

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第1区分

【発行日】平成17年12月8日(2005.12.8)

【公開番号】特開2005-917(P2005-917A)

【公開日】平成17年1月6日(2005.1.6)

【年通号数】公開・登録公報2005-001

【出願番号】特願2004-175796(P2004-175796)

【国際特許分類第7版】

C 0 2 F 1/46

B 6 3 B 13/00

B 6 3 J 4/00

【F I】

C 0 2 F 1/46 Z A B Z

B 6 3 B 13/00 Z

B 6 3 J 4/00 Z

【手続補正書】

【提出日】平成17年10月18日(2005.10.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ラジカル生成器の放電極と接地極の間に電源周波数が400Hz-40000 Hzの電圧を印加し、放電極と接地極との間に電界強度が250Td-600 Tdの強電離放電を形成させ、 $\text{OH}^\cdot$ を主として含むラジカル溶液を製造した後、該溶液をバラスト水の輸送配管内に添加し、バラスト水を配管内で2s-20s輸送する過程でバラスト水中の生物を殺生することを特徴とする、在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項2】

前記生物が、細菌、単細胞藻類、原生動物から選択されたものであることを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項3】

前記強電離放電で、 $\text{OH}^\cdot$ 及び $\text{HO}_2^\cdot$ を含む活性粒子に加工し、 O_3 、 $\text{OH}^\cdot$ 及び $\text{HO}_2^\cdot$ を含む活性粒子は、インジェクターにより励起された活性水の中に溶解され、連鎖反応を起こして、最終的に $\text{OH}^\cdot$ を主として含むラジカル溶液を生成することを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項4】

前記ラジカル溶液は、さらに、 $\text{HO}_2^\cdot$ 、 $\text{HO}_3^\cdot$ 、 $\text{O}_3^\cdot$ 、 $\text{O}_3^\cdot$ 、 $\text{O}_2^\cdot$ 、 H_2O_2^* を含有していることを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項5】

前記電源周波数が4000Hz-10000Hzであることを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項6】

前記バラスト水中の生物を殺生する装置が、船に設けられてバラスト水を統御する装置であることを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項 7】

バラスト水を輸送する主配管から、1/4～1/20のバラスト水を取り出し、該バラスト水を励起し、溶解させて、最終的にヒドロキシラジカル溶液を生成させ、再度主配管に返すことを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項 8】

前記バラスト水を輸送する過程において、バラスト水中の生物を殺す時間が、2s～10sであることを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項 9】

前記ラジカル溶液は、インジェクター、渦巻きポンプによる励起と溶解によって生成したものであることを特徴とする請求項1に記載の在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法。

【請求項 10】

高周波電源と、インジェクターと、気液溶解分離器と、液液混合器と、余剰ラジカル処理器と、前記のインジェクターと投入する原料ガスの間に設けられたラジカル生成器と、を備える船上でバラスト水を輸送する過程において生物を殺生する方法を実行するための装置であって、前記インジェクターと原料ガスの投入との間にラジカル生成器が設けられていることを特徴とする装置。

【請求項 11】

前記ラジカル生成器は、放電極、接地極、誘電体層、セパレータからなることを特徴とする請求項10に記載の装置。

【請求項 12】

前記放電極表面、接地極表面、或は放電間隙に誘電体層が設けられてあることを特徴とする請求項11に記載の装置。

【請求項 13】

前記誘電体層材料は、セラミックス、ガラス、エナメルづけであることを特徴とする請求項11又は12に記載の装置。

【請求項 14】

前記放電極、接地極、誘電体層は管状、平板状であることを特徴とする請求項13に記載の装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法及び装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、気体放電学及び生物学の応用技術分野に属し、特に在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

70年代、北アメリカくらげ (comb jelly) が海に侵入して浮遊生物、魚の卵、稚魚を好んで食べ、カタクチイワシ (anchovy) とニシン (clupoid) の養殖業に対して壊滅的な被害を与えた。また、1990年には mnemiopsis と言われるアメリカの生物が黒海に侵入して、大量の浮遊生物をのみ込み、黒海の稚魚を殆ど枯渇させるに至った。1997年オーストラリアの検疫 (AQIS) によれば、大略170種超の水生生物がオーストラリア水域に侵入したとのことである。鞭毛藻類の1種 (Dinoflagellate) だけで8000万ドルの損害をもたらした。

人間の食物連鎖への貝殻類の進入により、人間の健康にも危害を及ぼすようになり、オーストラリア水産養殖業はかなり長い期間中断されるに至った。1996年アメリカとカナダとの境界に侵入した五大湖の生物だけで130余種にのぼり、2000年までに50億ドルの経済損失をもたらした。コンマ菌（ELTor, Inaba）もまた、アジアのコンマ菌が船舶バラスト水を通じてラテン・アメリカに着いたものである。船舶バラスト水中の外来有害生物の侵入は、きつとわが国の沿岸海域環境に壊滅的破壊を与え、わが国の社会経済高速発展地域の持続的発展を脅かすに違いない。

【0003】

現在、地域制限と貿易障害等の問題を解決するために、多くの科学技術者は、船舶バラスト水有害生物の侵入を有効に統御する新たな処理方法について研究を行っている。1990年、国際連合と五大湖の漁業組織は、公海でバラスト水を交換して、生物侵入性伝播を減らす対策を提出し、外来生物の侵入を有効的に低減又は阻止したが、深海域を航行する場合、バラスト水を交換する方法によっては、水中の全ての生物の各階段における物種を有効的に除去できなかった。2000年、IMO海上環境保護委員会は、「深海域（水深200メートル以下、岸から200海里以遠）を航行する時にバラスト水を交換する方法」を採用することを提案したが、エネルギー消費が大で、操作及び運行時間があまりに長い等の問題があった。2000年、Geoff Rigbyらは、それぞれ加熱によるバラスト水の統御方法について研究を行い、該方法は潜在的吸引力を有する方法と見なされたが、処理時間が長く、エネルギー消費が大で、形成された熱応力等が船舶の航行安全性に影響を及ぼすという問題があった。多くの科学技術者は、塩素と次塩素酸ナトリウムを用いて船舶バラスト水を統御しようとしたが、この方法では、微生物を確実に殺し、バラスト水における薬剤を均一にするために、100mg/L-500 mg/Lの過剰塩素の添加を余儀なくされ、その塩素使用量は一般的に水処理で使う塩素量の数十倍なので、船倉の塗装、ポンプ、配管等の施設を酷く腐食し、塩素とバラスト水中の有機物が反応して発癌的な有機塩素化物を生じ、更には船上に保管されている数トンの液状塩素が漏洩、爆発する等の安全上の問題もあった。このような原因で、該方法はバラスト水処理に適用される可能性はあまりなかった。1998年Smethurstは、塩素ガスによる統御の実用性を改めて評価することを提起した。多くの学者らも多くの探索研究をしたが、MEPCと GloBallastは、今まで、船上でin situ統御方法に関する有効的な方法はないとの考えに至った。現在利用できる方法としては、航行中に水を交換する方法、目的港でバラスト水処理を行う方法があるが、前者には安全とエネルギー消費が大であるという問題があり、後者には当地政府の投資及び港へのメンテナンス、管理の設立等の問題がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、従来技術に存在する欠点を解除し、バラスト水の水質が改善され、取り扱いが簡単で、コストが低い、在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法及び装置を提供することにある。本発明によれば、バラスト水を輸送する過程にて侵入生物を殺すことができ、且ついかなる薬剤も残留しない。本発明は、強電離放電を利用した新たな方法であって、分子レベルで H_2O 、 O_2 をヒドロキシ（ $OH^\cdot$ ）、オゾン（ O_3 ）を主とする高濃度活性粒子に加工し、新たな気液溶解技術を利用してヒドロキシ溶液（薬剤）を作った後、該溶液をバラスト水の主輸送配管に加えて、侵入した生物を殺し、船上で、バラスト水を輸送する過程方式でもってバラスト水を統御することを実現し得たものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、ラジカル生成器の放電極と接地極との間に電源周波数が400Hz-40000 Hzの電圧を印加し、放電極と接地極との間に電界強度が250Td-600 Tdの強電離放電を形成して、 O_2 と H_2O 又は O_2 を電離、分解及び励起させた後、 O_3 、 $OH^\cdot$ 及び $HO_2^\cdot$ を含む活性粒子に加工し、励起溶解方法を用いて $OH^\cdot$ を主として含むラジカル溶液を製造した後、該溶液をバラスト水の輸送配管内に添加し、配管内を2s-20s輸送される過程においてバラスト水中

の生物を殺すことを特徴とする、在船上バラスト水輸送過程方式による生物の殺生方法を提供する。前記の生物は、細菌、単細胞藻類、原生動物から選択されたものである。

【0006】

本発明の O_3 、 $OH^\cdot$ 及び $HO_2^\cdot$ を含む活性粒子は、インジェクターにより励起された活性水中に溶解され、連鎖反応を起こして、最後に $OH^\cdot$ を主として含むラジカル溶液を生成する。該ラジカル溶液は、さらに $HO_2^\cdot$ 、 $HO_3^\cdot$ 、 $O_3^\cdot$ 、 $O_3^\cdot$ 、 $O_2^\cdot$ 、 $H_2O_2^*$ を含有している。

【0007】

本発明の電源周波数は4000Hz-10000 Hzであることが好ましい。

本発明によれば、前記のバラスト水中の生物を殺生する装置は、船上に設けてバラスト水を統御する装置であって、バラスト水を輸送する主配管から1/4～1/20のバラスト水を取り出し、最終的に励起溶解にてヒドロキシラジカル溶液を生成させ、再度主配管に返す。バラスト水輸送過程における、バラスト水中の生物殺生時間は、2s～10sであることが好ましい。

本発明のラジカル溶液は、インジェクター、渦巻きポンプによる励起溶解によって生成したものである。

【0008】

又、本発明は、高周波電源と、インジェクターと、気液溶解分離器と、液液混合器と、余剰ラジカル処理器と、インジェクターと投入する原料ガスとの間に設けられたラジカル生成器と、を備える在船上バラスト水輸送過程方式による生物殺生方法を実行するための装置を提供する。前記ラジカル生成器は、放電極、接地極、誘電体及びセパレータからなり、電源周波数は6000Hz-8000 Hzであり、放電極表面、接地極表面、或は放電間隙には誘電体層が設けられており、放電極、接地極、誘電体層は管状、又は平板状であり、誘電体層の材料は、セラミックス、ガラス、エナメルびきである。

【0009】

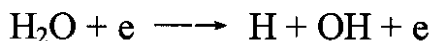
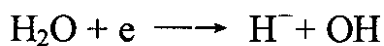
本発明を実施するための具体的手順は、以下に示す通りである。

1、ラジカルを得るプラズマ反応過程

以下、ヒドロキシラジカル生成例を例に挙げて説明する。

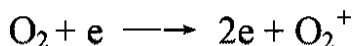
弱電離或は電子エネルギーが低い場合、 OH は下記式に従って生成される。水が、高エネルギー電子と直接作用し、分解して、ヒドロキシを生成する反応式は

【化1】



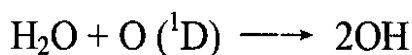
であり、 O_2 分子の電離、分解電離、及び電荷交換等の反応過程は下記式の通りであり、

【化2】



高エネルギー活性粒子と水が直接作用してヒドロキシを生成する反応式は

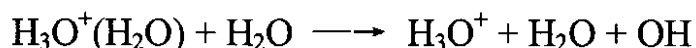
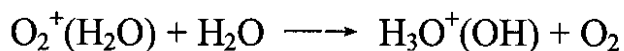
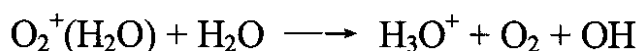
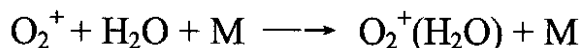
【化3】



である。

高電界の作用下で、ヒドロキシを生成する主な経路は、 O_2^+ イオンと H_2O 分子が水のイオン群を形成した後、再度 H_2O 分子と反応してヒドロキシを形成する。反応式は以下の通りである。

【化 4】



弱電離放電の場合、投入エネルギー100eV当たり、電離分解される H_2O と O_2 の数は0.3～0.4個に過ぎないが、強電離放電を起した場合には、投入エネルギー100eV当たり、電離分解される H_2O と O_2 の数は2.07～1.23個、即ち、二個の O_2^+ が水和イオン反応を起こしてOHを生成する。したがって、強電離放電は、高濃度のヒドロキシラジカルを生成するのに最も有効な方法である。

【0010】

2、活性水中で O_3 をヒドロキシ溶液に加工する。

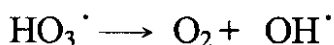
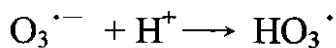
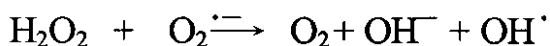
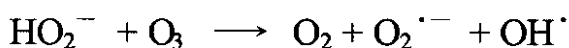
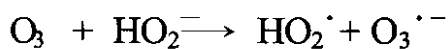
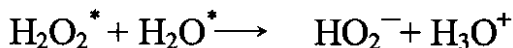
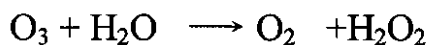
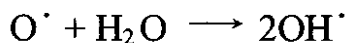
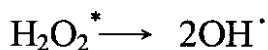
快速で流動している水が、ベンチュリインジェクター或は渦巻きポンプを通過する時、空気は瞬時に細微な気泡となり、気泡の直径が特定のサイズになったとき、細微な気泡は迅速に膨張・収縮して“爆発”する。このような過程において、気泡が崩壊する直前の瞬間に、気泡中の温度と圧力が急激に増加（ $T > 3000\text{K}$ 、 $P > 1\text{kPa}$ ）し、水分子は励起状態になり、生成したラジカルの濃度は大略 $10^{-9}(\text{V/V})$ となるが、励起状態の水自体が產生するOHは非常に少なく、それはOH $\cdot$ を生じるための二次的な方式である。その反応式は、以下の通りである。

【化 5】



高濃度のオゾンと励起状態の水とのプラズマ化学反応は、高濃度ヒドロキシラジカルを生じる主要な経路の一つである。生じたラジカルの比率濃度は10mg/L以上であり、その反応式は、下記の通りである。

【化 6】



以上のプラズマ化学反応過程の説明から、高濃度のオゾンに加え、強い励起手段を利用して励起状態の水を溶解させ $\text{OH}^\cdot$ を産生する方法は、工程上でヒドロキシラジカル溶液を加工する有効な方法であることが分かる。

【0 0 1 1】

3、ラジカル溶解方法

ラジカルが溶解する時、ヘンリー（Henry's）の法則が遵守されるべきで、ラジカル溶解速度は下記の式で表わされる。

【化 7】

$$C_L^* = \frac{1}{H_A} C_G$$

ここで、 C_L^* はラジカル溶液の平衡濃度で、平衡状態で水に溶解するラジカルの最大濃度（飽和濃度とも言われる）を表わし、溶液の温度、気相中における溶質ラジカルの分圧 P （気相ラジカル濃度）、気液体積比率等のパラメーターに関係する。

【化 8】

$$v = k_L \cdot a \cdot (C_L^* - C_L) - k_d C_L$$

したがって、ラジカル液相物質移動速度係数 $k_L \cdot a$ を大きくし、気液接触面積の拡大し、気相中のラジカル濃度を高めることにより、水に対するラジカルの有効溶解を促進することができる。われわれは、すでにこのような溶解技術を把握している。

【0 0 1 2】

4、ヒドロキシが外来侵入微生物を殺生する生物化学過程

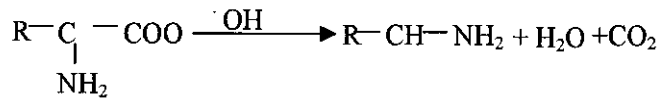
ヒドロキシが微生物を殺す主要過程は、生物体のリピドの過酸化、アミノ酸の酸化分解

、蛋白質のコンフォメーション変化、DNA連鎖断裂及びチトクローム脱色等である。

I. リピドの過酸化：ヒドロキシの作用によって、リピド結合の断裂、不飽和脂肪酸の炭素鎖の断裂、加水分解等の一連の反応が起こり、最終的に、グリセロリン脂質から分解生成するカルボン酸を脱カルボキシル化（脱炭酸）させて CO_2 、 H_2O を生成する。

II. アミノ酸の酸化分解：ヒドロキシはアミノ酸を酸化分解させることができ、その反応式は以下の通りである。

【化 9】



III. 蛋白質のコンフォメーション変化：ヒドロキシはジスルフィド結合を酸化断裂することができ、蛋白質のコンフォメーションを変化させることで、蛋白質の変性を引き起こし、或は酵素を失活させ、侵入生物を殺す。

IV. デオキシリボ核酸（DNA）連鎖の断裂：ヒドロキシは、DNAに作用して、DNA付加物（DNA Adducts）を形成し、DNAの初期損傷を引き起こし、その後、DNAの塩基を置換又は消滅させて連鎖を断裂させ、且つDNA連鎖中の塩基、糖、及びリン酸をヒドロキシが攻撃して、化学損傷を引き起こすことによって、DNAの構造と機能に影響を与え、細胞を死に至らせる。

V. 細胞色素の脱色：ヒドロキシは、光合成微小藻類或は他の光合成微生物の光合成色素を脱色して、同化合成が出来なくようにすることによって、侵入生物を殺す。

以下、図面と実施例に基づいて、本発明を詳しく説明する。

【発明の効果】

【0013】

本発明は以下の効果がある。

- 1、低い濃度（0.6～0.7mg/L）でバラスト水中の単細胞藻類、原生動物、孢子、細菌、及びビブリオ等の微生物を殺すことができる。
- 2、微生物を殺す速度が非常に速く、大略2.8sで、バラスト水の輸送過程において、侵入した有害微生物を殺すことができる。
- 3、ヒドロキシの加工原料は酸素と水で、原料コストが殆どかからない。
- 4、余剰のヒドロキシ薬剤は H_2O と O_2 に分解され、いかなる残留薬剤もない。
- 5、バラスト水の水質を改善する。
- 6、ヒドロキシの加工装置は体積が小さく、操作が簡単で、運転コストが低い。
- 7、強電離放電方法を用いて、空気中の酸素と水（又は海水）を直接加工してヒドロキシ溶液とし、船上でバラスト水の輸送過程において、細菌、単細胞藻類、原生動物、孢子、及びビブリオ等を殺すことができ、これらの生物は、最終的に H_2O 、 O_2 及び微量無機塩に分解される。この方法は、ゼロ汚染、ゼロ排出であり、根本的に環境汚染問題を解決する、先進的酸化技術の工程化応用の成功的な典型例である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明のラジカル生成器は、放電極22、接地極21、誘電体層24、及びセパレータ23から構成される。放電極と接地極の間には、放電電界強度が250Td～600Tdの高電界が形成される。 H_2O 、 O_2 又は O_2 ガスは、図1中のバルブ1と流量計2を通過した後、ラジカル生成器3中で $\text{OH}^\cdot$ 、 O_3 、又は $\text{HO}_2^\cdot$ 等のラジカルに加工され、モーターバルブ11と逆止弁12の制御により、ポンプで吸い込んだ未処理バラスト水を、インジェクター9及び気液溶解分離器10を用いて、ヒドロキシラジカル溶液に加工し、溶解されなかったラジカルは、余剰ラジカル処理器13によって除去される。図1中、変圧器5、逆変流器6、及び制御器7からなる高周波高圧電源は、ラジカル生成器3に電源を提供するものであり、ラジカル濃度測定器4は、生成したラジカル濃度を検出するものであり、ヒドロキシ濃度分析器14は、ヒドロキシ濃度を検出するものである。バラスト水ポンプ19により未処理バラスト水を輸送配

管に吸い込み、図 2 中のフィルター 16 によって濾過してから、その一部分を取り出し、ヒドロキシラジカル溶液生成ユニット 15 を用いて加工しヒドロキシ溶液となし、それを、配管を介して輸送された流量計 17 とバルブ 18 を経たバラスト水と液液混合器で混合させることによって、バラスト水中の単細胞藻類、原生動物、細菌を殺生する。

【実施例】

【0015】

殺生効果を表 1 に示す。

【表 1】

ヒドロキシで海水中の細菌、浮遊植物殺生試験での試験数値

種類	ヒドロキシ比率濃度 (mg/L)	微生物濃度 (個/mL)	致死率 (%)
細菌	0	1.9×10^5	
	0.63	検出されず	100
単細胞藻類	0	6.0×10^4	
	0.63	検出されず	100
原生動物	0	4.4×10^4	
	0.63	検出されず	100

【0016】

その単細胞藻類、原生動物、細菌を殺す時間はきわめて短く、図 4 に示したヒドロキシにより微生物を殺生する時間と致死率との関係からわかるように、殺生時間は 4s であり、別の試験によれば、たった 2.8s で細菌、単細胞藻類、原生動物、孢子、及びビブリオ等を 100% 殺生することができ、船上でバラスト水を輸送する過程方式でもってバラスト水中の生物を殺生することができる。また、大きな酸化塔（接触塔）、バッキ槽施設を省略することができる。

生物を殺生した後残ったヒドロキシは 20 分後には H_2O 、 O_2 等の物質に分解され、残留薬剤が存在しない。また、表 2 に示すようにバラスト水の水質が改善される。ヒドロキシ等のラジカル溶液を用いてバラスト水を統御する方法は、環境に優しい有効的な方法である。

【表 2】

バラスト水水質に与えるヒドロキシの影響に関する実験結果

測定項	ヒドロキシ溶液 (mg/L)		変化率 (%)
	0	0.63	
硝酸塩	156.8 μ g/L	184.1 μ g/L	+17.4
亜硝酸塩	66.6 μ g/L	1.1 μ g/L	-98.4
アンモニウム塩	79.8 μ g/L	0.4 μ g/L	-99.5
リン酸塩	25.9 μ g/L	32.9 μ g/L	+27.0
As	0.44 μ g/L	0.43 μ g/L	-2.3
Cu	4.2 μ g/L	2.6 μ g/L	-38.1
Zn	17.2 μ g/L	68.6 μ g/L	+298.8
Cd	0.8 μ g/L	0.7 μ g/L	-12.5
Pb	6.5 μ g/L	1.6 μ g/L	-75.4
Fe	14.4 μ g/L	8.6 μ g/L	-40.3
Hg	0.033 μ g/L	0.031 μ g/L	-6.1
TOC	1.68mg/L	2.39 mg/L	+42.3
COD	0.54 mg/L	検出されず	-100
DO	7.47 mg/L	13.24 mg/L	+77.2
塩度	31.351	31.349	0
pH	8.13	8.12	-0.1
濁度	0.4	0.2	-50.0
電導率	47.3	47.58	+0.6

【産業上の利用可能性】

【0017】

本発明の方法によれば、バラスト水の水質が改善され、余剰ヒドロキシ等のラジカルは分解して H_2O や O_2 になるので、汚染、排出が全くなく、環境汚染問題を根本的に解決することができる。本発明の装置は、高周波電源、インジェクター、気液溶解分離器、液液混合器、余剰ラジカル処理器、及びラジカル生成器を備える。本発明はさらに、設備が小型で、コストが低く、取り扱いが簡単という利点がある。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は本発明のヒドロキシ等のラジカル及びヒドロキシ溶液生成装置の構造を示す概略図である。

【図2】図2は本発明の在船上バラスト水輸送過程方式による生物殺生方法の概略フローチャートである。

【図3】図3はラジカル生成器の構造を示す概略図である。

【図4】図4はヒドロキシにより微生物を殺生する時間と致死率との関係を示す図である。

。

【符号の説明】

【0019】

- 1 バルブ、
- 2 流量計、
- 3 ラジカル生成器、
- 4 ラジカル濃度測定器、
- 5 変圧器、
- 6 逆変流器、
- 7 制御器、
- 8 ポンプ、
- 9 インジェクター、
- 10 気液溶解分離器、
- 11 モーターバルブ、
- 12 逆止弁、
- 13 余剰ラジカル処理器、
- 14 ヒドロキシ濃度分析器、
- 15 ヒドロキシラジカル溶液生成ユニット、
- 16 フィルター、
- 17 流量計、
- 18 バルブ、
- 19 ポンプ、
- 20 液液混合器、
- 21 接地極、
- 22 放電極板（放電極＋誘電体層）、
- 23 セパレータ、
- 24 誘電体層