

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6476552号
(P6476552)

(45) 発行日 平成31年3月6日 (2019.3.6)

(24) 登録日 平成31年2月15日 (2019.2.15)

(51) Int. Cl.

F I

B O 1 D 15/00 (2006.01)

B O 1 D 15/00 M

B O 1 J 20/02 (2006.01)

B O 1 J 20/02 A

G 2 1 F 9/28 (2006.01)

G 2 1 F 9/28 5 2 1 A

G 2 1 F 9/12 (2006.01)

G 2 1 F 9/12 5 0 1 B

G 2 1 F 9/06 (2006.01)

G 2 1 F 9/12 5 0 1 J

請求項の数 7 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-28323 (P2014-28323)
 (22) 出願日 平成26年2月18日 (2014.2.18)
 (65) 公開番号 特開2015-150535 (P2015-150535A)
 (43) 公開日 平成27年8月24日 (2015.8.24)
 審査請求日 平成28年12月21日 (2016.12.21)

前置審査

(73) 特許権者 000000099
 株式会社 I H I
 東京都江東区豊洲三丁目1番1号
 (74) 代理人 110000936
 特許業務法人青海特許事務所
 (72) 発明者 吉田 有香
 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
 社 I H I 内

審査官 高橋 成典

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 陽イオン分離方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽イオンが吸着された固形物を、海水よりも電気伝導率が低い液体で洗浄して、該陽イオンが溶解した液である洗浄液を生成する工程と、

洗浄された前記固形物と、前記洗浄液とを分離する工程と、

分離された前記洗浄液に、金属塩とフェロシアン化カリウムとをそれぞれ前記洗浄液に溶解させて、該洗浄液中でフェロシアン化金属を生成し、該洗浄液中において、前記陽イオンと該フェロシアン化金属とを接触させて、該フェロシアン化金属に該陽イオンを吸着させる工程と、

前記陽イオンを吸着させる工程を遂行した後、前記洗浄液に電解質を添加して、該洗浄液の電気伝導率を、前記海水よりも電気伝導率が低い液体の電気伝導率以上に調整する工程と、

を含むことを特徴とする陽イオン分離方法。

【請求項 2】

前記陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を、前記洗浄液から分離する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の陽イオン分離方法。

【請求項 3】

前記分離する工程は、前記洗浄液を濾過することで、前記陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を分離する工程であることを特徴とする請求項 2 に記載の陽イオン分離方法。

【請求項 4】

10

20

前記分離する工程は、前記洗浄液に気泡を導入することで、前記陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を浮上分離させる工程であることを特徴とする請求項2に記載の陽イオン分離方法。

【請求項5】

前記分離する工程は、前記洗浄液に遠心力をかけることで、前記陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を遠心分離させる工程であることを特徴とする請求項2に記載の陽イオン分離方法。

【請求項6】

前記フェロシアン化金属は、フェロシアン化鉄、フェロシアン化コバルト、フェロシアン化マンガン、フェロシアン化銀、フェロシアン化カドミウム、フェロシアン化銅、フェロシアン化ニッケル、フェロシアン化鉛、フェロシアン化亜鉛の群から選択されるいずれか1または複数の化合物であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の陽イオン分離方法。

10

【請求項7】

前記陽イオンは、セシウムイオン、ルビジウムイオン、カリウムイオン、リチウムイオンの群から選択される1または複数のイオンであることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の陽イオン分離方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、固形物を洗浄して、当該固形物に吸着された陽イオンを分離する陽イオン分離方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、放射性セシウム等の放射性物質に汚染された土壌や、放射性物質に汚染された廃棄物を焼却して得られた焼却灰等の固形物を減容化する技術の開発が進められている。例えば、汚染された固形物を水で洗浄して放射性物質を水へ溶解させ、洗浄された固形物と、放射性物質が含まれる水溶液とを固液分離により分離し、当該水溶液にプルシアンブルー等のフェロシアン化金属を添加することで水溶液中の放射性物質をフェロシアン化金属に吸着させる技術が開発されている。

30

【0003】

上記フェロシアン化金属は、水溶液中においてナノ粒子（粒径がナノメートルオーダーの粒子）として分散しているため、放射性物質を吸着したフェロシアン化金属を水溶液から分離するのは困難であり、当該分離のための技術が検討されている。

【0004】

例えば、鉄系の凝集剤を添加することで、放射性物質を吸着したプルシアンブルーを水溶液中で凝集させる技術（例えば、特許文献1、非特許文献1）や、プルシアンブルーを担持させた磁性粒子を水溶液に導入して放射性物質を吸着させ、磁石でプルシアンブルーを回収する技術（例えば、非特許文献2）が開発されている。また、フェロシアン化コバルトを担持させたナイロン繊維を水溶液中に浸漬することで、ナイロン繊維のフェロシアン化コバルトに放射性物質を吸着させる技術（例えば、非特許文献3）や、プルシアンブルーを造粒してカラムに充填し、当該カラムに水溶液を通すことで、水溶液中の放射性物質をカラム中のプルシアンブルーに吸着させる技術（例えば、非特許文献4）も開発されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-101098号公報

【非特許文献】

【0006】

50

【非特許文献 1】西崎吉彦他、溶融飛灰からの放射性セシウムの分離除去、第 1 回環境放射能除染研究発表会、2012

【非特許文献 2】川本徹他、多様な形状のセシウム吸着材、[平成 25 年 9 月検索]インターネット (URL: http://www.aist-renkeisensya.jp/innovation-online/pdf/press/120208_01.pdf)

【非特許文献 3】SAITO.K, Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn., 65, 280 - 284 (2011)

【非特許文献 4】独立行政法人産業技術総合研究所、2012 年 2 月 8 日発表、ナノ粒子化したプルシアンブルーでセシウム吸着能が向上、[平成 25 年 9 月検索]インターネット (URL: http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2012/pr20120208/pr20120208.html)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、上記特許文献 1 や非特許文献 1 に記載された凝集剤を添加する技術では、凝集剤によって凝集し、分離されたプルシアンブルーは、凝集剤を含むため、プルシアンブルーのみと比較して体積が大きくなってしまい十分な減容化ができない。

【0008】

また、上記非特許文献 2 に記載された技術では、磁性粒子にプルシアンブルーを担持させるためのコストを要する。

【0009】

また、上記非特許文献 3、4 の技術におけるフェロシアン化金属は、ナノ粒子となっている場合と比較して比表面積が小さく、放射性物質とフェロシアン化金属との接触確率が下がり、放射性物質の吸着確率が低下してしまう。また、非特許文献 4 の技術では、造粒のための手間がかかってしまう。

【0010】

そこで、本発明は、このような課題に鑑み、フェロシアン化金属に放射性セシウム等の陽イオンを吸着させた後、凝集剤を添加せずとも、低コストで、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属を容易に凝集させることが可能な陽イオン分離方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するために、本発明の他の陽イオン分離方法は、陽イオンが吸着された固形物を、海水よりも電気伝導率が低い液体で洗浄して、陽イオンが溶解した液である洗浄液を生成する工程と、洗浄された固形物と、洗浄液とを分離する工程と、分離された洗浄液に、金属塩とフェロシアン化カリウムとをそれぞれ洗浄液に溶解させて、洗浄液中でフェロシアン化金属を生成し、洗浄液中において、陽イオンとフェロシアン化金属とを接触させて、フェロシアン化金属に陽イオンを吸着させる工程と、陽イオンを吸着させる工程を遂行した後、洗浄液に電解質を添加して、洗浄液の電気伝導率を、海水よりも電気伝導率が低い液体の電気伝導率以上に調整する工程と、を含むことを特徴とする。

【0014】

また、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を、洗浄液から分離する工程をさらに含むとしてもよい。

【0015】

また、分離する工程は、洗浄液を濾過することで、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を分離する工程であるとしてもよい。

【0016】

また、分離する工程は、洗浄液に気泡を導入することで、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を浮上分離させる工程であるとしてもよい。

【0017】

また、分離する工程は、洗浄液に遠心力をかけることで、陽イオンが吸着したフェロシ

10

20

30

40

50

アン化金属を遠心分離させる工程であるとしてもよい。

【0018】

また、フェロシアン化金属は、フェロシアン化鉄、フェロシアン化コバルト、フェロシアン化マンガン、フェロシアン化銀、フェロシアン化カドミウム、フェロシアン化銅、フェロシアン化ニッケル、フェロシアン化鉛、フェロシアン化亜鉛の群から選択されるいずれか1または複数の化合物であるとしてもよい。

【0019】

また、陽イオンは、セシウムイオン、ルビジウムイオン、カリウムイオン、リチウムイオンの群から選択される1または複数のイオンであるとしてもよい。

【発明の効果】

10

【0020】

本発明によれば、フェロシアン化金属に放射性セシウム等の陽イオンを吸着させた後、凝集剤を添加せずとも、低コストで、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属を容易に凝集させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】実施形態にかかる陽イオン分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートである。

【図2】変形例にかかる陽イオン分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。かかる実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、発明の理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本発明を限定するものではない。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。

【0023】

(陽イオン分離方法)

30

図1は、本実施形態にかかる陽イオン分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートである。図1に示すように、本実施形態にかかる陽イオン分離方法は、洗浄工程S110と、第1分離工程S120と、吸着工程S130と、第2分離工程S140とを含む。以下、各工程について説明する。

【0024】

(洗浄工程S110)

洗浄工程S110は、陽イオンが吸着された固形物を、電気伝導率が 0.9 S/m 以上の液体で洗浄して、陽イオンが溶解した液である洗浄液を生成する工程である。ここで、陽イオンは、例えば、セシウムイオン、ルビジウムイオン、カリウムイオン、リチウムイオンの群から選択される1または複数のイオンであり、放射性物質(放射性セシウムイオン、放射性ルビジウムイオン、放射性カリウムイオン、放射性リチウムイオン)を含む。

40

【0025】

また、電気伝導率が 0.9 S/m 以上の液体は、例えば、海水である。固形物を洗浄する液体として、無尽蔵に存在する海水を利用することにより、電気伝導率が 0.9 S/m 以上の液体に要するコストを低減することが可能となる。

【0026】

(第1分離工程S120)

第1分離工程S120は、洗浄された固形物と、洗浄液とを分離する工程である。第1分離工程S120では、例えば、予め定められた粒径以上の物質を捕捉するフィルタを用いて、固形物と、洗浄液とを分離する。

50

【 0 0 2 7 】

洗浄工程 S 1 1 0、第 1 分離工程 S 1 2 0 を遂行することにより、陽イオンが付着した固形物を洗浄し、固形物から陽イオンのみを取り除くことができる。

【 0 0 2 8 】

(吸着工程 S 1 3 0)

吸着工程 S 1 3 0 は、上記第 1 分離工程 S 1 2 0 において分離された洗浄液中において、陽イオンとフェロシアン化金属とを接触させて、フェロシアン化金属に陽イオンを吸着させる工程である。

【 0 0 2 9 】

フェロシアン化金属は、2 価の鉄イオン (Fe^{2+})、金属イオン、シアノ基 (CN^-) によって構成される金属錯体である。ここで、金属イオンは、鉄イオン (Fe^{3+} 、 Fe^{2+})、コバルトイオン (Co^{2+})、マンガンイオン (Mn^{2+})、銀イオン (Ag^+)、カドミウムイオン (Cd^{2+})、銅イオン (Cu^{2+})、ニッケルイオン (Ni^{2+})、鉛イオン (Pb^{2+})、および亜鉛イオン (Zn^{2+}) の群から選択される、1 または複数の金属イオンである。つまり、フェロシアン化金属は、フェロシアン化鉄、フェロシアン化コバルト、フェロシアン化マンガン、フェロシアン化銀、フェロシアン化カドミウム、フェロシアン化銅、フェロシアン化ニッケル、フェロシアン化鉛、フェロシアン化亜鉛の群から選択されるいずれか 1 または複数の化合物である。

【 0 0 3 0 】

フェロシアン化金属は、安定同位体であるか放射性同位体であるかに拘わらず、陽イオン、特に、セシウムイオン、ルビジウムイオン、カリウムイオン、リチウムイオンの群から選択される 1 または複数の 1 価の陽イオン (金属イオン) を選択的に吸着する (取り込む)。したがって、陽イオンとフェロシアン化金属とを接触させる処理を遂行することにより、洗浄液中の陽イオンを効率よく回収することが可能となる。

【 0 0 3 1 】

また、吸着工程 S 1 3 0 において、陽イオンと接触させるフェロシアン化金属は、上記フェロシアン化金属のうち、フェロシアン化鉄、フェロシアン化コバルト、フェロシアン化マンガンの群から選択される 1 または複数の化合物が好ましく、フェロシアン化鉄がより好ましい。

【 0 0 3 2 】

フェロシアン化鉄、フェロシアン化コバルト、フェロシアン化マンガンの群から選択される 1 または複数の化合物は、セシウムに対する選択性が高いため、洗浄液が、例えば、放射性セシウムが吸着した固形物を洗浄した液である場合、放射性セシウムを効率よく吸着することができる。また、フェロシアン化鉄、すなわち、プルシアンブルー (理想型は、 $\text{Fe}(\text{III})_4[\text{Fe}(\text{II})(\text{CN})_6]_3$) は、広く流通しているため、容易に入手することが可能となる。

【 0 0 3 3 】

なお、当該吸着工程 S 1 3 0 において、洗浄液に、例えば、金属イオンの供給源となる塩 (例えば、硫酸第二鉄) とフェロシアン化カリウムとを個別に溶解させることで、洗浄液中でフェロシアン化金属を生成してもよいし、既に生成されたフェロシアン化金属を洗浄液に分散させてもよい。また、フェリシアン化金属は、水中においてフェロシアン化金属に変換されるため、洗浄液にフェリシアン化金属を存在させるとしてもよい。この場合、洗浄液に、例えば、金属イオンの供給源となる塩 (例えば、硫酸第一鉄) とフェリシアン化カリウムとを個別に溶解させることで、洗浄液中でフェリシアン化金属を生成してもよいし、既に生成されたフェリシアン化金属を洗浄液に分散させてもよい。いずれにせよ、吸着工程 S 1 3 0 では、洗浄液中において、陽イオンとフェロシアン化金属とを接触させて、フェロシアン化金属に陽イオンを吸着させることができればよい。

【 0 0 3 4 】

このように、洗浄工程 S 1 1 0 において、電気伝導率が 0.9 S/m 以上の液体で固形物を洗浄し、吸着工程 S 1 3 0 において、電気伝導率が 0.9 S/m 以上の洗浄液にフェ

10

20

30

40

50

ロシアン化金属を分散させることにより、電気伝導率が 0.9 S/m 未満の溶液中と比較して、フェロシアン化金属の凝集速度を向上することができる。これにより、凝集剤を添加せずとも、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属を迅速に凝集させることが可能となる。

【0035】

また、電気伝導率は、電解質濃度に換算することもできる。例えば、 NaCl 水溶液の場合、下記対応表に示すように、電解質濃度 (NaCl 濃度) 0.16 mol/L が、電気伝導率 0.9 S/m に相当する。つまり、 0.16 mol/L 以上の NaCl 水溶液は、電気伝導率 0.9 S/m 以上の洗浄液であると言える。

【表1】

対応表

電気伝導率 (S/m)	電解質濃度 (mol/L)
0.01	0.001
0.31	0.056
0.58	0.105
0.91	0.165
1.15	0.209
1.69	0.307

【0036】

なお、上記対応表では、 NaCl 等の 1 - 1 型 (陽イオンが 1 価、陰イオンが 1 価) の電解質の場合の電気伝導率と電解質濃度との関係を示しているが、電気伝導率と電解質濃度との関係は、電解質の電荷型に応じて異なる。例えば、2 - 2 型 (陽イオンが 2 価、陰イオンが 2 価) の場合、1 - 1 型の電気伝導率と同一とするには、1 - 1 型の電解質の 0.016 倍の電解質濃度が必要となり、3 - 3 型 (陽イオンが 3 価、陰イオンが 3 価) の場合、1 - 1 型の電気伝導率と同一とするには、1 - 1 型の電解質の 0.0013 倍の電解質濃度が必要となる。つまり、2 - 2 型の電解質では、 0.0256 (0.16×0.016) mol/L 以上で、電気伝導率 0.9 S/m 以上となり、3 - 3 型の電解質では、 0.000208 (0.16×0.0013) mol/L 以上で、電気伝導率 0.9 S/m 以上となる。

【0037】

(第2分離工程 S140)

第2分離工程 S140 は、吸着工程 S130 において生成された、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を、洗浄液から分離する工程である。例えば、第2分離工程 S140 では、沈降分離、濾過、浮上分離、遠心分離、等を採用することができる。

【0038】

沈降分離を採用する場合、吸着工程 S130 において生成された液 (洗浄液と、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属との混合物) を予め定められた期間放置することとなる。この場合、分離に要する動力や機器等を利用することがないため、コストを削減することができる。

【0039】

濾過を採用する場合、吸着工程 S130 において生成された液 (洗浄液と、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属との混合物) を濾過することで、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を分離することとなる。この場合、吸着工程 S130 において生成された液を濾過するだけといった簡易な作業で、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を分離することができる。

【 0 0 4 0 】

浮上分離を採用する場合、吸着工程 S 1 3 0 において生成された液（洗浄液と、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属との混合物）に気泡を導入することで、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を浮上分離させることとなる。この場合、吸着工程 S 1 3 0 が遂行される容器の底部から液を引き抜くだけといった簡易な作業で、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を分離することができる。

【 0 0 4 1 】

遠心分離を採用する場合、吸着工程 S 1 3 0 において生成された液（洗浄液と、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属との混合物）に遠心力をかけることとなる。この場合、迅速に分離を遂行することが可能となる。

10

【 0 0 4 2 】

第 2 分離工程 S 1 4 0 を遂行することにより、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を洗浄液から取り除くことができる。

【 0 0 4 3 】

以上説明したように、本実施形態にかかる陽イオン分離方法によれば、電気伝導率が 0 . 9 S / m 以上の液体を用いるといった簡易な構成で、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属を容易に凝集させることができる。したがって、凝集剤が不要となり、凝集剤に要するコストを削減することができる。また、電気伝導率が 0 . 9 S / m 以上の液体は、海水等であり、安価、かつ、入手が容易であるため、従来の、磁性粒子にプルシアンブルーを担持させる技術、ナイロン繊維にプルシアンブルーを担持させる技術、プルシアンブルーを造粒する技術と比較して、極めて低コストで、陽イオンを回収することが可能となる。

20

【 0 0 4 4 】

また、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属のみを分離することが可能となるため、凝集剤を添加する場合と比較して、分離した固形物の体積が増加することがない。したがって、陽イオンを効率よく濃縮することができる。

【 0 0 4 5 】

したがって、例えば、陽イオンが放射性セシウムである場合、当該陽イオン分離方法を適用することにより、放射性セシウムが吸着した固形物を洗浄することで生じた、放射性セシウムが溶解された溶解液（洗浄液）から効率よく放射性セシウムのみを取り出すことができ、凝集剤を添加する場合と比較して放射性セシウムを減容化することが可能となる。

30

【 0 0 4 6 】

（変形例）

上記実施形態で説明した陽イオン分離方法では、電気伝導率が 0 . 9 S / m 以上の液体で、陽イオンが吸着された固形物を洗浄しているが、かかる場合に限らず、少なくとも、陽イオンとフェロシアン化金属とを吸着させた後、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属を凝集させる際の液体の電気伝導率を 0 . 9 S / m 以上とすればよい。

【 0 0 4 7 】

図 2 は、変形例にかかる陽イオン分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートである。図 2 に示すように、変形例にかかる陽イオン分離方法は、洗浄工程 S 2 1 0 と、第 1 分離工程 S 2 2 0 と、吸着工程 S 2 3 0 と、判定工程 S 2 4 0 と、調整工程 S 2 5 0 と、第 2 分離工程 S 1 4 0 とを含む。なお、第 2 分離工程 S 1 4 0 は、上述した実施形態の第 2 分離工程 S 1 4 0 と実質的に処理が等しいため、説明を省略する。以下、各工程について説明する。

40

【 0 0 4 8 】

（洗浄工程 S 2 1 0 ）

洗浄工程 S 2 1 0 は、陽イオンが吸着された固形物を、液体で洗浄して、陽イオンが溶解した液である洗浄液を生成する工程である。なお、当該洗浄工程 S 2 1 0 で用いる液体の電気伝導率に限定はなく、0 . 9 S / m 未満であってもよい。

50

【 0 0 4 9 】

(第1分離工程 S 2 2 0)

第1分離工程 S 2 2 0 は、洗浄された固形物と、洗浄液とを分離する工程である。第1分離工程 S 2 2 0 では、例えば、予め定められた粒径以上の物質を捕捉するフィルタを用いて、固形物と、洗浄液とを分離する。

【 0 0 5 0 】

(吸着工程 S 2 3 0)

吸着工程 S 2 3 0 は、上記第1分離工程 S 2 2 0 において分離された洗浄液中において、陽イオンとフェロシアン化金属とを接触させて、フェロシアン化金属に陽イオンを吸着させる工程である。

10

【 0 0 5 1 】

(判定工程 S 2 4 0)

判定工程 S 2 4 0 は、上記吸着工程 S 2 3 0 において生成された、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属が含まれる洗浄液の電気伝導率が、 0.9 S/m 未満であるか否かを判定する。その結果、電気伝導率が 0.9 S/m 未満であれば(判定工程 S 2 4 0 における YES)、調整工程 S 2 5 0 に処理を移し、 0.9 S/m 以上であれば(判定工程 S 2 4 0 における NO)、第2分離工程 S 1 4 0 に処理を移す。

【 0 0 5 2 】

(調整工程 S 2 5 0)

調整工程 S 2 5 0 は、電気伝導率が 0.9 S/m 未満である場合、洗浄液に電解質(例えば、塩化ナトリウム)を添加して、電気伝導率を 0.9 S/m 以上に調整する。

20

【 0 0 5 3 】

このように、少なくとも、フェロシアン化金属に陽イオンを吸着させた後、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属を凝集させる際に、液体の電気伝導率を 0.9 S/m 以上とすることにより、陽イオンを吸着したフェロシアン化金属を容易に凝集させることができる。

【 0 0 5 4 】

(実施例 1)

本願発明者は、下記実験詳細表に示す6種類の溶液(サンプル A ~ F)を作製し、沈降に十分な時間(ここでは、15時間程度)静置した。その結果、電気伝導率が 0.90 S/m 以上でプルシアンブルーが沈降することが確認できた。

30

【表 2】

実験詳細表

	プルシアンブルー (g/ml)	pH	温度 (°C)	電気伝導率 (S/m)
サンプル A	4×10^{-4}	6	20	0.01
サンプル B	4×10^{-4}	6	20	0.30
サンプル C	4×10^{-4}	6	20	0.60
サンプル D	4×10^{-4}	6	20	0.90
サンプル E	4×10^{-4}	6	20	1.20
サンプル F	4×10^{-4}	6	20	1.70

40

【 0 0 5 5 】

(実施例 2)

また、本願発明者は、上記実験詳細表に示す6種類の溶液(サンプル A ~ F)を作製し、 2000 g で30分間、遠心分離を行った。その結果、電気伝導率が 0.90 S/m 以上でプルシアンブルーが遠心分離できることが確認できた。

50

【 0 0 5 6 】

(実施例 3)

また、本願発明者は、上記実験詳細表に示す 6 種類の溶液 (サンプル A ~ F) を作製し、凝集させた後、凝集した粒子の粒径を測定した。その結果、サンプル A (電気伝導率 0 . 0 1 S / m)、サンプル B (電気伝導率 0 . 3 0 S / m)、サンプル C (電気伝導率 0 . 6 0 S / m) と比較して、サンプル D (電気伝導率 0 . 9 0 S / m)、サンプル E (電気伝導率 1 . 2 0 S / m)、サンプル F (電気伝導率 1 . 7 0 S / m) では、粒径が 5 倍以上と大きくなることが確認できた。

【 0 0 5 7 】

以上の結果から、電気伝導率を 0 . 9 S / m 以上とすることにより、効率よくフェロシアン化金属を凝集できることが確認できた。

10

【 0 0 5 8 】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる実施形態に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【 0 0 5 9 】

例えば、上記実施形態において、電気伝導率が 0 . 9 S / m 以上の液体として海水を例に挙げて説明したが、電気伝導率が 0 . 9 S / m 以上でありさえすれば、特定の液体に限定されない。

20

【 0 0 6 0 】

また、上記実施形態の第 2 分離工程 S 1 4 0 において、洗浄液に気泡を導入することで、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を浮上分離させる構成について説明した。しかし、第 2 分離工程 S 1 4 0 では、洗浄液から、陽イオンが吸着したフェロシアン化金属を分離できれば、分離手段に限定はなく、遠心分離や、予め定められた粒径以上の物質を捕捉するフィルタを用いた分離であってもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 1 】

本発明は、固形物を洗浄して、当該固形物に吸着された陽イオンを分離する陽イオン分離方法に利用することができる。

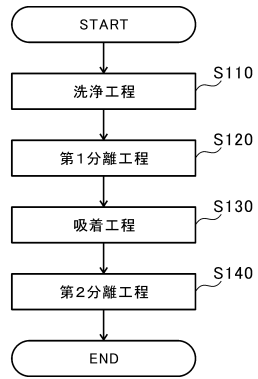
30

【 符号の説明 】

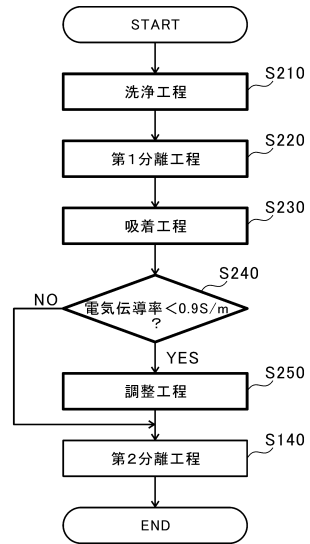
【 0 0 6 2 】

S 1 1 0、S 2 1 0 洗浄工程
S 1 2 0、S 2 2 0 第 1 分離工程
S 1 3 0、S 2 3 0 吸着工程
S 1 4 0 第 2 分離工程
S 2 4 0 判定工程
S 2 5 0 調整工程

【図 1】



【図 2】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		
	G 2 1 F	9/06	5 2 1 B
	G 2 1 F	9/06	5 4 1

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 5 0 3 1 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 2 - 1 2 7 0 0 4 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 0 5 7 5 7 5 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 3 / 0 9 4 7 1 1 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 3 - 1 8 1 8 8 6 (J P , A)
 特開平 0 1 - 2 1 9 0 2 0 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 2 5 0 2 6 1 (J P , A)
 特開 2 0 1 1 - 2 0 0 8 5 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
 B 0 1 D 1 5 / 0 0 - 1 5 / 4 2
 C 0 2 F 1 / 2 8
 G 2 1 F 9 / 0 0 - 9 / 3 6
 B 0 1 J 2 0 / 0 0 - 2 0 / 3 4