(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-9486
(P2017-9486A)
(43)公開日　平成29年1月12日(2017.1.12)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G21F 9/12	(2006.01)	G21F	9/12	501Z	4G066
B01J 20/34	(2006.01)	G21F	9/12	501K	
		B01J	20/34	G	

審査請求 未請求　請求項の数 9　OL　（全 15 頁）

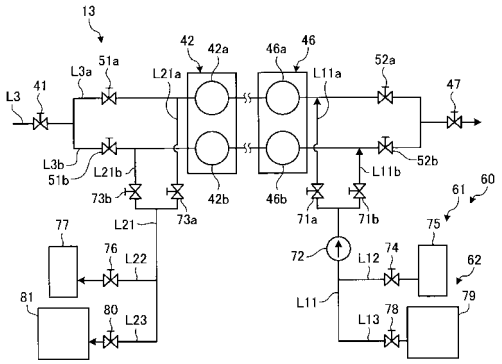
(21)出願番号　特願2015-126495 (P2015-126495)
(22)出願日　平成27年6月24日 (2015.6.24)

(71)出願人　000006208
三菱重工業株式会社
東京都港区港南二丁目１６番５号
(74)代理人　100089118
弁理士　酒井　宏明
(72)発明者　藤田　侑作
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　嶋津　正
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　柳田　尚志
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】吸着剤の再生システム及び方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる再生システム及び方法を提供する。
【解決手段】汚染水から放射性物質を除去する海水除染ラインＬ３に設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生システム６０において、吸着剤から放射性物質を除去する溶離溶液を通水する溶離溶液通水装置６１と、吸着剤から溶離溶液を除去する洗浄液を通水する洗浄液通水装置６２とを設ける。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
汚染水から放射性物質を除去する除染ラインに設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生システムにおいて、
前記吸着剤から放射性物質を除去する溶離溶液を通水する溶離溶液通水装置と、
前記吸着剤から前記溶離溶液を除去する洗浄液を通水する洗浄液通水装置と、
を備えることを特徴とする吸着剤の再生システム。
【請求項２】
前記溶離溶液通水装置は、前記吸着剤に対して前記汚染水の通水方向とは逆方向に前記溶離溶液を通水することを特徴とする請求項１に記載の吸着剤の再生システム。
【請求項３】
前記吸着剤は、２価ないし３価の陽イオンを吸着可能な吸着剤であり、前記溶離溶液は、所定の洗浄液にキレート剤が添加された溶液であることを特徴とする請求項１または請求項２に記載の吸着剤の再生システム。
【請求項４】
前記溶離溶液は、所定の洗浄液に前記キレート剤としてのエチレンジアミン四酢酸が添加されることで、前記エチレンジアミン四酢酸の濃度が１０ｍＭを超え且つ４００ｍＭ以下の溶液であることを特徴とする請求項３に記載の吸着剤の再生システム。
【請求項５】
前記吸着剤に通水した後の前記溶離溶液と前記洗浄液を濃縮処理する濃縮処理装置が設けられることを特徴とする請求項１から請求項４のいずれか一項に記載の吸着剤の再生システム。
【請求項６】
前記濃縮処理装置は、二次廃棄物が除去された処理液を前記洗浄液通水装置に戻して前記洗浄液として利用することを特徴とする請求項５に記載の吸着剤の再生システム。
【請求項７】
前記濃縮処理装置は、二次廃棄物が除去された溶離溶液を前記溶離溶液通水装置に戻して前記溶離溶液として利用することを特徴とする請求項５に記載の吸着剤の再生システム。
【請求項８】
汚染水から放射性物質を除去する除染ラインに設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生方法において、
前記吸着剤に対して前記汚染水の通水方向とは逆方向に放射性物質を除去する溶離溶液を通水する工程と、
前記吸着剤に対して前記汚染水の通水方向とは逆方向に溶離溶液を除去する洗浄液を通水する工程と、
を備えることを特徴とする吸着剤の再生方法。
【請求項９】
汚染水から放射性物質を除去する除染ラインに設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生方法において、
エチレンジアミン四酢酸が添加されることで、前記エチレンジアミン四酢酸の濃度が１０ｍＭを超え且つ４００ｍＭ以下の溶離溶液を前記吸着剤に通水することで、ストロンチウムを除去する、
ことを特徴とする吸着剤の再生方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、液体に含有する放射性物質を吸着分離する吸着剤の再生システム、並びに、吸着剤の再生方法に関するものである。
【背景技術】

【０００２】
原子力発電プラントは、大量の冷却水を必要とすることから、湖、河川、海等の陸地の近傍に立設されている。このような原子力発電プラントで事故が発生した場合、放射性物質を含んだ汚染水が発生する。発生した汚染水は、貯蔵タンクに一時的に貯蔵し、処理装置を用いて順次汚染水から放射性物質を除去し、除去した放射性物質は貯蔵容器に貯蔵される一方、放射性物質が除去された処理水は河川などに放出される。このような汚染水の処理装置としては、例えば、下記特許文献１に記載されたものがある。
【０００３】
ところで、汚染水に含まれる放射性物質としては、例えば、セシウムやストロンチウムなどがあり、従来、これらの放射性物質は、ゼオライト、モルデナイト、活性炭、タンニンなどの吸着剤により吸着除去されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１５－０５９８７０号公報
【特許文献２】特開２００６－５１１３３４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ところで、汚染水に含まれる放射性物質（ストロンチウム）を吸着剤（ゼオライト）により吸着除去すると、放射性物質を吸着した吸着剤が放射性廃棄物として大量に発生してしまう。そこで、吸着剤を再生して再使用することで、放射性廃棄物の増加を抑制することが考えられる。そして、吸着剤を再生する技術としては、例えば、上記特許文献２に記載された技術があるが、さらに効率良く吸着剤を再生することが望まれている。
【０００６】
本発明は、上述した課題を解決するものであり、吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することが可能な吸着剤の再生システム及び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】
【０００７】
上記の目的を達成するための本発明の吸着剤の再生システムは、汚染水から放射性物質を除去する除染ラインに設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生システムにおいて、前記吸着剤から放射性物質を除去する溶離溶液を通水する溶離溶液通水装置と、前記吸着剤から前記溶離溶液を除去する洗浄液を通水する洗浄液通水装置と、を備えることを特徴とするものである。
【０００８】
従って、溶離溶液通水装置が吸着剤に溶離溶液を通水することで、この吸着剤から放射性物質を除去することができ、洗浄液通水装置が吸着剤に洗浄液を通水することで、この吸着剤から溶離溶液を除去することができる。その結果、溶離溶液と洗浄液により吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる。
【０００９】
本発明の吸着剤の再生システムでは、前記溶離溶液通水装置は、前記吸着剤に対して前記汚染水の通水方向とは逆方向に前記溶離溶液を通水することを特徴としている。
【００１０】
従って、吸着剤に対して汚染水の通水方向と逆方向に溶離溶液を通水することで、下流側の比較的放射性物質が付着していない吸着位置側から、上流側の比較的放射性物質が付着している吸着位置側へ溶離溶液を通水することとなり、少ない量の溶離溶液により吸着剤の再生を効率良く行うことができる。
【００１１】
本発明の吸着剤の再生システムでは、前記吸着剤は、２価ないし３価の陽イオンを吸着

可能な吸着剤であり、前記溶離溶液は、所定の洗浄液にキレート剤が添加された溶液であることを特徴としている。

【００１２】

従って、ゼオライトに対して、洗浄液にキレート剤が添加された溶離溶液を通水することで、溶離溶液により吸着剤を効率良く再生することができる。

【００１３】

本発明の吸着剤の再生システムでは、前記溶離溶液は、所定の洗浄液に前記キレート剤としてのエチレンジアミン四酢酸が添加されることで、前記エチレンジアミン四酢酸の濃度が１０ｍＭを超え且つ１００ｍＭ以下の溶液であることを特徴としている。

【００１４】

従って、ゼオライトに対して、所定の濃度のエチレンジアミン四酢酸の溶離溶液を通水することで、エチレンジアミン四酢酸により吸着剤を効率良く再生することができる。

【００１５】

本発明の吸着剤の再生システムでは、前記吸着剤に通水した後の前記溶離溶液と前記洗浄液を濃縮処理する濃縮処理装置が設けられることを特徴としている。

【００１６】

従って、濃縮処理装置により吸着剤に通水した後の溶離溶液と洗浄液を濃縮処理することで、放射性廃棄物を減容することができる。

【００１７】

本発明の吸着剤の再生システムでは、前記濃縮処理装置は、二次廃棄物が除去された処理液を前記洗浄液通水装置に戻して前記洗浄液として利用することを特徴としている。

【００１８】

従って、放射性廃棄物を減容することができると共に、洗浄液を再利用して処理コストを低減することができる。

【００１９】

本発明の吸着剤の再生システムでは、前記濃縮処理装置は、二次廃棄物が除去された溶離溶液を前記溶離溶液通水装置に戻して前記溶離溶液として利用することを特徴としている。

【００２０】

従って、放射性廃棄物を減容することができると共に、溶離溶液を再利用して処理コストを低減することができる。

【００２１】

また、本発明の吸着剤の再生方法は、汚染水から放射性物質を除去する除染ラインに設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生方法において、前記吸着剤に対して前記汚染水の通水方向とは逆方向に放射性物質を除去する溶離溶液を通水する工程と、前記吸着剤に対して前記汚染水の通水方向とは逆方向に溶離溶液を除去する洗浄液を通水する工程と、を備えることを特徴とするものである。

【００２２】

従って、溶離溶液と洗浄剤により吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる。

【００２３】

また、本発明の吸着剤の再生方法は、汚染水から放射性物質を除去する除染ラインに設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生方法において、エチレンジアミン四酢酸が添加されることで、前記エチレンジアミン四酢酸の濃度が１０ｍＭを超え且つ４００ｍＭ以下の溶離溶液を前記吸着剤に通水することで、ストロンチウムを除去する、ことを特徴とするものである。

【００２４】

従って、所定濃度のエチレンジアミン四酢酸を吸着剤に通水することで、ストロンチウムを除去することができ、吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる。

【発明の効果】
【００２５】
本発明の吸着剤の再生システム及び方法によれば、吸着剤から放射性物質を除去する溶離溶液を通水し、吸着剤から溶離溶液を除去する洗浄液を通水するので、溶離溶液と洗浄剤により吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる。
【図面の簡単な説明】
【００２６】
【図１】図１は、放射性物質の処理システムを表す概略構成図である。
【図２】図２は、本実施形態の吸着剤の再生システムの一例を表す概略構成図である。
【図３】図３は、放射性物質の処理方法を表す概略図である。
【図４】図４は、吸着剤の一次洗浄方法を表す概略図である。
【図５】図５は、吸着剤の二次洗浄方法を表す概略図である。
【図６】図６は、ＥＤＴＡ洗浄濃度に対するＳｒ溶離率を表すグラフである。
【図７】図７は、吸着剤の再生状態を表すグラフである。
【図８】図８は、吸着剤の再生率を表すグラフである。
【図９】図９は、放射性廃棄物の処理方法を表す概略図である。
【図１０】図１０は、別の放射性廃棄物の処理方法を表す概略図である。
【図１１】図１１は、別の放射性廃棄物の処理方法を表す概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００２７】
以下、添付図面を参照して、本発明に係る吸着剤の再生システム及び方法の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせて構成するものも含むものである。
【００２８】
図１は、放射性物質の処理システムを表す概略構成図である。
【００２９】
本実施形態において、図１に示すように、放射性物質の処理システム１０は、汚染水としての海水から放射性物質を除去するものであり、第１汚濁物質除去装置１１と、第２汚濁物質除去装置１２と、海水除染装置１３とを備えている。
【００３０】
第１汚濁物質除去装置１１は、フィルタ２１と、ポンプ２２と、開閉弁２３と、第１汚濁物質除去タンク２４と、開閉弁２５と、貯留タンク２６とを有している。即ち、第１汚濁物質除去ラインＬ１は、上流部に海水中に浸漬されるフィルタ２１が装着され、下流側にポンプ２２、開閉弁２３、第１汚濁物質除去タンク２４、開閉弁２５、貯留タンク２６が順に装着されている。第１汚濁物質除去タンク２４は、海水を粗ろ過するものであり、海水中における第１所定粒径以上の異物を除去する。
【００３１】
第２汚濁物質除去装置１２は、開閉弁３１と、ポンプ３２、第２汚濁物質除去タンク３３（３３ａ，３３ｂ）とを有している。即ち、第２汚濁物質除去ラインＬ２は、上流部が第１汚濁物質除去ラインＬ１の下流部に接続され、下流側に開閉弁３１、ポンプ３２が順に装着された後、２つの分岐ラインＬ２ａ，Ｌ２ｂに分岐し、各分岐ラインＬ２ａ，Ｌ２ｂにそれぞれ第２汚濁物質除去タンク３３ａ，３３ｂが装着され、再び１つの第２汚濁物質除去ラインＬ２となる。第２汚濁物質除去タンク３３は、海水を精密粗ろ過するものであり、海水中における第１所定粒径より小さい第２所定粒径以上の異物を除去する。
【００３２】
海水除染装置１３は、開閉弁４１と、第１除染槽（カラム）４２と、第２除染槽（カラム）４３と、第３除染槽（カラム）４４と、第４除染槽（カラム）４５と、第５除染槽（カラム）４６と、開閉弁４７と、処理タンク４８とを有している。即ち、海水除染ラインＬ３は、上流部が第２汚濁物質除去ラインＬ２の下流部に接続され、下流側に開閉弁４１

、第１除染槽４２、第２除染槽４３、第３除染槽４４、第４除染槽４５、第５除染槽４６、開閉弁４７、処理タンク４８が順に装着されている。

【００３３】

各除染槽４２，４３，４４，４６，４６は、内部に吸着剤として、２価ないし３価の陽イオンを吸着することができる合成ゼオライトが充填され、海水を上部から下方に通水することで、放射性物質（ストロンチウムなど）を除去することができる。処理タンク４８は、放射性物質が除去された海水を貯留する。なお、本実施形態では、吸着剤としてゼオライトを適用したが、ゼオライトに限定されるものではない。例えば、吸着剤として、活性炭、モルデナイト、タンニンなどを適用してもよい。また、本実施形態では、除染槽を５個配置したが、その数に限定されるものではない。

【００３４】

そのため、まず、第１汚濁物質除去装置１１にて、ポンプ２２を駆動すると共に開閉弁２３，２５を開放すると、第１汚濁物質除去ラインＬ１を通してフィルタ２１に吸引力が作用し、フィルタ２１が海水を吸引して第１汚濁物質除去ラインＬ１に取り込む。すると、海水は、第１汚濁物質除去タンク２４により含有する第１所定粒径以上の異物（汚濁）が除去された後、貯留タンク２６に貯留される。次に、第２汚濁物質除去装置１２にて、ポンプ３２を駆動すると共に開閉弁３１を開放すると、第２汚濁物質除去ラインＬ２を通して貯留タンク２６に吸引力が作用し、貯留タンク２６の海水が第２汚濁物質除去ラインＬ２に流れる。すると、海水は、第２汚濁物質除去タンク３３により含有する第２所定粒径以上の異物（汚濁）が除去される。なお、第２汚濁物質除去タンク３３は、第２汚濁物質除去タンク３３ａ，３３ｂが並設された分岐ラインＬ２ａ，Ｌ２ｂに設けられていることから、海水を交互に流して処理してもよい。

【００３５】

続いて、海水除染装置１３にて、開閉弁４１，４７を開放すると、第２汚濁物質除去装置１２で処理された海水が海水除染ラインＬ３に流れる。すると、海水は、各除染槽４２，４３，４４，４５，４６にて、合成ゼオライトにより放射性物質（ストロンチウムなど）が除去され、処理水が処理タンク４８に貯留される。そして、処理タンク４８の処理水は、海洋に戻される。

【００３６】

ところで、各除染槽４２，４３，４４，４５，４６は、合成ゼオライト（以下、ゼオライト）により放射性物質として、主にストロンチウム（Ｓｒ）を吸着して除去することから、除染時間の経過と共にその吸着性能が低下する。そのため、定期的にゼオライトを再生する必要がある。

【００３７】

図２は、本実施形態の吸着剤の再生システムの一例を表す概略構成図である。なお、海水除染装置１３は、前述したように、５個の除染槽４２，４３，４４，４５，４６が直列に配置されているが、第１除染槽４２と第５除染槽４６だけを表し、他の除染槽４３，４４，４５は、省略してある。

【００３８】

本実施形態の吸着剤の再生システムは、汚染水から放射性物質を除去する除染ラインに設けられる吸着剤を再生処理するものである。ここでは、各除染槽４２，４３，４４，４５，４６に充填された吸着剤としてのゼオライトから放射性物質としてのストロンチウムを分離して除去する。

【００３９】

本実施形態において、図２に示すように、海水除染装置１３において、海水除染ラインＬ３に５個の第１除染槽４２～除染槽４６が直列に配置されており、第１除染槽４２より上流側に開閉弁４１が配置され、第５除染槽４６より下流側に開閉弁４７が配置されている。この場合、各除染槽４２～４６は、複数組（本実施形態では、２組）が並列に配置されている。即ち、海水除染ラインＬ３は、中途部が並列をなす海水除染分岐ラインＬ３ａ，Ｌ３ｂに分岐され、一方の海水除染分岐ラインＬ３ａに第１除染槽４２ａから第５除染

槽４６ａが配置され、他方の海水除染分岐ラインＬ３ｂに第１除染槽４２ｂから第５除染槽４６ｂが配置されている。そして、一方の海水除染分岐ラインＬ３ａは、第１除染槽４２ａの上流側に切替弁５１ａが配置され、第５除染槽４６ａの下流側に切替弁５２ａが配置され、他方の海水除染分岐ラインＬ３ｂは、第１除染槽４５ｂの上流側に切替弁５１ｂ，５２ｂが配置され、第５除染槽４６ｂの下流側に切替弁５２ｂが配置されている。

【００４０】

そのため、切替弁５１ａ，５２ａを開放し、切替弁５１ｂ，５２ｂを閉止することで、第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａを使用して海水からゼオライトによりストロンチウムを分離除去する。また、切替弁５１ａ，５２ａを閉止し、切替弁５１ｂ，５２ｂを開放することで、第１除染槽４２ｂから第５除染槽４６ｂを使用して海水からゼオライトによりストロンチウムを分離除去する。

【００４１】

本実施形態において、吸着剤の再生システム６０は、溶離溶液通水装置６１と、洗浄液通水装置６２とを備えている。

【００４２】

溶離溶液通水装置６１は、第１除染槽４２（４２ａ，４２ｂ）から第５除染槽４６（４６ａ，４６ｂ）に充填された各ゼオライト（吸着剤）からストロンチウム（放射性物質）を除去する溶離溶液を通水するものである。また、洗浄液通水装置６２は、溶離溶液通水装置６１により第１除染槽４２（４２ａ，４２ｂ）から第５除染槽４６（４６ａ，４６ｂ）の各ゼオライトに溶離溶液を通水した後、各除染槽４５，４６のゼオライトから溶離溶液を除去する洗浄液を通水するものである。

【００４３】

即ち、供給ラインＬ１１は、先端部が供給分岐ラインＬ１１ａ，Ｌ１１ｂに分岐され、一方の供給分岐ラインＬ１１ａが海水除染分岐ラインＬ３ａにおける第５除染槽４６ａと切替弁５２ａとの間に接続され、他方の供給分岐ラインＬ１１ｂが海水除染分岐ラインＬ３ｂにおける第５除染槽４６ｂと切替弁５２ｂとの間に接続されている。そして、供給分岐ラインＬ１１ａ，Ｌ１１ｂは、それぞれ切替弁７１ａ，７１ｂが設けられ、供給ラインＬ１１は、ポンプ７２が設けられている。

【００４４】

排出ラインＬ２１は、基端部が排出分岐ラインＬ２１ａ，Ｌ２１ｂに分岐され、一方の排出分岐ラインＬ２１ａが海水除染分岐ラインＬ３ａにおける第１除染槽４２ａと切替弁５１ａとの間に接続され、他方の排出分岐ラインＬ２１ｂが海水除染分岐ラインＬ３ｂにおける第１除染槽４２ｂと切替弁５１ｂとの間に接続されている。そして、排出分岐ラインＬ２１ａ，Ｌ２１ｂは、それぞれ切替弁７３ａ，７３ｂが設けられている。

【００４５】

溶離溶液供給ラインＬ１２は、開閉弁７４が設けられ、基端部に溶離溶液貯留タンク７５が設けられ、先端部が供給ラインＬ１１の基端部に接続されている。一方、溶離溶液排出ラインＬ２２は、開閉弁７６が設けられ、基端部が排出ラインＬ２１の先端部に接続され、先端部に溶離溶液排水タンク７７が設けられている。

【００４６】

また、洗浄液供給ラインＬ１３は、開閉弁７８が設けられ、基端部に洗浄液貯留タンク７９が設けられ、先端部が供給ラインＬ１１の基端部に接続されている。一方、洗浄液排出ラインＬ２３は、開閉弁８０が設けられ、基端部が排出ラインＬ２１の先端部に接続され、先端部に洗浄液排水タンク８１が設けられている。

【００４７】

この場合、溶離溶液通水装置６１は、各除染槽４２～４６のゼオライトに対して汚染水の通水方向とは逆方向に溶離溶液を通水する。また、洗浄液通水装置６２は、各除染槽４２～４６のゼオライトに対して汚染水の通水方向とは逆方向に洗浄液を通水する。

【００４８】

前述したように、第１除染槽４２（４２ａ，４２ｂ）から第５除染槽４６（４６ａ，４

６ｂ）に充填され吸着剤は、ゼオライトであり、ゼオライトからストロンチウムを分離除去する溶離溶液は、所定の洗浄液（例えば、純水）にキレート剤が添加された溶液である。具体的に、この溶離溶液は、純水にキレート剤としてのエチレンジアミン四酢酸（ＥＤＴＡ）が添加されたものであり、溶離溶液におけるエチレンジアミン四酢酸の濃度は、１０ｍＭ［ｍｍｏｌ／Ｌ］を超え、且つ、１００ｍＭ［ｍｍｏｌ／Ｌ］以下の溶液であることが望ましい。また、その後、ゼオライトから溶離溶液を分離除去する洗浄液は、例えば、純水である。

【００４９】

なお、図６は、ＥＤＴＡ洗浄濃度に対するＳｒ溶離率を表すグラフである。ここで、溶離溶液におけるエチレンジアミン四酢酸の濃度を、１０ｍＭを超え、且つ、１００ｍＭ以下の溶液としたが、図６に示すように、溶離溶液におけるエチレンジアミン四酢酸の濃度が１００ｍＭを超えても、Ｓｒ溶離率がほとんど上昇しないことから、好ましくは、１０ｍＭを超え、且つ、１００ｍＭ以下であることがこのましい。

【００５０】

ここで、本実施形態の吸着剤の再生システムを用いた吸着剤の再生方法について説明する。図３は、放射性物質の処理方法を表す概略図、図４は、吸着剤の一次洗浄方法を表す概略図、図５は、吸着剤の二次洗浄方法を表す概略図である。

【００５１】

本実施形態の吸着剤の再生方法は、汚染水から放射性物質を除去する海水除染ラインＬ３に設けられる吸着剤（ゼオライト）を再生処理するものであって、吸着剤に対して汚染水の通水方向とは逆方向に放射性物質（ストロンチウム）を除去する溶離溶液を通水する工程と、吸着剤に対して汚染水の通水方向とは逆方向に溶離溶液を除去する洗浄液を通水する工程とを備えている。このとき、エチレンジアミン四酢酸が添加されることで、エチレンジアミン四酢酸の濃度が１０ｍＭを超え且つ４００ｍＭ以下の溶離溶液を吸着剤に通水することでストロンチウムを除去する。

【００５２】

図３に示すように、海水除染装置１３にて、切替弁５１ａ，５２ａを開放し、切替弁５１ｂ，５２ｂを閉止すると、海水が海水除染ラインＬ３から海水除染分岐ラインＬ３ａに流れることで、第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａを使用し、海水からゼオライトによりストロンチウムを分離除去する。ここで、吸着剤の再生システム６０の溶離溶液通水装置６１及び洗浄液通水装置６２は、作動していない。

【００５３】

第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａを使用して海水からストロンチウムを分離除去すると、各ゼオライトに吸着されるストロンチウムの量が増加し、吸着効率が低下する。そのため、図４に示すように、切替弁５１ａ，５２ａを閉止し、切替弁５１ｂ，５２ｂを開放し、海水を海水除染ラインＬ３から海水除染分岐ラインＬ３ｂに流すことで、第１除染槽４２ｂから第５除染槽４６ｂを使用し、海水からゼオライトによりストロンチウムを分離除去する。このとき、吸着剤の再生システム６０により第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａの各ゼオライトを再生処理する。

【００５４】

まず、切替弁７１ａ，７３ａを開放する一方、切替弁７１ｂ，７３ｂを閉止し、開閉弁７４，７６を開放する一方、開閉弁７８，８０を閉止し、ポンプ７２を駆動する。すると、溶離溶液貯留タンク７５の溶離溶液が溶離溶液供給ラインＬ１２、供給ラインＬ１１、供給分岐ラインＬ１１ａを通って第５除染槽４６ａから第１除染槽４２ａの順に通水される。そして、第５除染槽４６ａから第１除染槽４２ａを通水された溶離溶液は、排出分岐ラインＬ２１ａ、排出ラインＬ２１、溶離溶液排出ラインＬ２２を通って溶離溶液排水タンク７７に排出される。この作業を所定期間継続することで、第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａに充填された各ゼオライトは、吸着したストロンチウムが溶離され、再生処理される。

【００５５】

次に、図５に示すように、開閉弁７４，７６を閉止する一方、開閉弁７８，８０を開放し、ポンプ７２を駆動する。すると、洗浄液貯留タンク７９の洗浄液が洗浄液供給ラインＬ１３、供給ラインＬ１１、供給分岐ラインＬ１１ａを通って第５除染槽４６ａから第１除染槽４２ａの順に通水される。そして、第５除染槽４６ａから第１除染槽４２ａを通水された洗浄液は、排出分岐ラインＬ２１ａ、排出ラインＬ２１、洗浄液排出ラインＬ２３を通って洗浄液排水タンク８１に排出される。この作業を所定期間継続することで、第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａに充填された各ゼオライトは、付着した溶離溶液が洗浄され、再生処理される。

【００５６】

その後、第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａの各ゼオライトが再生処理される一方、第１除染槽４２ｂから第５除染槽４６ｂの各ゼオライトに吸着されるストロンチウムの量が増加し、吸着効率が低下すると、切替弁５１ａ，５２ａを開放し、切替弁５１ｂ，５２ｂを閉止し、海水を海水除染ラインＬ３から海水除染分岐ラインＬ３ａに流すことで、第１除染槽４２ａから第５除染槽４６ａを使用し、海水からゼオライトによりストロンチウムを分離除去する。そして、このとき、吸着剤の再生システム６０により第１除染槽４２ｂから第５除染槽４６ｂの各ゼオライトを再生処理する。

【００５７】

図７は、吸着剤の再生状態を表すグラフ、図８は、吸着剤の再生率を表すグラフである。

【００５８】

図７に示すように、第１除染槽４２から第５除染槽４６のゼオライトに対して溶離溶液を通水して洗浄時間が経過すると、ゼオライトからのストロンチウムの溶離率が一時的に増加した後、ほぼ０まで低下する。このことから、第１除染槽４２から第５除染槽４６に対する溶離溶液の適正な通水時間が規定される。また、図８に示すように、第１除染槽４２から第５除染槽４６のゼオライトに対して溶離溶液による洗浄回数が増加するごとに、ゼオライトによるストロンチウムの捕集率（吸着剤の再生率）が若干低下するものの、１０回の洗浄回数に対しても、ゼオライトによるストロンチウムの捕集率は、使用前の７０％以上を維持することができる。

【００５９】

ところで、本実施形態の吸着剤の再生システム６０は、吸着剤としてのゼオライトを再生した場合、溶離溶液排水タンク７７に放射性物質（ストロンチウム）を含んだ溶離溶液が貯留され、洗浄液排水タンク８１に放射性物質（ストロンチウム）や溶離溶液を含んだ洗浄液が貯留され、これらが放射性物質を含んだ二次廃棄物となってしまう。そこで、本実施形態では、この放射性物質を含んだ二次廃棄物を処理することで減容化を可能としている。

【００６０】

図９は、放射性廃棄物の処理方法を表す概略図である。吸着剤の再生システム６０は、図９に示すように、ゼオライト（吸着剤）１０１に通水した後の溶離溶液（ＥＤＴＡ溶液）と洗浄液を濃縮処理する濃縮処理装置１１１が設けられている。即ち、溶離溶液貯留タンク７５から、ストロンチウムを吸着したゼオライト１０１ａに対して、溶離溶液（ＥＤＴＡ溶液）を通水すると、ストロンチウムが除去されて溶離溶液が付着したゼオライト１０１ｂとなる。洗浄液貯留タンク７９から、溶離溶液が吸着したゼオライト１０１ｂに対して、洗浄液を通水すると、溶離溶液が除去されて再生されたゼオライト１０１ｃとなる。濃縮処理装置１１１は、溶離溶液排水タンク７７にあるＥＤＴＡ＋Ｓｒ溶液と、使用済洗浄液とを濃縮処理（例えば、ＲＯ膜による分離、蒸発処理など）することで、洗浄液（処理液）とＥＤＴＡ＋Ｓｒに分離する。そして、洗浄液を洗浄液貯留タンク７９に戻す一方、ＥＤＴＡ＋Ｓｒを二次廃棄物として処理する。

【００６１】

なお、二次廃棄物の処理方法は、上述した構成に限定されるものではない。図１０及び図１１は、別の放射性廃棄物の処理方法を表す概略図である。

【００６２】
図１０に示すように、ゼオライト（吸着剤）１０１に通水した後の溶離溶液（ＥＤＴＡ溶液）と洗浄液を濃縮処理する濃縮処理装置１１２，１１３が設けられている。即ち、濃縮処理装置１１２は、溶離溶液排水タンク７７にあるＥＤＴＡ＋Ｓｒ溶液を濃縮処理（例えば、乾燥処理など）することで、洗浄液（処理液）とＥＤＴＡ＋Ｓｒに分離する。そして、洗浄液を洗浄液貯留タンク７９に戻す一方、ＥＤＴＡ＋Ｓｒを二次廃棄物として処理する。また、濃縮処理装置１１３は、使用済洗浄液を濃縮処理（例えば、ＲＯ膜による分離、蒸発処理など）することで、洗浄液（処理液）とＥＤＴＡ（＋Ｓｒ）に分離する。そして、洗浄液を洗浄液貯留タンク７９に戻す一方、ＥＤＴＡ（＋Ｓｒ）を溶離溶液排水タンク７７に送給する。

【００６３】
また、図１１に示すように、ゼオライト（吸着剤）１０１に通水した後の溶離溶液（ＥＤＴＡ溶液）と洗浄液を濃縮処理する濃縮処理装置１１４，１１５が設けられている。即ち、濃縮処理装置１１４は、溶離溶液排水タンク７７にあるＥＤＴＡ＋Ｓｒ溶液を分離処理（例えば、ＲＯ膜による分離など）することで、ＥＤＴＡ溶液（処理液）とＳｒに分離する。そして、ＥＤＴＡ溶液を溶離溶液貯留タンク７５に戻す一方、Ｓｒを二次廃棄物として処理する。また、濃縮処理装置１１５は、使用済洗浄液を濃縮処理（例えば、ＲＯ膜による分離、蒸発処理など）することで、洗浄液（処理液）とＥＤＴＡ（＋Ｓｒ）に分離する。そして、洗浄液を洗浄液貯留タンク７９に戻す一方、ＥＤＴＡ（＋Ｓｒ）を溶離溶液排水タンク７７に送給する。

【００６４】
このように本実施形態の吸着剤の再生システムにあっては、汚染水から放射性物質を除去する海水除染ラインＬ３に設けられる吸着剤を再生処理する吸着剤の再生システム６０において、吸着剤から放射性物質を除去する溶離溶液を通水する溶離溶液通水装置６１と、吸着剤から溶離溶液を除去する洗浄液を通水する洗浄液通水装置６２とを設けている。

【００６５】
従って、溶離溶液通水装置６１が吸着剤に溶離溶液を通水することで、この吸着剤から放射性物質を除去することができ、洗浄液通水装置６２が吸着剤に洗浄液を通水することで、この吸着剤から溶離溶液を除去することができる。その結果、溶離溶液と洗浄剤により吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる。

【００６６】
本実施形態の吸着剤の再生システムでは、溶離溶液通水装置６１は、吸着剤に対して汚染水の通水方向とは逆方向に溶離溶液を通水する。従って、吸着剤に対して汚染水の通水方向と逆方向に溶離溶液を通水することで、下流側の比較的放射性物質が付着していない吸着位置側から、上流側の比較的放射性物質が付着している吸着位置側へ溶離溶液を通水することとなり、少ない量の溶離溶液により吸着剤の再生を効率良く行うことができる。

【００６７】
本実施形態の吸着剤の再生システムでは、吸着剤をゼオライトとし、溶離溶液を所定の洗浄液にキレート剤が添加された溶液としている。具体的に、所定の洗浄液にキレート剤としてのエチレンジアミン四酢酸が添加されることで、エチレンジアミン四酢酸の濃度が１０ｍＭを超え且つ４００ｍＭ以下の溶離溶液としている。従って、ゼオライトに対して、所定濃度のエチレンジアミン四酢酸溶液を通水することで、溶離溶液により吸着剤を効率良く再生することができる。

【００６８】
本実施形態の吸着剤の再生システムでは、吸着剤に通水した後の溶離溶液と洗浄液を濃縮処理する濃縮処理装置１１１，１１２，１１３，１１４，１１５を設けている。従って、濃縮処理装置１１１，１１２，１１３，１１４，１１５により吸着剤に通水した後の溶離溶液と洗浄液を濃縮処理することで、放射性廃棄物を減容することができる。

【００６９】
この場合、二次廃棄物が除去された処理液を洗浄液として利用することで、洗浄液を再

利用して処理コストを低減することができる。また、二次廃棄物が除去された溶離溶液を溶離溶液として利用することで、溶離溶液を再利用して処理コストを低減することができる。

【００７０】

また、本実施形態の吸着剤の再生方法にあっては、吸着剤に対して汚染水の通水方向とは逆方向に放射性物質を除去する溶離溶液を通水する工程と、吸着剤に対して汚染水の通水方向とは逆方向に溶離溶液を除去する洗浄液を通水する工程とを設けている。従って、溶離溶液と洗浄剤により吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる。

【００７１】

また、本実施形態の吸着剤の再生方法にあっては、エチレンジアミン四酢酸が添加されることで、エチレンジアミン四酢酸の濃度が１０ｍＭを超え且つ４００ｍＭ以下の溶離溶液を吸着剤に通水することでストロンチウムを除去している。従って、所定濃度のエチレンジアミン四酢酸を吸着剤に通水することで、ストロンチウムを除去することができ、吸着剤を効率良く再生することで再生コストを低減することができる。

【００７２】

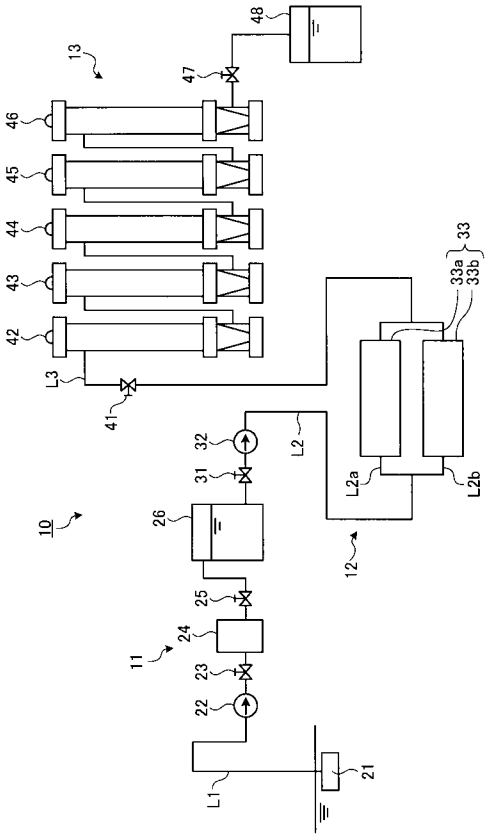
なお、上述した実施形態にて、汚染水として海水を適用したが、海水に限らず、地下水やその他の水に対しても適用することができる。

【符号の説明】

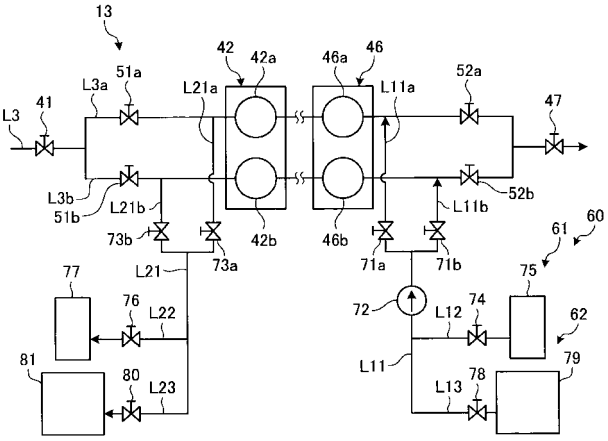
【００７３】

１０　放射性物質の処理システム
１１　第１汚濁物質除去装置
１２　第２汚濁物質除去装置
１３　海水除染装置
２４　第１汚濁物質除去タンク
３３，３３ａ，３３ｂ　第２汚濁物質除去タンク
４２　第１除染槽
４３　第２除染槽
４４　第３除染槽
４５，４５ａ，４５ｂ　第４除染槽
４６，４６ａ，４６ｂ　第５除染槽
５１ａ，５１ｂ，５２ａ，５２ｂ　切替弁
６０　吸着剤の再生システム
６１　溶離溶液通水装置
６２　洗浄液通水装置
７１ａ，７１ｂ，７３ａ，７３ｂ　切替弁
７２　ポンプ
７４，７６，７８，８０　開閉弁
７５　溶離溶液貯留タンク
７７　溶離溶液排水タンク
７９　洗浄液貯留タンク
８１　洗浄液排水タンク
１１１，１１２，１１３，１１４，１１５　濃縮処理装置
Ｌ３　海水除染ライン
Ｌ１１　供給ライン
Ｌ１２　溶離溶液供給ライン
Ｌ１３　洗浄液供給ライン
Ｌ２１　排水ライン
Ｌ２２　溶離溶液排水ライン
Ｌ２３　洗浄液排水ライン

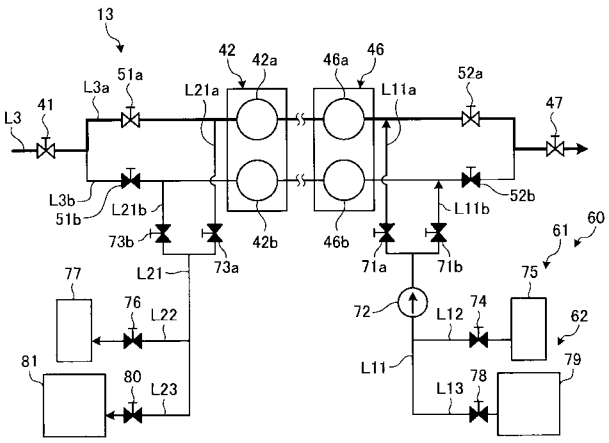
【図１】


48
13
47
46
45
44
43
42
33
33a
33b
L3
41
32
31
L2
L2a
L2b
10
26
12
25
24
11
23
22
21
L1

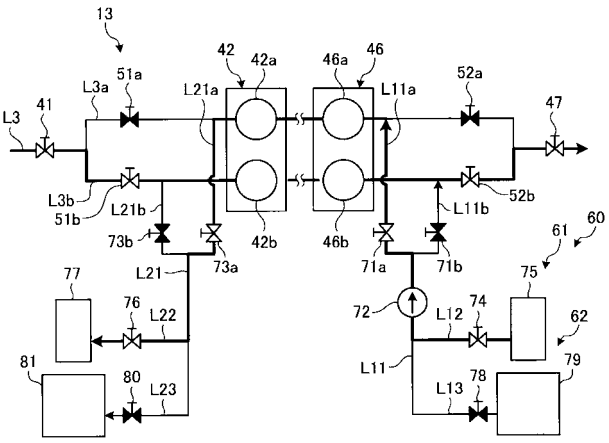
【図２】


13
42
42a
46a
46
51a
52a
47
L3
41
L3a
L21a
L11a
L3b
51b
L21b
52b
L11b
73b
42b
46b
73a
71a
71b
61
60
77
L21
75
76
L22
72
L12
74
62
81
80
L23
L11
78
79
L13

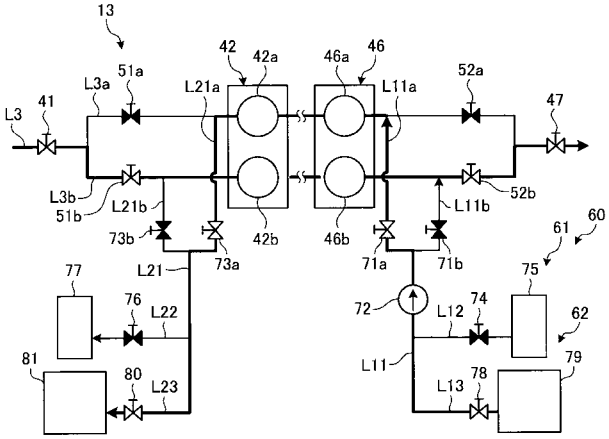
【図３】


13
42
42a
46a
46
51a
52a
47
L3
41
L3a
L21a
L11a
L3b
51b
L21b
52b
L11b
73b
42b
46b
73a
71a
71b
61
60
77
L21
75
76
L22
72
L12
74
62
81
80
L23
L11
78
79
L13

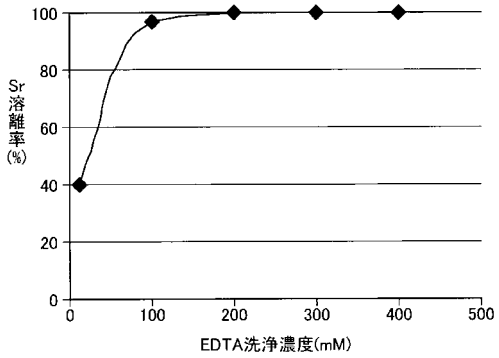
【図４】


13
42
42a
46a
46
51a
52a
47
L3
41
L3a
L21a
L11a
L3b
51b
L21b
52b
L11b
73b
42b
46b
73a
71a
71b
61
60
77
L21
75
76
L22
72
L12
74
62
81
80
L23
L11
78
79
L13

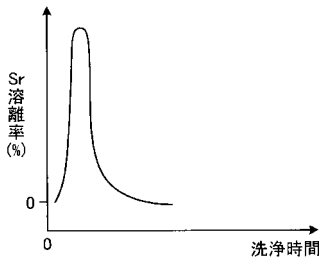
【図５】



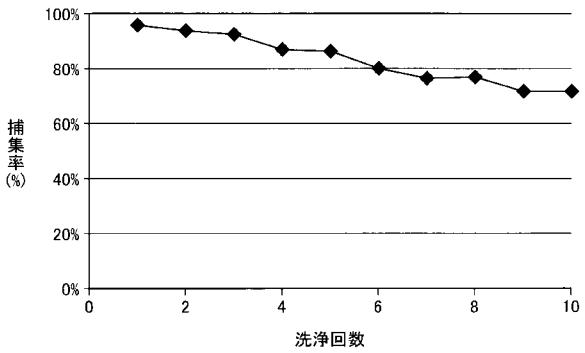
【図６】



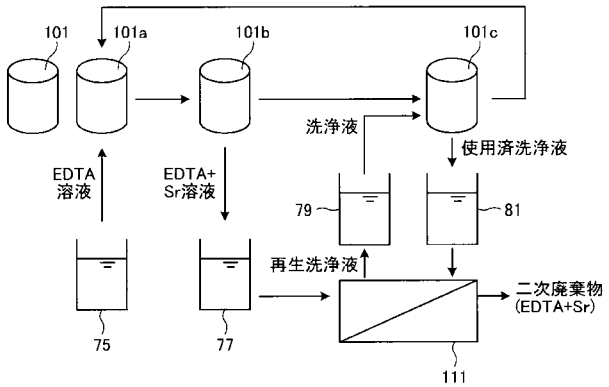
【図７】



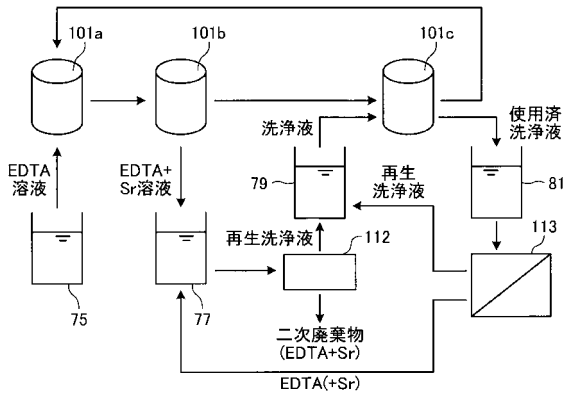
【図８】



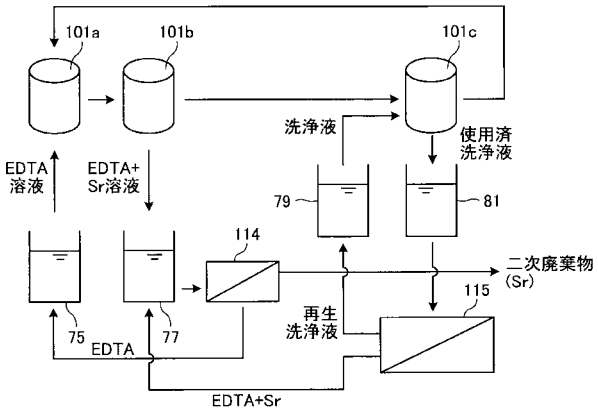
【図９】



【図１０】



【図１１】


101a
101b
101c
洗浄液
使用済
洗浄液
EDTA
溶液
EDTA+
Sr溶液
79
81
114
二次廃棄物
(Sr)
115
再生
洗浄液
75
EDTA
77
EDTA+Sr

フロントページの続き

(72)発明者　小川　尚樹
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　中嶋　祐二
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

Ｆターム(参考) 4G066 AA61B AB07D AB10D AB13D CA12 CA45 DA07 GA11 GA25 GA35
GA39