

明 細 書

発明の名称：

バラスト水処理方法及びそれに用いるバラスト水処理装置

技術分野

[0001] 本開示は、バラスト水処理方法及びそれに用いるバラスト水処理装置に関する。

背景技術

[0002] タンカーや大型貨物船等といった船舶においては、オイルや貨物を搭載しない又はそれらの搭載量が少ない状態で航行する場合、船舶の安定性やバランスの確保のために、通常、バラストタンク内にバラスト水を収容して航行している。このバラスト水は、通常、荷揚げした港において海水などを汲み上げて注入し、荷積みした港において排出される。このように、バラスト水は荷揚げした港の海水などを使用することから、バラスト水には荷揚げした港周辺に生息する水生微生物等が含まれ、この水生微生物が荷積みした港においてバラスト水とともに排出される。

[0003] バラスト水の処理方法としては、例えば、特許文献 1、及び特許文献 2 等がある。特許文献 1 には、海水を電気分解する電解槽と、バラストタンクと電解槽とを接続する循環ポンプと、電解槽に直流電圧供給を制御し、且つ、バラストタンク内の微細海洋生物を死滅させるためにバラスト水中の次亜塩素酸濃度を調整するように循環ポンプを制御する制御部とを備える電解式バラスト水処理装置が開示されている。特許文献 2 には、流水と最初に接触する 1 段目の電極が板状電極であって、2 段目以降の電極組は網状電極である、船舶用のバラスト水の電解消毒装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特許 4 4 7 8 1 5 9 号

特許文献 2：特許 4 7 2 3 6 4 7 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記の通り、バラスト水管理条約が採択されてバラスト水処理装置の設置が義務付けられたことにより、バラスト水を処理可能となる新たな技術がいつそう求められることとなった。そこで、バラスト水の処理に利用可能な、液体の新たな処理方法及び処理装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示は、一又は複数の態様において、筐体内の貯留手段に供給する供給液に対し、水生生物の不活性化処理及び遠心力を用いた物理的処理の少なくとも一方を行うことを含む貯留工程と、前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に対し、水生生物の不活性化処理の要否の決定、その決定に応じた処理の実施及び遠心力を用いた物理的処理を行うことを含む排出工程と、を含む液体の処理方法に関する。

[0007] 本開示は、一又は複数の態様において、筐体内の貯留手段に供給する供給液に対し、遠心力を用いた物理的処理を行い、筐体に配置された貯留手段に貯留することを含み、前記物理的処理を行う装置への流速は、1～10 m／秒である液体の処理方法に関する。

[0008] 本開示は、一又は複数の態様において、筐体内の貯留手段から筐体外に排出する排出液に、遠心力を用いた物理的処理を行うこと、及び前記処理を行った排出液を前記筐体外に排出することを含み、前記物理的処理を行う装置への流速は、1～10 m／秒である液体の処理方法に関する。

[0009] 本開示は、一又は複数の態様において、筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、水生生物の不活性化処理を行う不活性化手段と、筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、遠心力を用いた物理的処理を行う物理的手段と、前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理の有無を決定する制御部と、を備える液体の処理装置に関する。

[0010] 本開示は、一又は複数の態様において、筐体内の貯留手段に供給する供給

液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、入口流速 1 ～ 10 m／秒で、遠心力を用いた物理的処理を行う物理的手段を備える液体の処理装置に関する。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、一又は複数の実施形態において、バラスト水の処理に利用可能な、液体の新たな処理方法及び処理装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図 1 は、実施の形態 1 におけるバラスト水処理方法の説明に用いる概略構成図である。

[図2]図 2 は、実施の形態 2 におけるバラスト水処理方法の説明に用いる概略構成図である。

[図3]図 3 は、遠心分離装置と中和剤添加手段の配置の一例を示す概略構成図である。

[図4]図 4 は、実施の形態 3 におけるバラスト水処理方法の説明に用いる概略構成図である。

[図5]図 5 は、実施の形態 4 におけるバラスト水処理方法の説明に用いる概略構成図である。

[図6]図 6 は、遠心分離装置と電気分解装置 2 の配置の一例を示す概略構成図である。

[図7]図 7 は、実施の形態 5 におけるバラスト水処理方法の説明に用いる概略構成図である。

[図8]図 8 は、実施の形態 6 におけるバラスト水処理方法の説明に用いる概略構成図である。

[図9]図 9 は、実施の形態 7 におけるバラスト水処理方法の説明に用いる概略構成図である。

[図10]図 10 は、実施例に用いた実験装置の概略構成図である。

[図11]図 11 は、液体サイクロンの構造の説明に用いる概略図である。

[図12]図 12 は、液体サイクロンの接地角度の説明に用いる概略図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本開示は、以下の一又は複数の実施形態に関しうる；

〔１〕 筐体内の貯留手段に供給する供給液に対し、水生生物の不活性化処理及び遠心力を用いた物理的処理の少なくとも一方を行うことを含む貯留工程と、

前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に対し、水生生物の不活性化処理の要否の決定、その決定に応じた処理の実施及び遠心力を用いた物理的処理を行うことを含む排出工程と、を含む、
液体の処理方法。

〔２〕 前記不活性化処理は、水生生物に対して不活性化能力を有する物質を、前記供給液又は前記排出液に混和させることを含む、〔１〕記載の処理方法。

〔３〕 前記混和は、混和する被処理液における前記不活性化能力を有する物質の濃度を監視しながら行う、〔２〕記載の処理方法。

〔４〕 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、〔２〕又は〔３〕に記載の処理方法。

〔５〕 前記供給液又は前記排出液を電気分解し、前記塩素含有物質を生成することを含む、〔４〕記載の処理方法。

〔６〕 前記塩素含有物質の濃度を $0.1 \text{ mg/L} \sim 20 \text{ mg/L}$ に制御することを含む、〔４〕又は〔５〕に記載の処理方法。

〔７〕 前記排出液に対する不活性化処理の要否の決定は、前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度に基づいて行う、〔２〕から〔６〕のいずれかに記載の処理方法。

〔８〕 前記排出液に対する不活性化処理が必要であると判断された場合は、前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理を行う、〔７〕記載の処理方法。

〔９〕 前記物理的処理は、前記供給液又は前記排出液から殻を有しかつ殻高が $50 \mu\text{m}$ 以上の水生生物を遠心力を用いて分離すること、又は、前記供

給液又は前記排出液を遠心力を用いて攪拌することを含む、〔１〕から〔８〕のいずれかに記載の処理方法。

〔１０〕 前記分離又は攪拌を行う装置への流速は、１～１０ｍ／秒である、〔９〕記載の処理方法。

〔１１〕 前記排出工程は、前記排出液に、前記不活性化能力を有する物質を中和する中和剤を添加することを含む、〔１〕から〔１０〕のいずれかに記載の処理方法。

〔１２〕 筐体内の貯留手段に供給する供給液に対し、遠心力を用いた物理的処理を行い、筐体に配置された貯留手段に貯留することを含み、前記物理的処理を行う装置への流速は、１～１０ｍ／秒である、液体の処理方法。

〔１３〕 前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に対し、遠心力を用いた物理的処理を行う、〔１２〕記載の処理方法。

〔１４〕 前記物理的処理は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液から殻を有しかつ殻高が５０μｍ以上の水生生物を分離すること、又は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液を攪拌することを含む、〔１２〕又は〔１３〕に記載の処理方法。

〔１５〕 前記供給液及び／又は前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理を行うことを含む、〔１２〕から〔１４〕のいずれかに記載の処理方法。

〔１６〕 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、〔１５〕記載の処理方法。

〔１７〕 前記供給液又は前記排出液を電気分解し、前記塩素含有物質を生成することを含む、〔１６〕記載の処理方法。

〔１８〕 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度に基づいて前記不活性化能力を有する物質を中和させる中和剤の添加を決定することを含む、〔１５〕から〔１７〕のいずれかに記載の処理方法。

〔１９〕 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度を測定することを含む、〔１８〕記載の処理方法。

〔20〕 筐体内の貯留手段から筐体外に排出する排出液に、遠心力を用いた物理的処理を行うこと、及び前記処理を行った排出液を前記筐体外に排出することを含み、

前記物理的処理を行う装置への流速は、1～10 m／秒である、液体の処理方法。

〔21〕 前記物理的処理は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液から殻を有しかつ殻高が50 μ m以上の水生生物を分離すること、又は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液を攪拌することを含む、〔20〕記載の処理方法。

〔22〕 前記供給液及び／又は前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理を行うことを含む、〔20〕又は〔21〕に記載の処理方法。

〔23〕 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、〔22〕記載の処理方法。

〔24〕 前記供給液又は前記排出液を電気分解し、前記塩素含有物質を生成することを含む、〔23〕記載の処理方法。

〔25〕 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度に基づいて前記不活性化能力を有する物質を中和させる中和剤の添加を決定することを含む、〔22〕から〔24〕のいずれかに記載の処理方法。

〔26〕 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度を測定することを含む、〔25〕記載の処理方法。

〔27〕 前記貯留手段は、バラストタンクである、〔1〕から〔26〕のいずれかに記載の処理方法。

〔28〕 筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、水生生物の不活性化処理を行う不活性化手段と、

筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、遠心力を用いた物理的処理を行う物理的手段と、

前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理の有無を決定する制御部と、を

備える液体の処理装置。

〔29〕 前記不活性化手段は、水生生物に対して不活性化能力を有する物質を混和させる手段を有する、〔28〕記載の処理装置。

〔30〕 供給液及び貯留手段における不活性化能力を有する物質の濃度を監視する監視手段を、さらに備え、
前記制御部は、前記監視手段により得られた前記濃度に基づき、前記混和手段を制御する、〔29〕記載の処理装置。

〔31〕 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、〔29〕又は〔30〕に記載の処理装置。

〔32〕 前記不活性化手段は、前記供給液又は排出液から塩素含有物質を生成する処理槽を備える、〔31〕記載の処理装置。

〔33〕 前記処理槽は、前記供給液又は排出液を電気分解して塩素含有物質を生成する電解槽を備える、〔32〕記載の処理装置。

〔34〕 前記不活性化能力を有する物質を中和する中和剤を、前記排出液に添加する中和手段を、さらに備える、〔29〕から〔33〕のいずれかに記載の処理装置。

〔35〕 前記物理的手段は、遠心力を用いた分離又は攪拌手段である、〔28〕から〔34〕のいずれかに記載の処理装置。

〔36〕 筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、入口流速1～10m／秒で、遠心力を用いた物理的処理を行う物理的手段を備える液体の処理装置。

〔37〕 前記物理的手段は、遠心力を用いた分離又は攪拌手段である、〔36〕記載の処理装置。

〔38〕 筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、水生生物の不活性化処理を行う不活性化手段を、さらに備える、〔36〕又は〔37〕に記載の処理装置。

〔39〕 前記不活性化手段は、水生生物に対して不活性化能力を有する物質を混和させる手段を有する、〔38〕記載の処理装置。

〔４０〕 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、〔３９〕記載の処理装置。

〔４１〕 前記不活性化手段は、前記供給液又は排出液から塩素含有物質を生成する処理槽を備える、〔４０〕記載の処理装置。

〔４２〕 前記処理槽は、前記供給液又は排出液を電気分解して塩素含有物質を生成する電解槽を備える、〔４１〕記載の処理装置。

〔４３〕 前記不活性化能力を有する物質を中和する中和剤を、前記排出液に添加する中和手段を、さらに備える、〔３９〕から〔４２〕のいずれかに記載の処理装置。

〔４４〕 筐体の外から取水した液体を電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理を行うこと、
前記不活性化処理を行った処理液を遠心力を用いた分離処理を行うこと、及び
前記分離処理して得られた上澄液を筐体内の貯留手段に貯留すること、を含む、液体の処理方法。

〔４５〕 筐体内の貯留手段に貯留された液体を前記貯留手段から排出し、排出した液体を電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理を行うこと、
前記不活性化処理を行った処理液を遠心力を用いた分離処理を行うこと、及び
前記分離処理して得られた上澄液を筐体外に排出すること、を含み、
前記不活性化処理と前記分離処理との間、又は前記分離処理と前記筐体外への排出との間に、前記塩素含有物質を中和する中和剤を混和することを含む、液体の処理方法。

〔４６〕 筐体の外から取水した液体を電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理Ａを行うこと、
前記不活性化処理Ａを行った処理液を遠心力を用いた分離処理Ａを行うこと、及び

前記分離処理 A して得られた上澄液を筐体内の貯留手段に貯留すること、を含む貯留工程と、

前記筐体内の貯留手段から排出した液体を、電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理 B を行うこと、

前記不活性化処理 B を行った処理液を遠心力を用いた分離処理 B を行うこと、

前記分離処理 B して得られた上澄液を筐体外に排出すること、及び、

前記不活性化処理 B と前記分離処理 B との間、又は前記分離処理 B と前記筐体外への排出との間に、前記塩素含有物質を中和する中和剤を混和することを含む排出工程と、

を含む、液体の処理方法。

[0014] 本明細書において「筐体」としては、特に限定されない一又は複数の実施形態において、船舶等が挙げられ、好ましくはバラストタンクを備える船一般が挙げられる。バラストタンクを備える船一般としては、特に限定されない位置又は複数の実施形態において、コンテナ船、ローロー船、タンカー、バルクキャリア、ケミカル船、及び自動車運搬船等が挙げられる。本明細書において「筐体内の貯留手段」としては、筐体内に配置され、少なくとも液体を貯留可能なものであればよく、特に限定されない一又は複数の実施形態において、バラストタンク、ビルジタンク等が挙げられる。

[0015] 本明細書において「貯留手段に供給する供給液」としては、特に限定されない一又は複数の実施形態において、筐体の外から取水され貯留手段に供給される液体であり、バラスト工程において、バラスト水としてバラストタンクに貯留される液体が挙げられる。筐体の外から取水される液体としては、特に限定されない一又は複数の実施形態において、海水、汽水及び淡水等が挙げられる。本明細書において「貯留手段から筐体外に排出する排出液」としては、特に限定されない一又は複数の実施形態において、デバラスト工程において、バラストタンクから筐体外に排出されるバラスト水が挙げられる。

[0016] 本明細書において「水生生物」としては、一又は複数の実施形態において、海、川、湖等に生息する微生物を含み、その他には、酵母、カビ、植物性又は動物性プランクトン、プランクトンの卵や孢子、細菌類、菌類、ウイルス、藻類、巻貝及び二枚貝等の貝類の幼生、カニ等の甲殻類の幼生などの比較的微小サイズの水生生物等を含む。また、海とつながっている河口、河川、運河等に生息し得る微生物及び上述の水生生物を含みうる。

[0017] 本明細書において「水生生物の不活性化処理」としては、一又は複数の実施形態において、供給液又は排出液（以下、処理対象となる供給液及び排出液をあわせて「被処理液」ともいう）中の水生生物の少なくとも一部を破壊、殺傷、殺滅、又は殺菌すること等をいい、好ましくは被処理液中の水生生物の少なくとも一部を化学的な処理によって破壊、殺傷、又は殺菌すること等をいう。水生生物の不活性化処理は、限定されない一又は複数の実施形態において、被処理液に水生生物に対して不活性化能力を有する物質を混和させること、及び被処理液に紫外線を照射すること等により行うことができる。また、前記混和は、混和する被処理液における不活性化能力を有する物質の濃度を監視しながら行ってもよい。本明細書において「水生生物に対して不活性化能力を有する物質」としては、一又は複数の実施形態において、過酸化水素、オゾン、塩素含有物質、活性酸素種等が挙げられる。塩素含有物質としては、一又は複数の実施形態において、次亜塩素酸、亜塩素酸、及び塩素酸、ならびにこれらのイオン及び塩等を含む物質等が挙げられる。水生生物の不活性化処理は、一又は複数の実施形態において、塩素含有物質を用いた塩素処理を含みうる。なお、不活性化処理 A とは筐体の外から取水した液体に対して行う処理であり、不活性化処理 B とは筐体内の貯留手段から排出した液体に対して行う処理である。

[0018] 被処理液への塩素含有物質の混和は、一又は複数の実施形態において、被処理液を電気分解し、塩素含有物質を生成すること等により行うことができる。電気分解は、一又は複数の実施形態において、電気分解装置 2 を用いて行うことができる。本開示のバラスト水処理方法に用いる電気分解装置 2 と

しては、特に限定されない一又は複数の実施形態において、電解槽及び電源装置を備える。電解槽は、特に限定されない一又は複数の実施形態において、複数の電極（例えば、陽極と陰極）が配置され、その電極は電源装置に電氣的に連結され、直流電圧が供給されることにより電気分解が行われるように構成される。電極の形状は特に限定されるものではなく、矩形状、円形状、棒状等いずれでもよく、電極表面は平板状でも網状でもよい。電極材質は特に限定されるものではないが、チタン及びステンレスが好ましく、より好ましくは陽極を白金系金属複合合金でコーティングする。電気分解装置2における電極間電圧は、特に限定されるものではないが、一又は複数の実施形態において、電極面積1 m²あたりの極間電圧は5 V～500 Vである。なお、電気分解はバラスト水の全量に対して行うことが好ましい。バラスト水の一部に対して電気分解を行い、発生させた塩素含有物質を残りのバラスト水に注入することも可能であるが、その場合は、バラスト水の全量に対して電気分解を行う場合よりも高濃度の塩素化合物類を発生させなければならず、電気分解装置2は循環処理や冷却処理を行う必要が生じる。また、残りのバラスト水に注入するための注入装置が別途必要となる。

[0019] 被処理液への塩素含有物質の混和は、一又は複数の実施形態において、上水の末端における塩素含有物質の濃度に基づき、貯留手段に貯留された供給液における塩素含有物質の濃度が0.1 mg/L以上となるように行うことが好ましく、また、配管及び貯留手段等のエポキシ塗装への影響を低減する点から、20 mg/L以下となるように行うことが好ましい。被処理液への塩素含有物質の混和は、一又は複数の実施形態において、塩素含有物質の濃度を0.1 mg/L～20 mg/Lに制御することを含んでいてもよい。

[0020] 本明細書において「遠心力を用いた物理的処理」としては、特に限定されない一又は複数の実施形態において、遠心力を用いて被処理液中の水生生物の少なくとも一部を被処理液から分離又は収集することが挙げられる。遠心力を用いた物理的処理を行うことにより、例えば、水生生物の不活性化処理では不活性化しにくい水生生物を、効率よく分離又は収集することができる。

。分離又は収集される水生生物としては、一又は複数の実施形態において、殻を有しかつ殻高が $50\mu\text{m}$ 以上の水生生物、及びアスペクト比（殻長／殻高）が $0.1\sim 10$ である殻を有する水生生物等が挙げられる。本開示において「殻を有する」とは、一又は複数の実施形態において、貝の外側を覆う殻であって、石灰質等からなる硬い物質のことをいう。殻を有しかつ殻高が $50\mu\text{m}$ 以上の水生生物としては、一又は複数の実施形態において、二枚貝（斧足綱）、及び巻貝（腹足綱）等であって、殻高が $50\mu\text{m}$ 以上のものが挙げられる。本開示において「殻高」とは、殻の上端（通常殻頂）から下端までで一番長い直線距離のことをいう。本開示において「殻長」とは、殻の前端から後端まででもっとも長い直線距離のことをいう。なお、分離処理Aとは不活性化処理Aを行った処理液に対して行う処理であり、分離処理Bとは不活性化処理Bを行った処理液に対して行う処理である。

[0021] 遠心力を用いた物理的処理は、一又は複数の実施形態において、遠心力を用いて被処理液を攪拌すること、及び遠心力を用いて被処理液を上澄液と濃縮液とに分離すること等により行うことができる。遠心力を用いた被処理液の攪拌は、一又は複数の実施形態において、ラインミキサ、液体サイクロン等を用いて行うことができる。遠心力を用いた被処理液の分離は、一又は複数の実施形態において、液体サイクロンを用いて行うことができる。

[0022] 本明細書において「上澄液」とは、一又は複数の実施形態において、遠心力を用いて被処理液を分離処理することによって得られる分離液のうち、固形分濃度が低い分離液のことをいう。本明細書において「濃縮液」とは、一又は複数の実施形態において、遠心力を用いて被処理液を分離処理することによって得られる分離液のうち、上澄液よりも固形分濃度が高い分離液をいう。固形分としては、一又は複数の実施形態において、殻を有しかつ殻高が $50\mu\text{m}$ 以上の水生生物、及び／又はアスペクト比（殻長／殻高）が $0.1\sim 10$ である殻を有する水生生物、ならびにスケール等が挙げられる。

[0023] 液体サイクロンの最大処理液量は、一又は複数の実施形態において、特に限定するものではないが、好ましくは、 $1\text{m}^3/\text{時}\sim 10000\text{m}^3/\text{時}$ であ

り、船舶内での設置スペースの点から、さらに好ましくは、 $10\text{ m}^3/\text{時} \sim 1000\text{ m}^3/\text{時}$ であり、それ以上の処理量が必要な場合は液体サイクロンを複数系列設置するのが好ましい。液体サイクロンのケーシング寸法は、一又は複数の実施形態において、特に限定するものではないが、船舶内での設置スペースの点から、処理液量 $1\text{ m}^3/\text{時}$ あたり、直径は $0.001 \sim 0.1\text{ m}$ 、高さは $0.003\text{ m} \sim 0.3\text{ m}$ とするのが好ましい。液体サイクロンの入口圧力と出口圧力の差（以下、圧力損失と述す）は、一又は複数の実施形態において、好ましくは $0.01\text{ MPa} \sim 1\text{ MPa}$ であり、液体サイクロンに被処理液を送るポンプの必要揚程の点から、さらに好ましくは $0.01 \sim 0.1\text{ MPa}$ である。液体サイクロンの入口流速は、一又は複数の実施形態において、遠心力による十分な分離性能を得る点、及び圧力損失の増加に伴うポンプの必要揚程を抑制する点から、好ましくは $0.1 \sim 100\text{ m}/\text{秒}$ であり、より好ましくは $1 \sim 10\text{ m}/\text{秒}$ である。必要な上澄液量を得るための被処理液量の増加の抑制、及びそれに伴うポンプの容量の増加抑制の点から、濃縮液量は被処理液量の 10% 以下とすることが好ましい。また、濃縮液は液体サイクロンの下部から連続的に排出してもよいし、サイクロン下部にダストバンカを接続して一旦ダストバンカに貯めてから間欠的に制御して排出してもよい。間欠的に排出する場合、濃縮液の巻上げを防止する点から、ダストバンカが一杯になる前に排出することが好ましい。濃縮液を排出する間隔は、特に制限されるものではなく、一又は複数の実施形態において、 $1 \sim 120$ 分間隔等が挙げられる。濃縮液の排出先は特に限定するものではなく、バラストタンク以外のタンクに貯めてもよいし、船舶外に排出してもよい。さらには、濃縮液を電気分解して高濃度の塩素含有物質を発生させ、濃縮液中の水生生物を不活性化させ、それをバラストタンクに供給することを含んでもよい。これにより、濃縮液の排出量を削減または無くすることができる。

[0024] 液体サイクロンは、遠心力分離効果と分離対象物の沈降を向上させ、分離性能を向上できる点から、円錐部の長さ（図11におけるH）が、円筒部の直径（図11におけるD）よりも長いことが好ましい。円錐部の長さ（H）

と円筒部の直径（D）との比（ H/D ）は、一又は複数の実施形態において、2～15であり、好ましくは2～6である。

[0025] 液体サイクロンは、一又は複数の実施形態において、図12に示すように、液体サイクロンの中心軸が水平面に対して0度から90度の任意の角度になるように配置してもよい。ここで、水平面とは船体内の床面を意味する。本開示の実施形態において、特に開示がない限り、液体サイクロンは、中心軸が水平面に対して90度（垂直方向）となるように配置されている。

[0026] 以下に、本開示を好適な実施の形態を示しながら詳細に説明する。但し、本開示は以下に示す実施の形態に限定されない。

[0027] （実施の形態1）

図1は、本開示の実施形態1におけるバラスト水処理方法を説明するための概略図である。実施形態1におけるバラスト水処理方法は、バラスト時（貯留工程）における液体（バラスト水）の処理方法の一実施形態である。

[0028] 図1に示すように、実施形態1のバラスト水処理方法に用いるバラスト水処理装置は、電気分解装置2と、遠心分離装置3とを備える。電気分解装置2は、一端がバラストポンプ1に接続し、他端が遠心分離装置3と接続している。遠心分離装置3は、一端が電気分解装置2と接続し、他端がバラストタンク4に接続している。図1に示すバラスト水処理装置は、筐体外から取水された液体は、電気分解装置2による不活性化処理の後、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われ、ついでバラストタンク4に供給される構成になっている。実施形態1のバラスト水処理方法によれば、電気分解装置2による不活性化処理が行われた処理液が、遠心分離装置3に導入されるため、電気分解装置2において発生した塩素含有物質が、遠心分離装置3において十分に攪拌される。また、電気分解装置2の電極から剥離したスケール等が遠心分離装置3において分離されるため、これらがバラストタンク4に堆積することを抑制することができる。実施形態1のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に電気分解装置2による不活性化処理が行われるため、バラストタンク4における水生生物の増殖又は成長を

抑制することができる。実施形態1のバラスト水処理方法によれば、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われるから、フィルターを使用しない場合であっても、例えば、塩素耐性の強い水生生物を含む場合であってもバラスト水排出基準を満たすレベルにまで十分に処理を行うことができる。

[0029] 本実施の形態1のバラスト水の処理の一実施形態を説明する。

[0030] まず、バラストポンプ1によって筐体の外から取水した液体は、電気分解装置2に導入され、電気分解装置2において液体の電気分解が行われる。電気分解により、次亜塩素酸等の塩素含有物質を発生させ、塩素含有物質による不活性化処理が行われる。電気分解は、バラストタンク4に貯留されるバラスト水における塩素含有物質の濃度を監視しながら行ってもよく、例えば、バラストタンク4に貯留されるバラスト水における塩素含有物質の濃度が $0.1\text{ mg/L} \sim 20\text{ mg/L}$ となるように電気分解装置2を制御することを含んでいてもよい。塩素含有物質の濃度監視場所は、電気分解装置2後か遠心分離装置3後か、バラストタンク4内か、バラストタンク4後のいずれかであってよい。

[0031] つぎに、電気分解により生成させた塩素含有物質を含む処理液は、遠心分離装置3に導入される。遠心分離装置3において遠心力を用いて攪拌・分離処理を行い、上澄液と濃縮液とに分離され、上澄液がバラストタンク4に供給される。この遠心分離装置3による分離処理により、例えば、貝類等の殻を有する水生生物、好ましくは殻を有しかつ殻高が $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の水生生物や、アスペクト比が $0.1 \sim 10$ である殻を有する水生生物等が濃縮液に分離／収集される。殻を有しかつ殻高が $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の水生生物を効率よく分離する点から、遠心分離装置3（例えば、液体サイクロン）における入口流量は、 $1 \sim 10\text{ m}^3/\text{秒}$ が好ましい。

[0032] （実施の形態2）

図2は、本開示の実施形態2におけるバラスト水処理方法を説明するための概略図である。実施形態2におけるバラスト水処理方法は、デバラスト時

(排出工程)における液体(デバラスト水)の処理方法の一実施形態である。

[0033] 図2に示すように、実施形態2のバラスト水処理方法に用いるバラスト水処理装置は、電気分解装置2と、中和剤添加手段5と、遠心分離装置3とを備える。電気分解装置2は、一端がバラストタンク4に接続し、他端が遠心分離装置3と接続している。遠心分離装置3は、一端が電気分解装置2と接続し、他端が筐体外に接続している。図2に示すバラスト水処理装置は、バラストタンク4に貯留されたバラスト水は、電気分解装置2による不活性化処理が行われた後、中和剤の添加、及び遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われ、筐体の外に排出される構成になっている。実施形態2のバラスト水処理方法によれば、電気分解装置2による不活性化処理が行われ、かつ中和剤が添加された処理液が、遠心分離装置3に導入されるため、電気分解装置2において発生した塩素含有物質及び添加された中和剤が、遠心分離装置3において十分に攪拌され、効率よく中和処理を行うことができる。また、電気分解装置2の電極から剥離したスケール等が遠心分離装置3において分離されるため、これらが筐体の外に排出されることを抑制することができる。

[0034] 本実施の形態2のバラスト水の処理の一実施形態を説明する。

[0035] まず、バラストタンク4から排出されたバラスト水は、電気分解装置2に導入され、電気分解装置2において液体の電気分解が行われる。電気分解により、次亜塩素酸等の塩素含有物質を発生させ、塩素含有物質による不活性化処理が行われる。電気分解は、バラストタンク4内のバラスト水における塩素含有物質の濃度を監視しながら行ってもよい。バラストタンク4内のバラスト水における塩素含有物質の濃度が十分であると判断した場合(例えば、 $0.1\text{ mg/L} \sim 20\text{ mg/L}$ である場合)は、電気分解を行わず、不十分であると判断した場合(例えば、 0.1 mg/L 未満の場合)は、電気分解により塩素含有物質を発生させてもよい。

[0036] つぎに、電気分解により生成させた塩素含有物質を含む処理液に中和剤を

添加する。中和剤としては、塩素含有物質の還元剤が挙げられ、還元剤としては、チオ硫酸ナトリウム、及び亜硫酸ナトリウム等が挙げられる。

[0037] 中和剤を添加された処理液は、遠心分離装置 3 に導入される。遠心分離装置 3 において遠心力を用いて攪拌・分離処理を行い、処理液中の中和剤及び塩素含有物質は攪拌され、塩素含有物質が中和されるとともに、上澄液と濃縮液とに分離される。分離された上澄液は筐体の外に排出する。この遠心分離装置 3 による分離処理により、例えば、貝類等の殻を有する水生生物、好ましくは殻を有しかつ殻高が $50\ \mu\text{m}$ 以上の水生生物や、アスペクト比が $0.1 \sim 1.0$ である殻を有する水生生物等が濃縮液に分離／収集される。殻を有しかつ殻高が $50\ \mu\text{m}$ 以上の水生生物を効率よく分離する点から、遠心分離装置 3（例えば、液体サイクロン）における入口流量は、 $1 \sim 10\ \text{m}^3/\text{秒}$ が好ましい。

[0038] 実施形態 2 では、中和剤の添加手段が、電気分解装置 2 と遠心分離装置 3 とを接続する配管に連結する構成を例にとって説明したが、これに限定されるものではなく、中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 と筐体外とを接続する配管に連結する構成であってもよい。その場合、塩素含有物質が遠心分離装置 3 により十分攪拌され、不活性化処理が効率的に行われた後、遠心分離装置 3 の出口近傍で添加された中和剤が、遠心分離装置 3 で発生する旋回流の攪拌効果により、残存している塩素含有物質と効率良く反応する。このため、この構成によれば、塩素含有物質による不活性化処理と中和剤との中和処理とをより効率よく行うことができる。中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流を効率よく利用する点から遠心分離装置 3 の上澄液出口直後に連結することが好ましい。図 3 に、遠心分離装置 3 と中和剤添加手段 5 の連結の形態の一例を示す。中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 の上澄液出口配管の遠心分離装置 3 からまっすぐ延びた部分に連結することが好ましく、遠心分離装置 3 の上澄液出口配管に屈折部分がある場合、それよりも遠心分離装置 3 側に連結することが好ましい。遠心分離装置 3 と中和剤添加手段 5 の連結箇所との間の配管の長さは、遠心分離装置 3 におい

て発生させた旋回流をさらに効率よく利用する点から、5 m以下であることが好ましく、より好ましくは1 m以下である。また、中和剤が固形物として添加される場合は、遠心分離の攪拌効果により、より水に溶けやすくなる効果が得られる。

[0039] (実施の形態3)

図4は、本開示の実施形態3におけるバラスト水処理方法を説明するための概略図である。図4において、実線がバラスト時における被処理液の流れを示し、破線がデバラスト時における被処理液の流れを示す。実施形態3におけるバラスト水処理方法は、バラスト時（貯留工程）に実施形態1のバラスト水処理を行い、デバラスト時（排出工程）に実施形態2のバラスト水処理を行う形態である。

[0040] 図4に示すように、実施形態3のバラスト水処理方法に用いるバラスト水処理装置は、電気分解装置2と、中和剤添加手段5と、遠心分離装置3とを備える。電気分解装置2は、一端が遠心分離装置3に接続している。また、電気分解装置2は、バラスト時にはバラストポンプ1を通じて筐体外から取水された液体が導入可能であり、デバラスト時にはバラストタンク4から排出されたバラスト水が導入可能な構成となっている。遠心分離装置3は、一端は電気分解装置2に接続し、他端はバラストタンク4及び筐体外に接続している。実施形態3のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に電気分解装置2による不活性化処理が行われるため、バラストタンク4における水生生物の増殖又は成長を抑制することができる。実施形態3のバラスト水処理方法によれば、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われるから、フィルターを使用しない場合であっても、例えば、塩素耐性の強い水生生物を含む場合であってもバラスト水排出基準を満たすレベルにまで十分に処理を行うことができる。また、実施形態3のバラスト水処理方法によれば、デバラスト時（排出工程）に電気分解装置2による不活性化処理が行われ、かつ中和剤が添加された処理液が、遠心分離装置3に導入されるため、電気分解装置2において発生した塩素含有物質及び添加された

中和剤が、遠心分離装置 3 において十分に攪拌され、効率よく中和処理を行うことができる。また、バラストタンク 4 内からリークした汚泥や、電気分解装置 2 の電極から剥離したスケール等が遠心分離装置 3 において分離されるため、これらが筐体の外に排出されることを抑制することができる。実施形態 3 のバラスト水処理方法によれば、バラスト時とデバラスト時の双方に電気分解装置 2 による不活性化処理及び遠心分離処理を行うことから、バラストタンク 4 内での水生生物の増殖又は成長を抑制でき、バラストタンク 4 内で水生生物が増殖又は成長した場合であっても、デバラスト時に増殖又は成長した水生生物を不活性化又は分離等することができる。このため、実施形態 3 のバラスト水処理方法によれば、より確実にバラスト水排出基準を満たすレベルにまで処理することができる。

- [0041] 実施形態 3 では、中和剤の添加手段が、電気分解装置 2 と遠心分離装置 3 とを接続する配管に連結する構成を例にとって説明したが、これに限定されるものではなく、中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 と筐体外とを接続する配管に連結する構成であってもよい。その場合、塩素含有物質が遠心分離装置 3 により十分攪拌され、不活性化処理が効率的に行われた後、遠心分離装置 3 の出口近傍で添加された中和剤が、遠心分離装置 3 で発生する旋回流の攪拌効果により、残存している塩素含有物質と効率良く反応する。このため、この構成によれば、塩素含有物質による不活性化処理と中和剤との中和処理とをより効率よく行うことができる。中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流を効率よく利用する点から遠心分離装置 3 の上澄液出口直後に連結することが好ましい。図 3 に示した通り、中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 の上澄液出口配管を折り曲げることなく連結することが好ましい。遠心分離装置 3 と中和剤添加手段 5 の連結箇所との間の配管の長さは、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流をさらに効率よく利用する点から、5 m 以下であることが好ましく、より好ましくは 1 m 以下である。また、中和剤が固形物として添加される場合は、遠心分離の攪拌効果により、より水に溶けやすくなる効果が得られる。

[0042] (実施の形態4)

図5は、本開示の実施形態4におけるバラスト水処理方法を説明するための概略図である。実施形態4におけるバラスト水処理方法は、バラスト時（貯留工程）における液体（バラスト水）の処理方法の一実施形態である。

[0043] 図5に示すように、実施形態4のバラスト水処理方法に用いるバラスト水処理装置は、電気分解装置2と、遠心分離装置3とを備える。遠心分離装置3は、一端がバラストポンプ1に接続し、他端が電気分解装置2と接続している。電気分解装置2は、一端が遠心分離装置3と接続し、他端がバラストタンク4に接続している。図5に示すバラスト水処理装置は、筐体外から取水された液体は、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理の後、電気分解装置2による不活性化処理が行われ、ついでバラストタンク4に供給される構成になっている。実施形態4のバラスト水処理方法によれば、遠心分離装置3において遠心力を用いた物理的処理が行われた液体が、電気分解装置2に導入されるため、電気分解処理の効率が向上される。すなわち、例えば、電気分解処理では死滅しにくい貝類等の殻を有する水生生物、好ましくは殻を有しかつ殻高が $50\mu\text{m}$ 以上の水生生物や、アスペクト比が $0.1 \sim 1.0$ である水生生物等が遠心分離装置3において分離される。このため、これらの水生生物を含まない液体が電気分解装置2に導入されることになることから、電気分解装置2を用いた処理効率を向上させることができる。また、実施形態4のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に電気分解装置2による不活性化処理が行われるため、バラストタンク4における水生生物の増殖又は成長を抑制することができる。実施形態4のバラスト水処理方法によれば、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われるから、フィルターを使用しない場合であっても、例えば、塩素耐性の強い水生生物を含む場合であってもバラスト水排出基準を満たすレベルにまで十分に処理を行うことができる。

[0044] 実施形態4の構成のバラスト水処理装置において、遠心分離装置3において発生させた旋回流を効率よく利用する点から、電気分解装置2は、遠心分

離装置 3 の上澄液出口直後に配置することが好ましい。図 6 に、遠心分離装置 3 と電気分解装置 2 の配置の形態の一例を示す。遠心分離装置 3 において発生させた旋回流をさらに効率よく利用する点から、図 6 に示すように、遠心分離装置 3 と電気分解装置 2 とは、これらを接続する配管を折り曲げることなく、直列的に接続することが好ましい。遠心分離装置 3 と電気分解装置 2 との間の配管の長さは、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流をさらに効率よく利用する点から、5 m 以下であることが好ましく、より好ましくは 1 m 以下である。

[0045] 本実施の形態 4 のバラスト水の処理の一実施形態を説明する。

[0046] まず、バラストポンプ 1 によって筐体の外から取水した液体は、遠心分離装置 3 に導入される。遠心分離装置 3 において遠心力を用いて攪拌・分離処理を行い、上澄液と濃縮液とに分離される。この遠心分離装置 3 による分離処理により、例えば、貝類等の殻を有する水生生物、好ましくは殻を有しかつ殻高が $50\ \mu\text{m}$ 以上の水生生物や、アスペクト比が $0.1 \sim 10$ である水生生物等が濃縮液に分離／収集される。殻を有しかつ殻高が $50\ \mu\text{m}$ 以上の水生生物を効率よく分離する点から、遠心分離装置 3（例えば、液体サイクロン）における入口流量は、 $1 \sim 10\ \text{m}^3/\text{秒}$ が好ましい。

[0047] つぎに、遠心分離装置 3 で得られた上澄液は、電気分解装置 2 に導入され、電気分解装置 2 において液体の電気分解が行われる。電気分解により、次亜塩素酸等の塩素含有物質を発生させ、塩素含有物質による不活性化処理が行われる。そして、電気分解により生成させた塩素含有物質を含む処理液は、バラストタンク 4 に供給される。電気分解は、バラストタンク 4 に貯留されるバラスト水における塩素含有物質の濃度を監視しながら行ってもよく、例えば、バラストタンク 4 に貯留されるバラスト水における塩素含有物質の濃度が $0.1\ \text{mg/L} \sim 20\ \text{mg/L}$ となるように電気分解装置 2 を制御することを含んでもよい。

[0048] （実施の形態 5）

図 7 は、本開示の実施形態 5 におけるバラスト水処理方法を説明するため

の概略図である。実施形態5におけるバラスト水処理方法は、バラスト時（貯留工程）に実施形態4のバラスト水処理を行い、デバラスト時（排出工程）に実施形態2のバラスト水処理を行う形態である。

[0049] 図7に示すように、実施形態5のバラスト水処理方法に用いるバラスト水処理装置は、電気分解装置2と、中和剤添加手段5と、遠心分離装置3とを備える。遠心分離装置3の一端はバラストポンプ1に接続し、他端は電気分解装置2に接続している。また、電気分解装置2の一端は遠心分離装置3に接続し、他端はバラストタンク4に接続している。図7に示すバラスト水処理装置は、バラスト時には、筐体外から取水された液体は、電気分解装置2による不活性化処理の後、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われ、ついでバラストタンク4に供給され、一方、デバラスト時には、バラストタンク4から排出されたバラスト水は、電気分解装置2による不活性化処理の後、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われ、筐体外に排出される構成となっている。実施形態5のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に電気分解装置2による不活性化処理が行われるため、バラストタンク4における水生生物の増殖又は成長を抑制することができる。実施形態5のバラスト水処理方法によれば、遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われるから、フィルターを使用しない場合であっても、例えば、塩素耐性の強い水生生物を含む場合であってもバラスト水排出基準を満たすレベルにまで十分に処理を行うことができる。また、実施形態5のバラスト水処理方法によれば、デバラスト時（排出工程）に電気分解装置2による不活性化処理が行われ、かつ中和剤が添加された処理液が、遠心分離装置3に導入されるため、電気分解装置2において発生した塩素含有物質及び添加された中和剤が、遠心分離装置3において十分に攪拌され、効率よく中和処理を行うことができる。また、バラストタンク4内からリークした汚泥や、電気分解装置2の電極から剥離したスケール等が遠心分離装置3において分離されるため、これらが筐体の外に排出されることを抑制することができる。

[0050] 実施形態5では、中和剤の添加手段が、電気分解装置2と遠心分離装置3とを接続する配管に連結する構成を例にとって説明したが、これに限定されるものではなく、中和剤添加手段5は、遠心分離装置3と筐体外とを接続する配管に連結する構成であってもよい。その場合、塩素含有物質が遠心分離装置3により十分攪拌され、不活性化処理が効率的に行われた後、遠心分離装置3の出口近傍で添加された中和剤が、遠心分離装置3で発生する旋回流の攪拌効果により、残存している塩素含有物質と効率良く反応する。このため、この構成によれば、塩素含有物質による不活性化処理と中和剤との中和処理とをより効率よく行うことができる。中和剤添加手段5は、遠心分離装置3において発生させた旋回流を効率よく利用する点から遠心分離装置3の上澄液出口直後に連結することが好ましい。図3に示した通り、中和剤添加手段5は、遠心分離装置3の上澄液出口配管を折り曲げることなく連結することが好ましい。遠心分離装置3と中和剤添加手段5の連結箇所との間の配管の長さは、遠心分離装置3において発生させた旋回流をさらに効率よく利用する点から、5 m以下であることが好ましく、より好ましくは1 m以下である。また、中和剤が固形物として添加される場合は、遠心分離の攪拌効果により、より水に溶けやすくなる効果が得られる。

[0051] (実施の形態6)

図8は、本開示の実施形態6におけるバラスト水処理方法を説明するための概略図である。実施形態6におけるバラスト水処理方法は、バラスト時に電気分解装置2による不活性化処理を行わない以外は、実施形態5のバラスト水処理方法と同様に行うことができる。

[0052] 実施形態6のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に遠心分離装置3による遠心力を用いた物理的処理が行われるから、フィルターを使用しない場合であっても、例えば、塩素耐性の強い水生生物を含む場合であってもバラスト水排出基準を満たすレベルにまで十分に処理を行うことができる。また、実施形態6のバラスト水処理方法によれば、デバラスト時（排出工程）に電気分解装置2による不活性化処理が行われ、かつ中和剤が

添加された処理液が、遠心分離装置 3 に導入されるため、電気分解装置 2 において発生した塩素含有物質及び添加された中和剤が、遠心分離装置 3 において十分に攪拌され、効率よく中和処理を行うことができる。また、バラストタンク 4 内からリークした汚泥や、電気分解装置 2 の電極から剥離したスケール等が遠心分離装置 3 において分離されるため、これらが筐体の外に排出されることを抑制することができる。また、実施形態 6 のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に電気分解装置 2 による不活性化処理を行わないため、バラストタンク 4 等のエポキシ塗装への影響を低減でき、バラストタンク 4 や配管等の長寿命化が可能になる。

[0053] 実施形態 6 では、中和剤の添加手段が、電気分解装置 2 と遠心分離装置 3 とを接続する配管に連結する構成を例にとって説明したが、これに限定されるものではなく、中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 とバラストポンプ 1 とを接続する配管に連結する構成であってもよい。その場合、塩素含有物質が遠心分離装置 3 により十分攪拌され、不活性化処理が効率的に行われた後、遠心分離装置 3 の出口近傍で添加された中和剤が、遠心分離装置 3 で発生する旋回流の攪拌効果により、残存している塩素含有物質と効率良く反応する。このため、この構成によれば、塩素含有物質による不活性化処理と中和剤との中和処理とをより効率よく行うことができる。中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流を効率よく利用する点から遠心分離装置 3 の上澄液出口直後に連結することが好ましい。図 3 に示した通り、中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 の上澄液出口配管を折り曲げることなく連結することが好ましい。遠心分離装置 3 と中和剤添加手段 5 の連結箇所との間の配管の長さは、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流をさらに効率よく利用する点から、5 m 以下であることが好ましく、より好ましくは 1 m 以下である。また、中和剤が固形物として添加される場合は、遠心分離の攪拌効果により、より水に溶けやすくなる効果が得られる。

[0054] （実施の形態 7）

図 9 は、本開示の実施形態 7 におけるバラスト水処理方法を説明するため

の概略図である。実施形態 7 におけるバラスト水処理方法は、バラスト時に遠心分離装置 3 による物理的処理を行わない以外は、実施形態 5 のバラスト水処理方法と同様に行うことができる。

[0055] 実施形態 7 のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に、電気分解装置 2 による不活性化処理が行われるため、バラストタンク 4 における水生生物の増殖又は成長を抑制することができる。また、実施形態 7 のバラスト水処理方法によれば、デバラスト時（排出工程）に電気分解装置 2 による不活性化処理が行われ、かつ中和剤が添加された処理液が、遠心分離装置 3 に導入されるため、電気分解装置 2 において発生した塩素含有物質及び添加された中和剤が、遠心分離装置 3 において十分に攪拌され、効率よく中和処理を行うことができる。また、バラストタンク 4 内からリークした汚泥や、電気分解装置 2 の電極から剥離したスケール等が遠心分離装置 3 において分離されるため、これらが筐体の外に排出されることを抑制することができる。また、実施形態 7 のバラスト水処理方法によれば、バラスト時（貯留工程）に遠心分離処理を行わないため、遠心分離処理によって濃縮液が分離されることなくバラストタンク 4 に供給されることから、バラストタンク 4 へのバラスト水の貯留に要する時間が短縮でき、貯留効率を向上できる。

[0056] 実施形態 7 では、中和剤の添加手段が、電気分解装置 2 と遠心分離装置 3 とを接続する配管に連結する構成を例にとって説明したが、これに限定されるものではなく、中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 とバラストポンプ 1 とを接続する配管に連結する構成であってもよい。その場合、塩素含有物質が遠心分離装置 3 により十分攪拌され、不活性化処理が効率的に行われた後、遠心分離装置 3 の出口近傍で添加された中和剤が、遠心分離装置 3 で発生する旋回流の攪拌効果により、残存している塩素含有物質と効率良く反応する。このため、この構成によれば、塩素含有物質による不活性化処理と中和剤との中和処理とをより効率よく行うことができる。中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流を効率よく利用する点から遠心分離装置 3 の上澄液出口直後に連結することが好ましい。図 3 に示した通り、

中和剤添加手段 5 は、遠心分離装置 3 の上澄液出口配管を折り曲げることなく連結することが好ましい。遠心分離装置 3 と中和剤添加手段 5 の連結箇所との間の配管の長さは、遠心分離装置 3 において発生させた旋回流をさらに効率よく利用する点から、5 m 以下であることが好ましく、より好ましくは 1 m 以下である。また、中和剤が固形物として添加される場合は、遠心分離の攪拌効果により、より水に溶けやすくなる効果が得られる。

実施例

[0057] (実験例 1)

図 10 に示す装置を用い、液体サイクロン 13 を用いて被処理水を遠心分離した後、遠心分離した被処理液を電気分解装置 12 で電気分解して塩素含有物質を発生させ、不活性化処理を行った。処理後の液をタンク 14 に貯留した。処理 5 日後の処理液 500 L 中に存在する $50 \mu\text{m}$ 以上の巻貝及び二枚貝を確認し、生存数を計測した。また、液体サイクロンの濃縮液を採取し、濃縮液に含まれる巻貝及び二枚貝を計測した。その結果の一例を下記表 1 に示す。なお、液体サイクロンにおける入口流速は $2.5 \sim 3.0 \text{ m/秒}$ とし、被処理液は大分県佐伯市で採取した海水を使用した。また、液体サイクロンは、円錐部長さ (H) / 円筒部径 (D) が 4.5 のものを使用した。

[0058] [表1]

実験 番号	電極		液体サイクロン					残留塩素 濃度		処理液 (500 L)		濃縮液
			流量		圧力			直後	5日後	巻貝+二枚貝		巻貝+ 二枚貝 全数
	陽極	陰極	上澄液	濃縮液	入口圧	出口圧	圧力損失					
			L/分	L/分	MPa	MPa	MPa	mg/L	mg/L	生存数	全数	
1	網状	網状	194	3.4	0.14	0.071	0.069	7.33	2.88	0	18	985
2	平板	平板	194	3.4	0.14	0.071	0.069	6.9	1.49	0	8	1157
3	網状	網状	194	3.4	0.14	0.071	0.069	7.03	1.83	0	6	1235
4	平板	平板	194	3.4	0.14	0.071	0.069	7.33	2.4	0	16	1894
5	網状	網状	196	3	0.15	0.073	0.077	6.95	1.93	0	10	1575
6	平板	平板	198	3	0.15	0.072	0.078	6.95	1.61	0	2	272
7	網状	網状	194	3.3	0.15	0.075	0.075	7.08	2.18	4	55	4904
8	平板	平板	193	2.7	0.15	0.075	0.075	7.25	2.38	1	25	3777
9	網状	網状	167	3.7	0.11	0.056	0.054	7.2	3.13	0	34	995
10	網状	網状	172	4	0.12	0.06	0.06	7.1	2.53	0	7	720

[0059] 表1に示すように、液体サイクロンによって被処理液に含まれる多くの貝類が分離された。また、遠心分離後の有効塩素を含む塩素化合物類による塩素処理によって、被処理液に含まれる貝類の多くは死滅し、遠心分離及び塩素処理後の液体における貝類の生存率は低く、また含まれる生存する貝類の数は4個以下であった。

[0060] (実験例2)

液体サイクロンを用いた被処理水500Lの遠心分離を行い、上澄液及び濃縮液を回収した。回収した上澄液及び濃縮液に含まれる貝類を計測した。その結果を下記表2に示す。なお、液体サイクロンにおける入口流速は下記表2に示す値とし、被処理液は大分県佐伯市で採取した海水を使用した。また、液体サイクロンは、円錐部長さ(H)/円筒部径(D)が4.5のものを使用した。

[0061] [表2]

実験例				
1	入口流速 2.8m/秒 流量比 上澄液:濃縮液=97:3			
		上澄水	濃縮水	分離率
	ニマイガイ	0	27,300	100.0%
	カイアシ	16,500	2,700	14.1%
2	入口流速 3.2m/秒 流量比 上澄液:濃縮液=97.2:2.5			
		上澄水	濃縮水	分離率
	ニマイガイ	0	30,900	100.0%
	カイアシ	16,500	2,700	14.1%
3	入口流速 3.3m/秒 流量比 上澄液:濃縮液=97.5:2.5			
		上澄水	濃縮水	分離率
	ニマイガイ	1,250	22,800	94.8%
	カイアシ	71,250	12,000	14.4%
4	入口流速 2.9m/秒 流量比 上澄液:濃縮液=98:3			
		上澄水	濃縮水	分離率
	ニマイガイ	500	37,500	98.7%
	カイアシ	102,750	7,500	6.8%

[0062] 表2に示すように、液体サイクロンによって二枚貝の大半が分離された。また、カイアシは二枚貝と比べて遠心分離では分離されにくい、塩素耐性が弱いため塩素含有物質を混和することにより容易に不活性化されるので、バラスト水排出基準を満たすレベルにまで十分に処理を行うことができる。

[0063] (実験例3)

下記表3に示す2種類の液体サイクロン（実験機1及び2）を用い、下記表3に示す条件で被処理水1, 000Lの遠心分離を行い、上澄液を回収した。回収した上澄液に含まれる貝類を計測し、計測した貝数（処理液中の全数）と濃縮水の貝数（濃縮水中の全数）とにより下記式より分離率を算出した。その結果を下記表3に示す。被処理液は大分県佐伯市で採取した海水を使用した。

$$\text{分離率 (\%)} = 100 - (\text{処理液中の全数}) / (\text{濃縮水中の全数}) * 100$$

[0064] [表3]

実験機	円筒部径 円錐部長さ		H/D	流量	差圧	処理液中の全数/1m3		分離率	実験を通じた 分離率レンジ
	D	H		Q	ΔP	二枚貝	巻貝		
	m	m		L/min	MPa	匹	匹	%	%
1	0.11	0.25	2.3	203	0.067	6	4	85	80~85
1	0.11	0.25	2.3	201	0.067	9	4	83	
1	0.11	0.25	2.3	252	0.06	8	1	81	
2	0.11	0.5	4.5	212	0.038	1	5	90	90~100
2	0.11	0.5	4.5	197	0.055	0	1	99	
2	0.11	0.5	4.5	170	0.057	2	1	99	
1	0.11	0.25	2.3	180	0.203	166	2	65	65~85
1	0.11	0.25	2.3	195	0.203	78	9	74	
1	0.11	0.25	2.3	198	0.204	94	3	72	
1	0.11	0.25	2.3	190	0.009	89	11	62	60~70
1	0.11	0.25	2.3	200	0.007	34	48	64	
1	0.11	0.25	2.3	203	0.009	18	35	69	

[0065] 表3に示すように、実験機1及び2のいずれの液体サイクロンによっても60%を超える分離率で貝を分離することができた。H/Dが2.3である液体サイクロン（実験機1）よりも、H/Dが4.5である液体サイクロン（実験機2）の方が高い分離率を示した。また、差圧を0.01~0.1MPaとすることで、分離率を向上できた。

請求の範囲

- [請求項1] 筐体内の貯留手段に供給する供給液に対し、水生生物の不活性化処理及び遠心力を用いた物理的処理の少なくとも一方を行うことを含む貯留工程と、
- 前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に対し、水生生物の不活性化処理の要否の決定、その決定に応じた処理の実施及び遠心力を用いた物理的処理を行うことを含む排出工程と、を含む、
- 液体の処理方法。
- [請求項2] 前記不活性化処理は、水生生物に対して不活性化能力を有する物質を、前記供給液又は前記排出液に混和させることを含む、請求項1記載の処理方法。
- [請求項3] 前記混和は、混和する被処理液における前記不活性化能力を有する物質の濃度を監視しながら行う、請求項2記載の処理方法。
- [請求項4] 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、請求項2又は3に記載の処理方法。
- [請求項5] 前記供給液又は前記排出液を電気分解し、前記塩素含有物質を生成することを含む、請求項4記載の処理方法。
- [請求項6] 前記塩素含有物質の濃度を $0.1\text{ mg/L} \sim 20\text{ mg/L}$ に制御することを含む、請求項4又は5に記載の処理方法。
- [請求項7] 前記排出液に対する不活性化処理の要否の決定は、前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度に基いて行う、請求項2から6のいずれかに記載の処理方法。
- [請求項8] 前記排出液に対する不活性化処理が必要であると判断された場合は、前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理を行う、請求項7記載の処理方法。
- [請求項9] 前記物理的処理は、前記供給液又は前記排出液から殻を有しかつ殻高が $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の水生生物を遠心力を用いて分離すること、又は、前記供給液又は前記排出液を遠心力を用いて攪拌することを含む、請求

項 1 から 8 のいずれかに記載の処理方法。

- [請求項10] 前記分離又は攪拌を行う装置への流速は、1 ～ 10 m／秒である、請求項 9 記載の処理方法。
- [請求項11] 前記排出工程は、前記排出液に、前記不活性化能力を有する物質を中和する中和剤を添加することを含む、請求項 1 から 10 のいずれかに記載の処理方法。
- [請求項12] 筐体内の貯留手段に供給する供給液に対し、遠心力を用いた物理的処理を行い、筐体に配置された貯留手段に貯留することを含み、前記物理的処理を行う装置への流速は、1 ～ 10 m／秒である、液体の処理方法。
- [請求項13] 前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に対し、遠心力を用いた物理的処理を行う、請求項 12 記載の処理方法。
- [請求項14] 前記物理的処理は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液から殻を有しかつ殻高が50 μ m以上の水生生物を分離すること、又は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液を攪拌することを含む、請求項 12 又は 13 に記載の処理方法。
- [請求項15] 前記供給液及び／又は前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理を行うことを含む、請求項 12 から 14 のいずれかに記載の処理方法。
- [請求項16] 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、請求項 15 記載の処理方法。
- [請求項17] 前記供給液又は前記排出液を電気分解し、前記塩素含有物質を生成することを含む、請求項 16 記載の処理方法。
- [請求項18] 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度に基づいて前記不活性化能力を有する物質を中和させる中和剤の添加を決定することを含む、請求項 15 から 17 のいずれかに記載の処理方法。
- [請求項19] 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度を測定することを含む、請求項 18 記載の処理方法。
- [請求項20] 筐体内の貯留手段から筐体外に排出する排出液に、遠心力を用いた物

理的処理を行うこと、及び前記処理を行った排出液を前記筐体外に排出することを含み、

前記物理的処理を行う装置への流速は、1～10 m／秒である、液体の処理方法。

[請求項21] 前記物理的処理は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液から殻を有しかつ殻高が50 μ m以上の水生生物を分離すること、又は、遠心力を用いて前記供給液又は前記排出液を攪拌することを含む、請求項20記載の処理方法。

[請求項22] 前記供給液及び／又は前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理を行うことを含む、請求項20又は21に記載の処理方法。

[請求項23] 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、請求項22記載の処理方法。

[請求項24] 前記供給液又は前記排出液を電気分解し、前記塩素含有物質を生成することを含む、請求項23記載の処理方法。

[請求項25] 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度に基づいて前記不活性化能力を有する物質を中和させる中和剤の添加を決定することを含む、請求項22から24のいずれかに記載の処理方法。

[請求項26] 前記排出液における前記不活性化能力を有する物質の濃度を測定することを含む、請求項25記載の処理方法。

[請求項27] 前記貯留手段は、バラストタンクである、請求項1から26のいずれかに記載の処理方法。

[請求項28] 筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、水生生物の不活性化処理を行う不活性化手段と、
筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、遠心力を用いた物理的処理を行う物理的手段と、
前記排出液に対し、水生生物の不活性化処理の有無を決定する制御部

と、を備える液体の処理装置。

- [請求項29] 前記不活性化手段は、水生生物に対して不活性化能力を有する物質を混和させる手段を有する、請求項28記載の処理装置。
- [請求項30] 供給液及び貯留手段における不活性化能力を有する物質の濃度を監視する監視手段を、さらに備え、
前記制御部は、前記監視手段により得られた前記濃度に基づき、前記混和手段を制御する、請求項29記載の処理装置。
- [請求項31] 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、請求項29又は30に記載の処理装置。
- [請求項32] 前記不活性化手段は、前記供給液又は排出液から塩素含有物質を生成する処理槽を備える、請求項31記載の処理装置。
- [請求項33] 前記処理槽は、前記供給液又は排出液を電気分解して塩素含有物質を生成する電解槽を備える、請求項32記載の処理装置。
- [請求項34] 前記不活性化能力を有する物質を中和する中和剤を、前記排出液に添加する中和手段を、さらに備える、請求項29から33のいずれかに記載の処理装置。
- [請求項35] 前記物理的手段は、遠心力を用いた分離又は攪拌手段である、請求項28から34のいずれかに記載の処理装置。
- [請求項36] 筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、入口流速1～10m／秒で、遠心力を用いた物理的処理を行う物理的手段を備える液体の処理装置。
- [請求項37] 前記物理的手段は、遠心力を用いた分離又は攪拌手段である、請求項36記載の処理装置。
- [請求項38] 筐体内の貯留手段に供給する供給液及び／又は前記貯留手段から筐体外に排出する排出液に、水生生物の不活性化処理を行う不活性化手段を、さらに備える、請求項36又は37に記載の処理装置。
- [請求項39] 前記不活性化手段は、水生生物に対して不活性化能力を有する物質を混和させる手段を有する、請求項38記載の処理装置。

- [請求項40] 前記不活性化能力を有する物質は、塩素含有物質である、請求項39記載の処理装置。
- [請求項41] 前記不活性化手段は、前記供給液又は排出液から塩素含有物質を生成する処理槽を備える、請求項40記載の処理装置。
- [請求項42] 前記処理槽は、前記供給液又は排出液を電気分解して塩素含有物質を生成する電解槽を備える、請求項41記載の処理装置。
- [請求項43] 前記不活性化能力を有する物質を中和する中和剤を、前記排出液に添加する中和手段を、さらに備える、請求項39から42のいずれかに記載の処理装置。
- [請求項44] 筐体の外から取水した液体を電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理を行うこと、
前記不活性化処理を行った処理液を遠心力を用いた分離処理を行うこと、及び
前記分離処理して得られた上澄液を筐体内の貯留手段に貯留すること、を含む、液体の処理方法。
- [請求項45] 筐体内の貯留手段に貯留された液体を前記貯留手段から排出し、排出した液体を電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理を行うこと、
前記不活性化処理を行った処理液を遠心力を用いた分離処理を行うこと、及び
前記分離処理して得られた上澄液を筐体外に排出すること、を含み、前記不活性化処理と前記分離処理との間、又は前記分離処理と前記筐体外への排出との間に、前記塩素含有物質を中和する中和剤を混和することを含む、液体の処理方法。
- [請求項46] 筐体の外から取水した液体を電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理Aを行うこと、
前記不活性化処理Aを行った処理液を遠心力を用いた分離処理Aを行うこと、及び

前記分離処理 A して得られた上澄液を筐体内の貯留手段に貯留すること、を含む貯留工程と、
前記筐体内の貯留手段から排出した液体を、電気分解して塩素含有物質を生成させ、水生生物の不活性化処理 B を行うこと、
前記貯留手段から排出した液体に対して不活性化処理 B を行った処理液を遠心力を用いた分離処理 B を行うこと、
前記分離処理 B して得られた上澄液を筐体外に排出すること、及び、
前記不活性化処理 B と前記分離処理 B との間、又は前記分離処理 B と前記筐体外への排出との間に、前記塩素含有物質を中和する中和剤を混和することを含む排出工程と、
を含む、液体の処理方法。