第２の逆浸透膜処理装置４４０と接続されている。

電気透析装置４３０の出口側には、電気透析希釈水排出管６４、電気透析濃縮水カソード室供給管６５、及び電気透析濃縮水アノード室供給管６６が接続されている。電気透析装置４３０は、電気透析濃縮水カソード室供給管６５、及び電気透析濃縮水アノード室供給管６６を介して、電気分解装置４２０と接続されている。また、電気透析装置４３０は、電気透析希釈水排出管６４及び晶析処理水排出管６１を介して、第２の逆浸透膜処理装置４４０と接続されている。電気分解装置４２０の出口側には、アルカリ性水循環管６７、洗浄用酸性水循環管６８、ｐＨ調整用酸性水循環管６９、及び電気透析用酸性水循環管７０が接続されている。電気分解装置４２０は、アルカリ性水循環管６７及び第１の逆浸透膜濃縮水供給管６０を介して晶析装置４１０と接続されている。また、電気分解装置４２０は、ｐＨ調整用酸性水循環管６９及び晶析処理水排出管６１を介して第２の逆浸透膜処理装置４４０と接続されている。さらに、電気分解装置４２０は、電気透析用酸性水循環管７０、透析用水電気透析濃縮室供給管６２、及び晶析処理水電気透析希釈室供給管６３を介して、電気透析装置４３０に接続されている。第２の逆浸透膜処理装置４４０の出口側には、第２の逆浸透膜濃縮水排出管７１及び第２の逆浸透膜処理水排出管７２が接続されている。第２の逆浸透膜処理水排出管７２は、第１の逆浸透膜処理水排出管８１と接続されている。

[0136] 第１の逆浸透膜処理装置４５０と第２の逆浸透膜処理装置４４０とは同一であっても異なってもよい。ただし、排水の流れ方向に対して後半に行くほどＴＤＳが上昇して、浸透圧も上昇するため、第２の逆浸透膜処理装置

440が備える逆浸透膜の方が、耐圧性が高い方が好ましい。

[0137] 電気透析装置430には、透析用水電気透析濃縮室供給管62、及び晶析処理水電気透析希釈室供給管63が接続されている。電気透析装置430の電気透析濃縮室に多価イオンの少ない透析用水を供給する態様とすることにより、電気分解装置420における酸性水溶液及びアルカリ性水溶液の製造効率を向上させることができる。

[0138] なお、第4の実施形態の排水の処理装置においても、上述した電気透析濃縮水の一部を電気分解して、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を製造する次亜塩素酸ナトリウム製造装置を備えていてもよい。

[0139] 第4の実施形態の排水の処理装置は、第1及び第2の逆浸透膜処理装置を備えるため、第2の実施形態の排水の処理装置の効果に加えて、排水に含まれるイオンや塩類など水以外の不純物をより除去することができ、全蒸発残留物（つまり、TDS）の含有量がさらに低減された処理水（つまり、逆浸透膜処理水）を製造することができる。また、逆浸透膜処理水の回収率をさらに向上させることができる。

実施例

[0140] 以下、実施例により本発明の一態様をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例によって限定されるものではない。

[0141] <被処理水について>

被処理水としては、少なくとも表1に示す各種イオン成分（つまり、ナトリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、及び塩化物イオン）を含む試験用水（つまり、模擬排水）を用いて各例の排水の処理を行った。なお、試験用水は、表1に示す各種イオン成分のみを含むものではなく、分析したイオン成分のみを示している。

[0142] <排水の処理>

（実施例1）

〔軟水処理工程〕

試験用水を攪拌機付きのビーカーに入れ、軟水処理を行い、試験用水から

炭酸カルシウムを結晶化させて除去した。その軟水処理において、後述する電気分解工程で得られるアルカリ性溶液（つまり、水酸化ナトリウム水溶液）を用いて、試験用水のpHが11となるように調整した。

その炭酸カルシウムが除去された試験用水（つまり、晶析処理水）の各種イオン成分の濃度は表1に示す通りであった。なお、表1には、分析したイオン成分のみ示している。

[0143] [電気透析工程]

1価イオンを選択的に透過するイオン交換膜を組み込んだ小型の電気透析装置（アストム社製S3、電気透析濃縮室数10区画、電極面積55cm²）で、電気透析希釈室に8Lの晶析処理水、濃縮室に0.5Lの水道水を満たして、各室の流量を5mL/minに固定し、電圧10Vを与えて電気透析処理を行い、電気透析濃縮水及び電気透析希釈水を得た。なお、電気透析装置に供給する晶析処理水は、予め後述する電気分解工程で得られる酸性水溶液（つまり、塩酸）を用いて、晶析処理水のpHが7となるように調整した。

電気透析工程によって得られた電気透析濃縮水の各種イオン成分の濃度は表1に示す通りであった。なお、表1には、分析したイオン成分のみ示している。

[0144] [電気分解工程]

イオン交換膜を有する2室電気分解装置に、電気透析工程によって得られた電気透析濃縮水を供給し、電流密度5A/dm²、電圧18Vで、電気分解を行った。

その2室電気分解装置のアノード及びカソードとしては、デノラ・ペルメレック社製のDSE（登録商標）メッシュ電極を用いた。電極間距離は2mmとした。

その結果、900mg/Lのアルカリ性水溶液（つまり、水酸化ナトリウム水溶液）と、340mg/Lの酸性水溶液（つまり、塩酸）とが得られた。そのアルカリ性水溶液及び、その酸性水溶液の各種イオン成分の濃度は表

1 に示す通りであった。

なお、塩酸は濃度が既知の水酸化ナトリウム水溶液により定量した。水酸化ナトリウム水溶液は濃度が既知の塩酸により定量した。

[0145] [逆浸透膜処理工程]

晶析処理水及び電気透析希釈水を混合し、そこに上記電気分解工程で得られた酸性水溶液（つまり、塩酸）を加え、pHが8となるように調整し、逆浸透膜供給水を製造した。その逆浸透膜供給水を、逆浸透膜（中圧TM720-400、東レ社製）を備える逆浸透膜処理装置に供給して、逆浸透膜処理水及び逆浸透膜濃縮水を得た。このときの試験用水の供給量は31.2 L/hであり、逆浸透膜処理水の回収量は23.4 L/hであり、水回収率は75%であった。

逆浸透膜供給水、逆浸透膜処理水及び逆浸透膜濃縮水の各種イオン成分の濃度は表1に示す通りであった。なお、表1には、分析したイオン成分のみ示している。

[0146] [各種イオン成分の含有量の測定方法]

表1に示す試験用水及び各種処理水（つまり、晶析処理水、電気透析濃縮水、酸性水溶液、アルカリ性水溶液、逆浸透膜供給水、逆浸透膜処理水、逆浸透膜濃縮水）の各種イオン成分の濃度の分析方法は、陽イオンの濃度は、アルゴンガスのICPを光源とする発光分光分析装置（ICP-AES；SPS5520、セイコーインスツル社製）を用いて測定した値である。

一方、陰イオンの濃度は、イオンクロマトグラフ分析装置（ICA-2000；東亜ディーケーケー社製）を用いて測定した値である。

[0147] [試験用水及び各種処理水のTDSの測定方法]

表1に示す試験用水及び各種処理水のTDSは、電気伝導率から換算した値である。具体的には、TDSは、電気伝導率 $[\mu\text{S}/\text{cm}] \times \alpha$ （換算係数）で表される。電気伝導率は導電率計（D74、堀場製作所社製）で計測した。 α を試験用水の水質を考慮して、0.001とした。

[0148] [試験用水及び各種処理水のpHの測定方法]

表 1 に示す試験用水及び各種処理水の pH は、各種水溶液の 25℃における pH を pH メーター（D74、堀場製作所社製）で測定した値である。

[0149] [表1]

		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	TDS	pH
試験用水 (模擬排水)	[mg/L]	117	66	160	390	1955	8
晶析 処理水	[mg/L]	58	66	160	390	2000	10
電気透析 濃縮水	[mg/L]	36	1.5	590	1107	7380	7
酸性 水溶液	[mg/L]	36	2	325	1110	7380	2
アルカリ性 水溶液	[mg/L]	36	2	1120	1110	7380	12
逆浸透膜 供給水	[mg/L]	43	50	76	140	950	8
逆浸透膜 処理水	[mg/L]	1	1	2	4	28	8
逆浸透膜 濃縮水	[mg/L]	180	210	310	580	3700	8

[0150] 表 1 に示す通り、本実施例 1 の排水の処理方法によって得られる処理水（つまり、逆浸透膜処理水）は、試験用水に比べ、各種イオン成分の濃度が低く、また TDS も低減されていた。

[0151] 以上より、本発明の第 1 ～第 4 の実施形態の排水の処理方法及び排水の処理装置によれば、排水処理のプロセスで使用する各種の薬剤をオンサイトで製造および利用することができ、経済的な負担を大幅に低減することができる。また、外部から各種の薬剤を別途添加せずに、オンサイトで製造した薬剤のみで、各種イオン成分の不純物の除去性が高い排水の処理を行えることが確認できる。

符号の説明

- [0152] 1 . . . 軟水処理工程
2 . . . 電気分解工程
3 . . . 電気透析工程
4 . . . 逆浸透膜処理工程（第2の逆浸透膜処理工程とも称する）
5 . . . 次亜塩素酸ナトリウム製造工程
6 . . . 第1の逆浸透膜処理工程
100、200、300、400 . . . 排水の処理装置
110、210、310、410 . . . 晶析装置
120、220、320、420 . . . 電気分解装置
121 . . . 2室電気分解装置
125 . . . 3室電気分解装置
230、330、430 . . . 電気透析装置
231 . . . 1価イオン選択透過性イオン交換膜を有する電気透析装置
240、340、440、450 . . . 逆浸透膜処理装置
350 . . . 次亜塩素酸ナトリウム製造装置
351 . . . 1室電気分解装置
14、27、47、67 . . . アルカリ性水循環管
15、28、48、68 . . . 洗浄用酸性水循環管
16、29、49、69 . . . pH調整用酸性水循環管