

(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2008-183502
(P2008-183502A)

(43) 公開日 平成20年8月14日(2008.8.14)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
B01F	3/04	(2006.01)	B01F 3/04 Z	4D037
CO2F	1/30	(2006.01)	CO2F 1/30	4D050
CO2F	1/50	(2006.01)	CO2F 1/50 510E	4G035
CO2F	1/76	(2006.01)	CO2F 1/50 520F	
B82B	3/00	(2006.01)	CO2F 1/50 531M	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-18554 (P2007-18554)
(22) 出願日 平成19年1月29日 (2007.1.29)

(71) 出願人 505302948
財団法人日本船舶技術研究協会
東京都港区西新橋一丁目7番2号

(71) 出願人 501204525
独立行政法人海上技術安全研究所
東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(71) 出願人 505350651
株式会社オプトクリエーション
東京都品川区東五反田1-10-11 5
04号室内

(74) 代理人 100111707
弁理士 相川 俊彦

最終頁に続く

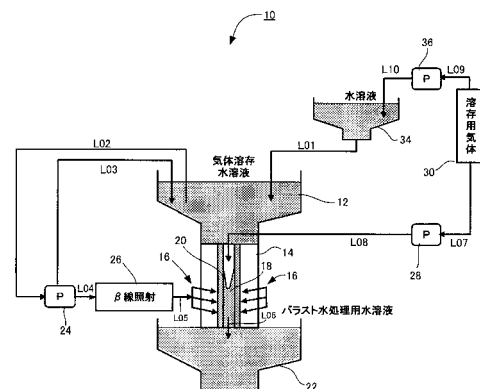
(54) 【発明の名称】 ナノバブルによる水処理装置及びナノバブルによる水処理方法

(57) 【要約】

【課題】大量のバラスト水に対応でき、簡便に水生生物に対して効果的な死滅効果を得ることができるナノバブル発生装置及び方法を提供する。

【解決手段】酸素が溶存する水若しくは水溶液に超微細気泡(以下「ナノバブル」という)を発生させる方法や装置に関し、水酸基及び/又はOHラジカルラジカルを発生させるベータ線照射や、高圧水を噴射してナノバブルを発生させて、前記ナノバブルの界面に水酸基及び/又はOHラジカル配置させることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

酸素が溶存する水若しくは水溶液に超微細気泡（以下「ナノバブル」という）を発生させる装置であって、

水酸基及び／又はOHラジカルを発生させるベータ線照射手段と、

高圧水を噴射可能なナノバブル発生手段と、を備え、

前記ナノバブルの界面に水酸基及び／又はOHラジカルが存在することを特徴とするナノバブル発生装置。

【請求項 2】

前記水若しくは水溶液には、ハロゲン元素が溶存することを特徴とする請求項 1 記載のナノバブル発生装置。 10

【請求項 3】

前記水若しくは水溶液には、塩化ナトリウムが溶存することを特徴とする請求項 1 記載のナノバブル発生装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか記載のナノバブル発生装置を備える、海水中の微生物を駆除する駆除装置。

【請求項 5】

酸素が溶存する水若しくは水溶液に、ナノバブルを発生させる方法であって、

水酸基及び／又はOHラジカルを発生させるベータ線照射工程と、 20

ナノバブルを発生させる高圧水の噴射工程と、を含み、

前記ベータ線照射工程後に前記噴射工程を行うことを特徴とするナノバブル発生方法。

【請求項 6】

酸素が溶存する水若しくは水溶液に、ナノバブルを発生させる方法であって、

水酸基及び／又はOHラジカルを発生させるベータ線照射工程と、

ナノバブルを発生させる高圧水の噴射工程と、を含み、

前記ベータ線照射工程及び前記噴射工程は、場所を異にして、同時に行うことが可能なことを特徴とするナノバブル発生方法。

【請求項 7】

前記水若しくは水溶液には、ハロゲン元素が溶存し、 30

前記ベータ線照射工程及び／又は前記噴射工程において、前記ナノバブルの界面に水酸基及び／又はOHラジカルが配置されることを特徴とする請求項 6 記載のナノバブル発生方法。

【請求項 8】

前記水若しくは水溶液には、塩化ナトリウムが溶存し、

前記ベータ線照射工程及び／又は前記噴射工程において、次亜塩素酸ナトリウム及び／又は次亜塩素酸を発生させることを特徴とする請求項 6 記載のナノバブル発生方法。

【請求項 9】

請求項 8 のナノバブル発生方法により製造するナノバブルを含む水若しくは水溶液を用いることにより、海水中の微生物を駆除する方法。 40

【請求項 10】

気泡を含む水若しくは水溶液において、

該気泡の粒径分布が、100 から 500 nm の範囲に、及び、20 から 70 μm の範囲に、ピークを持ち、

前記気泡の界面に水酸基及び／又はOHラジカルが存在することを特徴とする気泡含有水若しくは水溶液。

【請求項 11】

酸素及び塩素が溶存する水若しくは水溶液において、次亜塩素酸を生成させる装置であって、

水酸基及び／又はOHラジカルラジカルを発生させるベータ線照射手段と、 50

高圧水を噴射可能なナノバブル発生手段と、を備えることを特徴とする次亜塩素酸生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水若しくは水溶液中の気泡界面に水酸基等を配置する装置及び方法に関し、特に、該水若しくは水溶液を処理する装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

水中の気泡としては、一般に泡と呼ばれるマクロなバブルや、バブル（気泡）の直径が10乃至数十マイクロメートル（ μm ）の範囲にあるマイクロバブル、そして、直径が1マイクロメートル（ μm ）未満のナノバブルがあげられる。これらのバブルの内、マイクロバブル及びナノバブルは、殺菌能力や洗浄能力を有することが知られる。しかしながら、ナノバブルは、マイクロバブルに比べ、これらの能力は、さらに高い。そのため最近では、このナノバブルの特性を利用した装置の研究も進められている（例えば、特許文献1）。

10

【0003】

そのため、マイクロバブルを含む液体を貯留槽に供給し、超音波振動を印加することにより、液体中のマイクロバブルを圧壊し、液体中にナノバブルを大量に生成させ、それにより、殺菌能力や洗浄能力が非常に高いナノバブル水を作る方法等が開示されている（例えば、特許文献2）。

20

【0004】

ところで、船舶のバラスタタンクに供給するバラスタ水については、細菌類等の微小生物から大型のプランクトンのような比較的大きめの水生生物、さらにはプランクトンの卵や孢子などのように硬い殻に覆われているような水生生物といった種々の水生生物の全てに対して効果的な死滅効果を発揮でき、薬剤のような残留による問題やバラスタタンクの腐食等の問題のないものが求められている。そのため、海水をろ過膜によってろ過するろ過処理工程と、前記ろ過膜を洗浄する工程と、ろ過膜を洗浄した洗浄水中に衝撃水圧を発生させて洗浄水中の水生生物を死滅させる工程と、を備えるバラスタ水の処理方法等が開示されている（例えば、特許文献3）。

30

【特許文献1】特開2004-121962号公報

【特許文献2】特開2006-289183号公報

【特許文献3】特願2005-342626号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1及び2に記載の技術では、大量のバラスタ水に対応するだけのナノバブル水を生成することが困難であり、また、特許文献3に記載の技術では、ろ過処理工程や、衝撃水圧を発生させる工程が必要であり、簡便に、水生生物に対して効果的な死滅効果を得ることが難しい。更に、従来から用いられる次亜塩素酸塩との相乗効果が得られるものではなく、大きな効果は期待し難い。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

そこで、本発明では、酸素が溶存する水若しくは水溶液に超微細気泡（以下「ナノバブル」という）を発生させる方法や装置に関し、水酸基及び/又はOHラジカルを発生させるベータ線照射や、高圧水を噴射してナノバブルを発生させて、前記ナノバブルの界面に水酸基及び/又はOHラジカルを配置させることを特徴とする。

【0007】

具体的には、以下のようなものを提供することができる。

【0008】

50

(1) 酸素が溶存する水若しくは水溶液にナノバブルを発生させる装置であって、水酸基及び/又はOHラジカルラジカルを発生させるベータ線照射手段と、高圧水を噴射可能なナノバブル発生手段と、を備え、前記ナノバブルの界面に水酸基及び/又はOHラジカルが存在することを特徴とするナノバブル発生装置を提供することができる。

【0009】

(2) 前記水若しくは水溶液には、ハロゲン元素が溶存することを特徴とする上記(1)記載のナノバブル発生装置を提供できる。

【0010】

(3) 前記水若しくは水溶液には、塩化ナトリウムが溶存することを特徴とする上記(1)記載のナノバブル発生装置を提供できる。

10

【0011】

(4) 上記(1)から(3)のいずれか記載のナノバブル発生装置を備える、海水中の微生物を駆除する駆除装置を提供できる。

【0012】

(5) 酸素が溶存する水若しくは水溶液に、ナノバブルを発生させる方法であって、水酸基及び/又はOHラジカルを発生させるベータ線照射工程と、ナノバブルを発生させる高圧水の噴射工程と、を含み、前記ベータ線照射工程後に前記噴射工程を行うことを特徴とするナノバブル発生方法を提供できる。

【0013】

(6) 酸素が溶存する水若しくは水溶液に、ナノバブルを発生させる方法であって、水酸基及び/又はOHラジカルを発生させるベータ線照射工程と、ナノバブルを発生させる高圧水の噴射工程と、を含み、前記ベータ線照射工程及び前記噴射工程は、場所を異にして、同時に行うことが可能なことを特徴とするナノバブル発生方法を提供できる。

20

【0014】

(7) 前記水若しくは水溶液には、ハロゲン元素が溶存し、前記ベータ線照射工程及び/又は前記噴射工程において、前記ナノバブルの界面に水酸基及び/又はOHラジカルが配置されることを特徴とする上記(6)記載のナノバブル発生方法を提供できる。

【0015】

(8) 前記水若しくは水溶液には、塩化ナトリウムが溶存し、前記ベータ線照射工程及び/又は前記噴射工程において、次亜塩素酸ナトリウム及び/又は次亜塩素酸を発生させることを特徴とする上記(6)記載のナノバブル発生方法を提供できる。

30

【0016】

(9) 上記(8)のナノバブル発生方法により製造するナノバブルを含む水若しくは水溶液を用いることにより、海水中の微生物を駆除する方法を提供できる。

【0017】

(10) 気泡を含む水若しくは水溶液において、該気泡の粒径分布が、100から500nmの範囲に、及び、20から70 μ mの範囲に、ピークを持ち、前記気泡の界面に水酸基及び/又はOHラジカルが存在することを特徴とする気泡含有水若しくは水溶液を提供できる。

【0018】

(11) 酸素及び塩素が溶存する水若しくは水溶液において、次亜塩素酸を生成させる装置であって、水酸基及び/又はOHラジカルラジカルを発生させるベータ線照射手段と、高圧水を噴射可能なナノバブル発生手段と、を備えることを特徴とする次亜塩素酸生成装置を提供できる。

40

【発明の効果】

【0019】

本発明におけるナノバブル発生装置、ナノバブル発生方法、微生物駆除装置、微生物駆除方法、次亜塩素酸生成装置によれば、ナノバブルの界面に水酸基及び/又はラジカルを配置することができるので、殺菌効果のあるナノバブルが長時間維持できる。更に、それに伴い、次亜塩素酸を、長期に水中に維持することができる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

図1は、本発明における実施の形態であるナノバブル発生装置10を模式的に示す図である。ナノバブル発生装置10は、主に、均質化手段としての第1の貯水槽12、ナノバブル発生部14、ナノバブル水を貯留する第2の貯水槽22、線照射手段を含む処理室26、及び高圧ポンプ24から構成される。溶存用の気体を供給するタンク30、その気体を加圧するポンプ28及びポンプ36で加圧された気体を水溶液中に溶解させるための第3の貯水槽34を備える。

【0021】

上記の第1、2、3の貯水槽12、22、34等には、温度調節装置を周囲に配置することができる。溶存する気体の溶解度は、温度上昇と共に減少するため、適切に温度調整することが好ましいからである。まず、水若しくは塩化ナトリウム等を溶解する水溶液を第3の貯水槽34に溜め、タンク30から配管L09を介して気体をポンプ36に送り、そこで加圧して、0.1~1MPaの溶存用の気体（例えば、酸素、塩素等）を配管L10を通して第3の貯水槽34内に導入し、この気体を水若しくは水溶液に溶解させる。このようにして酸素、塩素等を溶存する水若しくは水溶液は、配管L01を通過して、第1の貯水槽12に貯留され、均質化が図られる。この均質化された水若しくは水溶液は、すぐ下のナノバブル発生部14へ送られ、同じく第1の貯留層12から配管L02を通過して高圧ポンプ24に導かれる水若しくは水溶液は、更に、配管L04を通過して処理室26に導かれる。この処理室26では、後述するセラミックスにより、線が照射されて、ナノバブルの安定性に寄与することができる。この線照射された水若しくは水溶液は、配管L05を通過して高圧のまま、複数のノズルを含むナノバブル発生手段16から噴射される。後述するように、このナノバブル発生手段16の構成要素であるノズルは、管18内で第2の貯水槽22に向かって傾斜しており、噴射によりナノバブルが発生したナノバブル水は、矢印L06に示すようにその下の第2の貯水槽22に貯留される。

【0022】

ここで、高圧ポンプ24は、そのオーバーフローが配管L03を経由して、第1の貯水槽12に返還される。処理室26の線照射は、その線量が、2000から4000cpmの電子線を放出して崩壊する元素により行われる。このときの線のエネルギーレベルは、0.1から10MeVより好ましくは0.2から2MeVである。またこのような崩壊する元素の例としては、トリウム[^{234}Th - ^{234}Pa （半減期：24.1日）]が含まれる。また、イリジウム[^{192}Ir - ^{192}Pt （半減期：73.83日）]や、ヨウ素[^{126}I - ^{126}Xe （半減期：13日）]も例としてあげることができる。処理室26の詳細な構造は、後述する。

【0023】

一方、ナノバブルは、溶存する酸素等を利用して生成すると考えられるので、気体の溶存は重要なファクタである。そのため、溶存用気体タンク30から配管L07を通過してポンプ28に送られ加圧された気体（例えば、酸素や塩素）が、配管L08を通過して、ナノバブル発生部14に送られ、更に、気体放出ノズル20から、所定の気体が高圧水が噴射される管内18へ導かれる。

【0024】

図2は、図1のナノバブル発生部14をより詳細に説明する縦断面図及びAA断面図である。ナノバブル発生部14は、矢印で示す主な水溶液の流れに従って、図中右から左へとメインパイプ56内を流れる。そのメインパイプ56の周りをほぼ同心円状に囲む外管であるジャケットパイプ58と、該ジャケットパイプ58の内側とメインパイプ56の外側の間の空間である室54内に高圧流体を送り込むパイプ52と、送り込まれた高圧流体をメインパイプ56の内側に導入される原流体中に噴射する複数の噴射ノズル60と、そして、溶存用の気体をノズル72から吹き込んで導入する導入管70から構成される。該複数の噴射ノズル60は、メインパイプ56の中心軸線に向ってほぼ対向するように備えられているが、図2の図中やや左向き（図1の模式図において下向き）に傾いて固定され

10

20

30

40

50

ている。水溶液の源流は、大気圧下で貯留されており、メインパイプ56の内側でもほぼ同じ条件である。この原流体中に、噴射孔の径が約0.2から約2mmから適宜選択される大きさを持ち、長さが、約20から約50mmの噴射ノズル60から、高圧流体が噴射され、ナノバブルが発生する。

【0025】

ここで、噴射ノズル60は、図2のAA断面に示すように、それぞれ120度ずつ回転して、中心線に向かって配置されているが、噴射ノズル60から噴射される高圧流体の噴射線は、反対方向に真っ向から対向するものではなく、少し傾いている。そのため、それぞれ図2において、左側を向いて（図1において下向きに）傾斜している。従って、原流体の流れ方向に共通する方向成分を有しており、メインパイプ56内にその入り口から導入された原流体が、左へと（図1において下向きに）流れ、左側出口から流出するようになる。このため、ナノバブル密度の高い原流体が、メインパイプ56内を順次流れていき、滞留することなく第2の貯水槽22に貯留される。

10

【0026】

図3は、本発明における実施の形態であるナノバブル発生装置10aを模式的に示すブロック図である。ナノバブル発生装置10aは、水若しくは水溶液への気体の溶存を促す気体溶存手段12a、ポンプなどを含む溶液高圧手段24a、線照射して水若しくは水溶液の改質を行う線照射手段26a、ナノバブルを発生させるノズルを含む超微細気泡発生手段16a、そして、貯水槽を含む水溶液を貯留する水溶液貯留手段12a、18a、22aとから構成される。

20

【0027】

気体溶存手段34aから、気体が溶存した水溶液等が配管L02を通過して溶液高圧手段24aへと導かれ、更に、配管L04を通過して線照射手段26aへと導かれて、超微細気泡発生手段16aにおいて噴射される。これらの気体溶存手段34a、溶液高圧手段24a、線照射手段26a、そして超微細気泡発生手段16aからは、それぞれ水溶液貯留手段12a、18a、22aに通じる配管L11、L03、L12、そしてL06が備えられる。

【0028】

図4は、線照射手段を含む処理室26を模式的に示す斜視図である。左側が、カバー80をとって、多孔性のセラミックス86をむき出しにして図示したもの26'であり、右側が、カバー80に覆われた多孔性のセラミックス86を破線で示したもの26である。高圧手段であるポンプ24から1から10MPaの高圧にされた水若しくは水溶液が、カバー80の入り口82から入り、セラミックス86を保持する中心軸84の中若しくは外側を通過し、セラミックス86になるべく直接接触して、線照射されるようにして、出口90から、ナノバブル発生手段16へと排出される。

30

【0029】

このようにして、高圧水若しくは水溶液は扇状に広がる空間に流れ込むので、流速が低下し、セラミックス86の表面と接触する時間が増大する。さらに、流体が出て行く出口90近傍では、逆扇状に空間が狭くなるので、セラミックス86の表面と接触する時間が増大する。このセラミックス86は、特開平8-217421号公報等に記載されているような、炭酸バリウム、酸化チタン及び酸化アルミニウムからなる混合物に、更に、崩壊する元素を含ませて、粘土をバインダーとして、約1000から約1500の範囲で焼成されるセラミックス成形体である。

40

【0030】

このようなセラミックス86の例としては、以下の表1にまとめる元素成分からなるものがある。

【0031】

【表 1】

セラミックスの成分例

記号	成分名称	分類	分量
A l	アルミニウム	金属元素	多
F e	鉄	遷移金属	多
M g	マグネシウム	金属元素	多
N a	ナトリウム	金属元素	多
P	燐	非金属元素	多
S i	珪素	非金属元素	多
T i	チタン	遷移元素	多
B	硼素	非金属元素	多
C a	カルシウム	金属元素	中
K	カリウム	金属元素	中
L a	ランタン	遷移元素	中
L i	リチウム	金属元素	中
Y	イットリウム	遷移元素	中
M n	マンガン	遷移元素	少
P b	鉛	金属元素	少
S n	錫	金属元素	少
Z n	亜鉛	金属元素	少
N d	ネオジウム	遷移元素	少
T h	トリウム	遷移元素	僅少

10

20

30

40

【0032】

図5は、本発明の実施例（実験装置の例）である上述の装置で、水道水を処理したとき、この水道水中のナノバブルの粒径分布を測定したものである。より具体的には、水道水20リットルを、40リットル入りの水槽（図1の第3の貯水槽34）に入れ、室温で酸素を約0.2MPaの圧力で送り込み、1リットル当たり8ないし9mgの酸素が溶存する水溶液とした。この水溶液を40リットル入りの水槽（図1の第1の貯水槽12）に入れ、三相交流電源200V、3.7kW/50Hz程度の高圧ポンプ24で約5MPaに加圧し、線量計で2000cpm以上の線を放射する粒子状のセラミックス（表1参照）を含む線照射手段を備える処理室26（図4参照）において処理をした後、ナノバブル発生手段16において噴射し、ナノバブルを発生させた。ナノバブルを含むこのナノバブル水は、第2の貯水槽22に貯留される。

【0033】

このときの水道水の特性は、以下の表の通りである。

【0034】

【表 2】

水道水の特性

	処理前	処理後
pH	7.48	8.12
溶存酸素	8.5 mg/リットル	6.3 mg/リットル

【0035】

10

このようにして得られたナノバブルを含む水（以下「ナノバブル水」という）を、約1週間ビーカーに入れて室温で保存した。それから、島津レーザー回折式粒度分布測定装置SALD-7000により測定した。その結果を図5に示す。この図で、横軸は各バブルの粒径を示しており、縦軸は各粒径のバブルの数を相対的に示している。この図からわかるように1週間たってもナノバブルの気泡は消滅し難くなり、気泡粒径分布が200nm及び35 μ mあたりにピークを有する気泡群が維持されている。これらの気泡群のうち、気泡粒径分布のピークが200nmのもの、ナノバブルであり、気泡粒径分布のピークが35 μ mのものは、マイクロバブルである。

【0036】

20

次に、海水のような塩化ナトリウムを含む水溶液について、上記のナノバブル発生装置で処理を行った。塩化ナトリウム水溶液の特性は、以下の表の通りである。

【0037】

【表 3】

海水の特性

	処理前	処理後
pH	7.6	8.5
溶存酸素	4.3 mg/リットル	7.9 mg/リットル
塩化物イオン	14,000 mg/リットル	8,000 mg/リットル
大腸菌群数	45 個/mリットル	不検出
大腸菌	1,600 MPN/100mリットル	2未満 MPN/100mリットル
一般細菌	980 個/mリットル	不検出
塩素酸濃度	0 ppm	5 ppm

30

【0038】

40

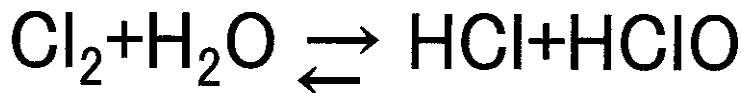
一般に、バラスト水中の次亜塩素酸濃度が、30ppmであれば、50 μ m以上の大きな生物も死に至らしめることができる。このようにして微生物殺傷した後、5日間暗渠に放置し、生きているものが居ないことがバラスト水処理の条件であるが、時間と共に次亜塩素酸の濃度は低下して殺傷能力が低下する。そして、殺傷能力が実質的に無くなり、10 μ m程度の微生物が発芽してしまう。これらの小さな微生物の殺傷には、次亜塩素酸の濃度は、数ppm程度でよい。従って、次亜塩素酸の濃度低下を遅らせることができれば、殺傷能力の長時間化が可能となる。また、次亜塩素酸濃度が必ずしも十分高くなく、大きな生物を殺せなくても、大きなものはフィルターなどで除去し、別途処理することが可能である。ここで、上述の次亜塩素酸は、次のような化学反応で、発生したものと考えら

50

れる。

【 0 0 3 9 】

【 数 1 】

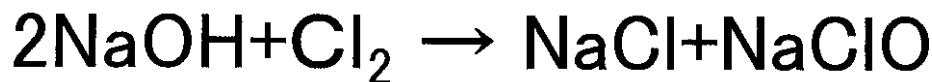


【 0 0 4 0 】

また、ナトリウムの存在下で、以下のように安定化すると考えられる。

【 0 0 4 1 】

【 数 2 】

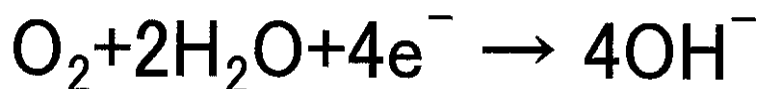


【 0 0 4 2 】

このような安定化は、ナノバブルの界面において、次のような反応から水酸基が多く配置されるため生じると考えられる。図7は、本発明のナノバブル発生装置等において、生成されるナノバブル90を模式的に示したものである。マトリックス92となる水若しくは水溶液は、例えば、海水であれば、図示するように塩化ナトリウム（NaCl）及び水（H₂O）を含む。このマトリックス92中に発生するナノバブル90は、その界面に水酸基が配置され、ナノバブルが比較的安定的に維持される。ナノバブル90の内部には、マトリックス92中に溶存していた酸素（O₂）等が含まれる。このように、界面に水酸基が並んで、ナノバブル90を安定化するためには、水酸基を大量に発生させることが望ましい。そのために、ベータ崩壊等によるベータ線（若しくは電子線）を照射し、図示する以下の反応を生じさせることが好ましい。

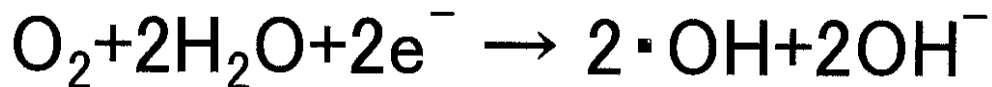
【 0 0 4 3 】

【 数 3 】



【 0 0 4 4 】

【 数 4 】



【 0 0 4 5 】

【 数 5 】



【 0 0 4 6 】

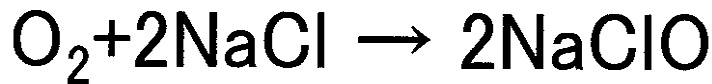
10

20

30

40

【数 6】



【0047】

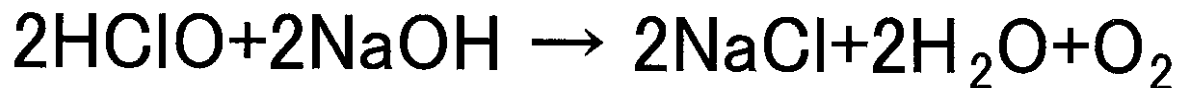
【数 7】



10

【0048】

【数 8】



【0049】

20

このように気泡中の酸素が界面を越えて水溶液に溶出する際、次亜塩素酸ナトリウムを生じ、その後、次亜塩素酸と水酸化ナトリウムとなり、最終的に塩化ナトリウムと酸素になる。海水を水溶液とした場合、次亜塩素酸の寿命は短い、しかし、気泡から酸素が溶出している期間、溶液への次亜塩素酸の供給は継続する。

【0050】

例えば、船舶のバラスト水中の生物を殺すために、電氣的に次亜塩素酸を生じさせる方法がある。その方法では、海水を循環させると共に、次亜塩素酸発生にも電力が必要である。電気分解で海水中に次亜塩素酸を発生させる場合、その半減期は1ないし2日程度であり、海水中の微生物を確実に殺すためには、30ppm程度の濃度が必要である。そのためには、海水1トンで、0.266kwhの電力が必要である。より具体的には、海水を1分間に4リットル流し、電圧6ボルトで電気分解して塩素酸を発生させた時の電流と塩素酸の濃度は、図6に示すような関係がある。

30

【0051】

線により海水をイオン化し、噴流によりOHラジカル及び/又は水酸基を界面に持つ気泡を作り、気泡中の酸素の溶出で次亜塩素酸を作る方法では、次亜塩素酸が微生物を殺すことなどで消費されても、気泡から酸素が海水中に溶解する限り次亜塩素酸の供給は続き、効果が持続するため、数ppmの濃度で、生物駆除の十分な効果がある。また、バラスト水処理に要する電力は、電気分解によれば、上述のように多くの電力を必要とするのに対し、ナノバブル発生装置を用いた場合、同じ次亜塩素酸濃度を所定期間維持するための電力を大幅に節減できる。

40

【0052】

尚、図7の模式図は、起きている現象を説明するための便宜的なものであり、実際に起きている反応であるとは限らない。しかしながら、これまで述べてきた方法を行えば、上記反応式に基づく反応の有無にかかわらず、効果的なナノバブルが生成される。また、次亜塩素酸の分解が制限され、次亜塩素酸がより安定的に水若しくは水溶液中に維持される。そのため次亜塩素酸による殺菌効果が長く維持できる。

【0053】

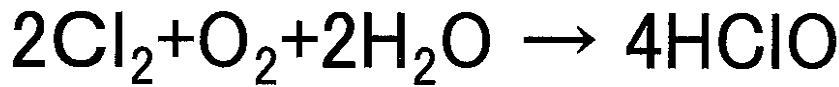
このようにナノバブル及びマイクロバブルが安定的であるのは、気泡の界面に水酸基及び/またはOHラジカルが並ぶからであると考えられる。水溶液に酸素分子以外の物質を溶解させ、気泡界面の水酸基を用いて、種々の化学反応をおこさせることができる。例え

50

ば、水道水には、酸素分子（ガス）、窒素分子（ガス）、塩素分子（ガス）等が溶存しているが、気泡中の酸素分子（ガス）及び塩素分子（ガス）が、水酸基が配意された界面を透って溶液に溶出する際、以下の反応が生じると考えられる。

【 0 0 5 4 】

【 数 9 】



【 0 0 5 5 】

図 8 は、線照射による化学反応を模式的に説明する図である。酸素分子 1 0 0 及び水分子 1 0 4 は、線源 1 0 2 から発生する電子を受けて、OHラジカル 1 0 6 及び水酸基イオン 1 0 8 となる。

【 0 0 5 6 】

ここで、線照射装置としては、例えば、フィラメントから発生する熱電子に、所定の加速電圧をかけ、電子を誘導照射する装置。所定の加速電圧により、所定の運動エネルギーを持つことができる。

【 0 0 5 7 】

また、低エネルギー電子線照射施設（60～600keV）として、コッククロフト・ウォルトン型電子線加速器を用いた照射施設で、最大ビーム電流 1 mA での空气中照射が

可能なものもある。低エネルギーであるため、フィルム状の試料や物質の表面処理に適し、大面積の試料に対して均一な照射を行うことができる。高分子の架橋反応を利用した改質の研究や商品開発、半導体や人工衛星に使用する新素材の耐放射線性の研究、食品の表面殺菌の研究、ガラスの表面着色の研究等が行われている。

【 0 0 5 8 】

更に、高エネルギー電子線照射施設（4～16MeV）としては、電子線型加速器（ライナック）を利用して、4～16MeVの高エネルギーの電子線を照射することができる。10MeVのエネルギーで、平均ビーム電流 50 μA が標準的な条件である。ビーム径は約 10 mm であるが、電子線スキャナー（振れ幅 30 cm）とコンペアー装置を装備

しており、比較的大きい試料に均一に照射することができる。これにより 1 分間で 10 kGy の照射が行える。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 9 】

【 図 1 】 本発明の実施例に関し、ナノバブル発生装置を模式的に示す図である。

【 図 2 】 ナノバブル発生部をより詳細に示す図である。

【 図 3 】 ナノバブル発生装置を模式的に示すブロック図である。

【 図 4 】 線照射手段を含む処理室の構成を示す概略図である。

【 図 5 】 ナノバブル発生装置によって得られたナノバブル水の気泡粒度分布を示す図である。

【 図 6 】 海水を電気分解する際の塩素酸濃度と電流強度の関係を示すグラフである。

【 図 7 】 ナノバブルの構造を模式的に説明する図である。

【 図 8 】 線照射による化学反応を模式的に説明する図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

- 1 0 ナノバブル発生装置
- 1 2 第 1 の貯水槽
- 1 4 ナノバブル発生部
- 1 6 ナノバブル発生手段
- 2 2 第 2 の貯水槽

10

20

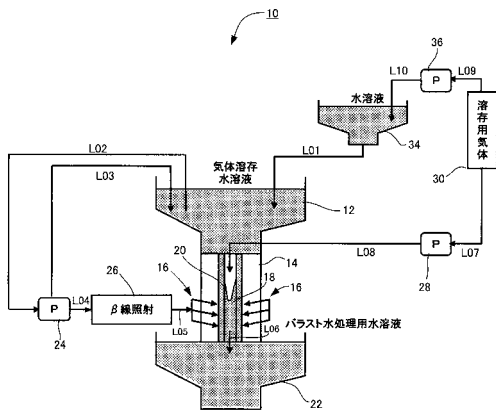
30

40

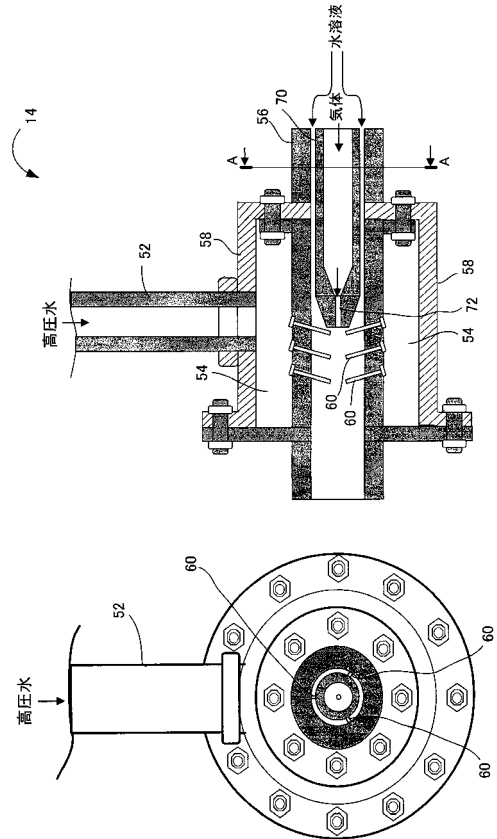
50

- 24、28、36 ポンプ
- 26 処理室（線照射手段を含む）
- 30 気体タンク
- 34 第3の貯水槽
- 60 ノズル
- 90 気泡

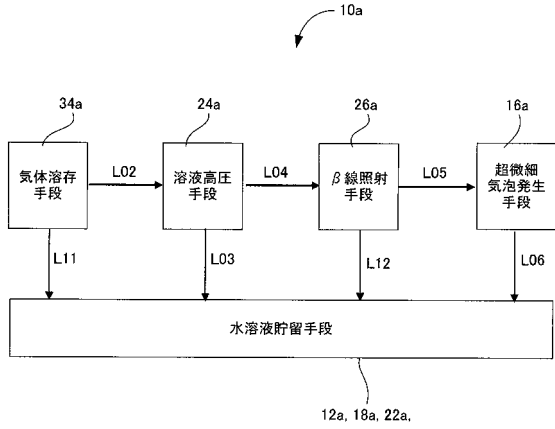
【図1】



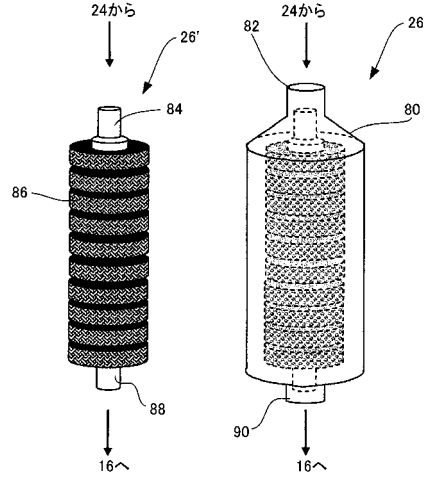
【図2】



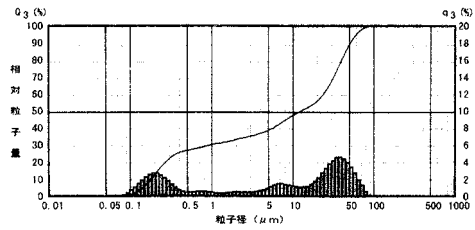
【 図 3 】



【 図 4 】

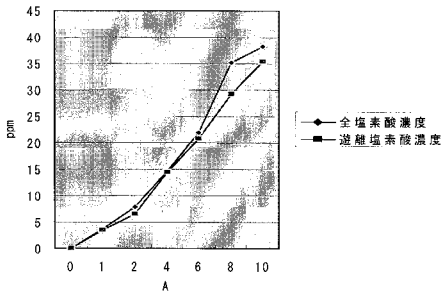


【 図 5 】

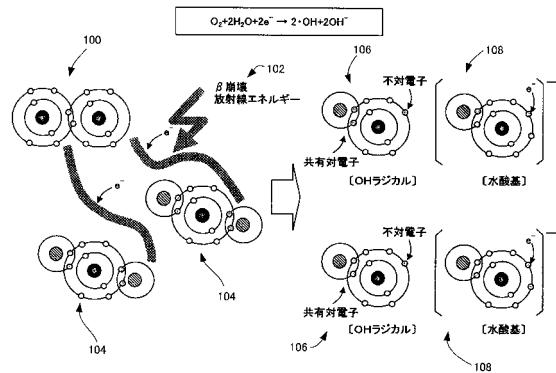


【 図 6 】

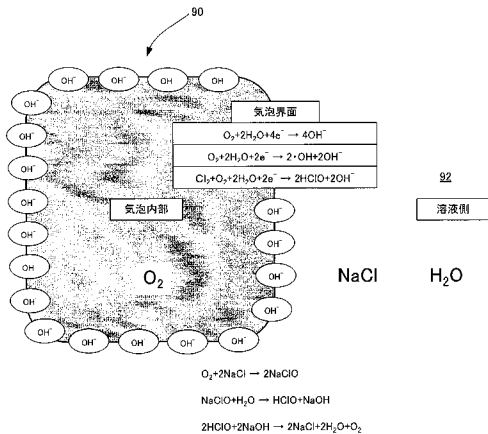
高濃度領域における電流強度と塩素酸濃度の関係



【 図 8 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 0 1 B 11/04 (2006.01)	C 0 2 F 1/50	5 4 0 B
	C 0 2 F 1/50	5 5 0 D
	C 0 2 F 1/76	A
	B 8 2 B 3/00	
	C 0 1 B 11/04	

(72)発明者 大谷 雅実
東京都港区西新橋1丁目7番2号 虎の門高木ビル5階 財団法人日本船舶技術研究協会内

(72)発明者 松岡 一祥
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 村上 陸尚
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 松尾 宏平
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 岩田 知明
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 山口 英輝
東京都品川区東五反田一丁目10番11号 504号室内

(72)発明者 小出 実
東京都品川区東五反田一丁目10番11号 504号室内

(72)発明者 石井 恒雄
東京都品川区東五反田一丁目10番11号 504号室内

(72)発明者 塩出 敬二郎
東京都品川区東五反田一丁目10番11号 504号室内

Fターム(参考) 4D037 AA02 AA06 AB03 BA16 BB09
4D050 AA06 AB06 BB04 BC10 BD03 BD04 CA20
4G035 AA01 AB04 AB05 AC18 AC33 AE05 AE13 AE19