(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2014-172004
(P2014-172004A)
(43)公開日　平成26年9月22日(2014.9.22)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
C02F 1/48	(2006.01)	C02F 1/48	B	4D061

審査請求 未請求　請求項の数 5　ＯＬ　（全 20 頁）

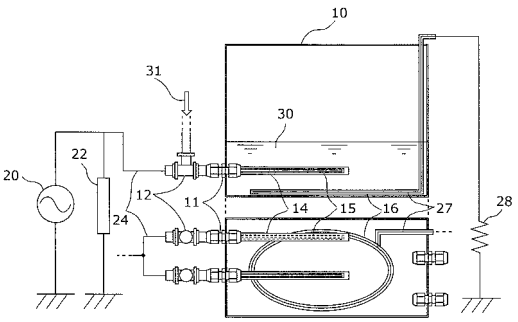
(21)出願番号　特願2013-48459(P2013-48459)
(22)出願日　平成25年3月11日(2013.3.11)

(71)出願人　504160781
国立大学法人金沢大学
石川県金沢市角間町ヌ７番地
(74)代理人　100109210
弁理士　新居　広守
(72)発明者　上杉　喜彦
石川県金沢市角間町ヌ７番地　国立大学法人金沢大学内
(72)発明者　石島　達夫
石川県金沢市角間町ヌ７番地　国立大学法人金沢大学内
(72)発明者　田中　康規
石川県金沢市角間町ヌ７番地　国立大学法人金沢大学内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】塩水処理方法

(57)【要約】
【課題】簡便な装置での実行に適した塩水処理方法を提供する。
【解決手段】塩水３０中に酸素を含むガス３１を導入し、導入されたガス３１から酸素プラズマを生成し、生成された前記酸素プラズマを塩水３０中に放出する。ガス３１は希ガスと酸素ガスとの混合ガスであってもよく、前記酸素プラズマは誘電体バリア放電により生成されてもよい。また、塩水３０中に配置された有孔管１４中にガス３１を導入し、有孔管１４中に配置され絶縁体にて被覆された第１電極１５と、有孔管１４外の塩水３０中に配置され絶縁体にて被覆された第２電極１６との間で誘電体バリア放電を起こすことにより、有孔管１４内で前記酸素プラズマを生成し、前記酸素プラズマを、有孔管１４を通して塩水３０中に放出してもよい。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
塩水中に酸素を含むガスを導入し、
導入された前記ガスから酸素プラズマを生成し、
生成された前記酸素プラズマを前記塩水中に放出する
塩水処理方法。
【請求項２】
前記ガスは希ガスと酸素ガスとの混合ガスである
請求項１に記載の塩水処理方法。
【請求項３】
誘電体バリア放電により前記酸素プラズマを生成する
請求項１に記載の塩水処理方法。
【請求項４】
前記塩水中に配置された有孔管中に前記ガスを導入し、
前記有孔管中に配置され絶縁体にて被覆された第１電極と、前記有孔管外の前記塩水中に配置され絶縁体にて被覆された第２電極との間で前記誘電体バリア放電を起こすことにより、前記有孔管内で前記酸素プラズマを生成し、
前記酸素プラズマを、前記有孔管を通して前記塩水中に放出する
請求項３に記載の塩水処理方法。
【請求項５】
前記塩水を水槽内に導入し、
前記酸素プラズマを前記水槽内の前記塩水中に放出する
請求項１に記載の塩水処理方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、塩水処理方法に関し、特に水中プラズマを用いた塩水処理方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、海水の浄化方法に関していくつかの検討がなされている。
【０００３】
例えば、特許文献１には、酸化チタン粒子を含む光触媒の存在下で水に紫外線を照射する工程を含む水の浄化方法が開示されている。特許文献１によれば、浄化する水が海水である場合には特に、当該浄化方法を実行することで、水や残存酸素から発生する活性種と海水中の塩化物イオンとから次亜塩素酸などの塩化物が生成され、殺菌効果が生まれるとしている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】国際公開第２０００／０７８６８０号
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、従来の水の浄化方法によれば、当該浄化方法を実行する装置において、粒子状の光触媒や紫外線ランプなどの部材が用いられるため、当該装置の構造や維持が複雑になることが懸念される。
【０００６】
そこで、本発明は、簡便な装置での実行に適した塩水処理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】
上述の目的を達成するために、本発明の１つの態様に係る塩水処理方法は、塩水中に酸素を含むガスを導入し、導入された前記ガスから酸素プラズマを生成し、生成された前記酸素プラズマを前記塩水中に放出する。
【発明の効果】
【０００８】
このような塩水処理方法によれば、塩水中に放出された酸素プラズマが塩水を解離することによって生じる活性種と塩水中の塩化物イオンとの反応により塩水中に残留塩素が生じ、当該残留塩素による殺菌作用が得られる。このような塩水処理方法は、塩水中にて酸素プラズマを生成し、生成した酸素プラズマを塩水中に放出するという単純な動作に基づく。そのため、構造や維持が簡便な処理装置での実行に適している。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】実施の形態に係る塩水処理装置の構成の一例を示す模式図
【図２Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図２Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図３Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図３Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図４Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における瞬時電力の一例を示す図
【図４Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における平均電力の一例を示す図
【図５Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水のｐＨの時間変化の一例を示す図
【図５Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水のｐＨの時間変化の一例を示す図
【図６Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水の温度の時間変化の一例を示す図
【図６Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水の温度の時間変化の一例を示す図
【図７】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水中の残留塩素濃度の時間変化の一例を示す図
【図８Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置の構成の一例を示す模式図
【図８Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置の測定システムの構成の一例を示す模式図
【図９Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図９Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図１０Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図１０Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図１０Ｃ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図１１Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における瞬時電力の一例を示す図
【図１１Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における平均電力の一例を示す図
【図１２】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図１３】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図１４】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図１５Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水の吸光度の時間変化の一例を示す図
【図１５Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水の吸光度の減少率の一例を示す図
【図１６】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図１７】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図１８】実施の形態に係る塩水処理装置の動作状況の一例を示す写真
【図１９Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水の吸光度の時間変化の一例を示す図
【図１９Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における塩水の吸光度の減少率の一例を示す図
【図２０Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図

【図２０Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における電圧及び電流の波形の一例を示す図
【図２１Ａ】実施の形態に係る塩水処理装置における瞬時電力の一例を示す図
【図２１Ｂ】実施の形態に係る塩水処理装置における平均電力の一例を示す図
【発明を実施するための形態】
【００１０】
（本発明の基礎となった知見）
本発明者は、従来の水の浄化方法に係る課題を解決するために、水中プラズマを用いた塩水処理に注目する。水中プラズマは、プラズマと液体との相互作用を利用する化学反応プロセスによって、種々の化学反応を促進する可能性を有している。水中プラズマを用いた塩水処理では、プラズマによって生じる活性種と塩水中の塩化物イオンとの反応により次亜塩素酸などの塩化物が生成され、殺菌効果が得られることが期待される。
【００１１】
水中プラズマを用いた水処理の一例として、特開２０１０－２０１４２１号公報（特許文献２）に、殺菌水生成ユニットが開示されている。この殺菌水生成ユニットは、水中放電作用で水を水中プラズマイオン状態にして、発生した陰イオンを通じて水中の細菌、ウイルスまたはバクテリア、残存洗剤及び汚染物質などを殺菌または除去することができる。
【００１２】
しかしながら、特許文献２には、当該殺菌水生成ユニットで生成した殺菌水を洗濯機に供給することが記載されているように、水中プラズマで塩水を処理することについての知見は示されていない。
【００１３】
本発明者は、このような事情に鑑みて、液中プラズマによる塩水処理の有効性を実験によって検証することにより、本発明に到達した。
【００１４】
本発明の１つの態様に係る塩水処理方法は、塩水中に酸素を含むガスを導入し、導入された前記ガスから酸素プラズマを生成し、生成された前記酸素プラズマを前記塩水中に放出する塩水処理方法である。ここで、前記ガスは希ガスと酸素ガスとの混合ガスであってもよい。
【００１５】
このような塩水処理方法によれば、塩水中に放出された酸素プラズマによって生じる活性種と塩水中の塩化物イオンとの反応により塩水中に残留塩素が生じ、当該残留塩素による殺菌作用が得られる。このような塩水処理方法は、塩水中にて酸素プラズマを生成し、生成した酸素プラズマを塩水中に放出するという単純な動作に基づく。そのため、構造や維持が簡便な処理装置での実行に適している。
【００１６】
また、前記塩水処理方法において、誘電体バリア放電により前記酸素プラズマを生成してもよい。
【００１７】
また、前記塩水処理方法において、前記塩水中に配置された有孔管中に前記ガスを導入し、前記有孔管中に配置され絶縁体にて被覆された第１電極と、前記有孔管外の前記塩水中に配置され絶縁体にて被覆された第２電極との間で前記誘電体バリア放電を起こすことにより、前記有孔管内で前記酸素プラズマを生成し、前記酸素プラズマを、前記有孔管を通して前記塩水中に放出してもよい。
【００１８】
このような塩水処理方法は、前記第１電極及び前記第２電極を構成する導線が前記塩水に直接接しないことから、前記導線が消耗しにくい、長寿命で保守性に優れた処理装置での実行に適する。
【００１９】
さらにまた、前記塩水処理方法において、前記塩水を水槽内に導入し、前記酸素プラズ

マを前記水槽内の前記塩水中に放出してもよい。

【００２０】

このような塩水処理方法によれば、前記水槽内において前記塩水の容量、流量などを管理することで、前記塩水に所望の殺菌作用を与えることが容易になる。

【００２１】

（実施の形態）

以下、本発明の実施の形態に係る液中プラズマによる塩水処理方法について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【００２２】

なお、以下で説明する実施の形態は、本発明の一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

【００２３】

（第１の実施形態）

図１は、第１の実施形態に係る塩水処理方法を実行するための塩水処理装置の構成の一例を示す模式図である。

【００２４】

塩水処理装置１は、塩水中に酸素を含むガスを導入し、導入された前記ガスから酸素プラズマを生成し、生成された前記酸素プラズマを前記塩水中に放出する塩水処理方法を実行するための装置である。塩水処理装置１は、水槽１０、ソケット１１、導入器１２、有孔管１４、第１電極１５、第２電極１６、電源２０、分圧器２２、第１電源線２４、第２電源線２７、及びシャント抵抗２８を備える。図１では、水槽１０の側面図と上面図とが、上下に並べて示されている。

【００２５】

水槽１０は、塩水３０を保持する。水槽１０の材質は限定しないが、一例として、内部の観察の便宜のために透明樹脂で構成してもよい。

【００２６】

水槽１０の壁面の塩水３０の水面下に位置する４か所に、水槽１０外の導入器１２と水槽１０内の有孔管１４とをつなぐソケット１１が設けられる。塩水処理装置１では、４つのソケット１１のうち２つのソケットに導入器１２と有孔管１４とを取り付け、２つのソケット１１は閉鎖する。

【００２７】

有孔管１４は、管壁に気泡放出用の孔を有する管である。有孔管１４の一方には多孔質ガラス管を用い、もう一方には内部の観察のために石英管を用いる。多孔質ガラス管は、例えばシラスポーラスガラスなどで構成され、管壁には孔径１μｍに管理された多数の細孔を有している。石英管の管壁には、事前の加工により、気泡放出用の孔が４か所に開けられている。

【００２８】

電源２０は、第１電源線２４及び導入器１２を介して、第１電極１５に接続される。第２電極１６は、第２電源線２７を介して接地される。また、電源電圧測定用の分圧器２２と電流測定用のシャント抵抗２８とが、電源回路に接続される。第１電極１５は、例えば、セラミックを塗布した超耐熱性の電線であり、有孔管１４の内部に設置される。第２電極１６は、例えばテフロン（登録商標）で被覆された電線であり、水槽１０の底に設置される。

【００２９】

酸素を含むガス３１を、導入器１２及び有孔管１４を介して、塩水３０中に導入する。ガス３１は、例えば、希ガスと酸素（O_2）との混合ガスであってもよい。酸素ガスと混合される希ガスには、例えば、ヘリウム（Ｈｅ）またはアルゴン（Ａｒ）を用いてもよい

。

【００３０】

ガス３１を導入しながら、電源２０から第１電極１５と第２電極１６との間に電圧を印加すると、第１電極１５の近傍に生じる誘電体バリア放電により、有孔管１４内でガス３１からプラズマが生成される。生成されたプラズマは、有孔管１４を通して塩水３０中に放出される。塩水３０中に放出されたプラズマが塩水を解離することによって生じる活性種と塩水中の塩化物イオンとの反応により、塩水３０中に残留塩素が生じる。

【００３１】

ここで、残留塩素とは、一般に、水道水中に残っている消毒用の塩素として知られており、遊離残留塩素と結合残留塩素とが含まれる。有機残留塩素には次亜塩素酸（ＮａＨＣｌ）と次亜塩素酸イオンとが含まれる。結合残留塩素とは自然水に含まれるアンモニアやその化合物と有機残留塩素が反応して生成されるモノクロラミンとジクロラミンを指す。

【００３２】

上記のように構成された塩水処理装置１を用いて、水中プラズマで塩水を処理する第１の実験を行った。この実験では、塩水３０中に酸素を含むガス３１を導入し、導入されたガス３１から酸素プラズマを生成し、生成された前記酸素プラズマを塩水３０中に放出した。以下、第１の実験について説明する。

【００３３】

表１に、第１の実験における実験条件を示す。

【００３４】

【表１】

第1の実験条件

条件項目	実施例	比較例
電源電圧	15kVpp	
電源周波数	10kHz	
ガス種	He＋O_2	He
ガス流量	6slpm＋2slpm	8slpm
水体積	5L	
塩重量	50g、150g	
測定機器	pHメータ(HORIBA製) 残留塩素計(TANITA製)	

【００３５】

電源２０には高周波高圧電源装置を使用し、電源２０から第１電極１５に１５ｋＶｐｐ、１０ｋＨｚの電圧を印加した。

【００３６】

塩水３０には、水５Ｌに塩５０ｇ、１５０ｇを混入して得た塩分濃度１％、３％の塩水を用いた。ガス３１には、ＨｅとＯ$_2$との混合ガスを用いた。また、比較のためにＨｅのみのガスを用いた。いずれの種類のガスも、時間当たりの総量で同じ流量を流した。

【００３７】

２種類の塩分濃度、２種類のガス種の４種類の組み合わせで実験を行った。塩水３０のｐＨの測定にはＨＯＲＩＢＡ製のｐＨメータを用い、塩水３０中の残留塩素の測定にはＴＡＮＩＴＡ製の残留塩素計を用いた。

【００３８】

図２Ａ、図２Ｂは、ＨｅとＯ$_2$との混合ガスを用いた場合と、Ｈｅのみのガスを用いた場合での、塩水処理装置１の動作状況の一例を示す写真である。

【００３９】

ＨｅとＯ$_2$との混合ガスを用いた場合、石英管である有孔管１４に挿入されている第１

電極１５の近傍に発光が見られるが、有孔管１４の内部全体に広がる強い発光は見られない。他方、Ｈｅのみのガスを用いた場合、有孔管１４の内部全体に広がる強い発光が見られる。この違いは、混合ガスに含まれる$Ｏ_2$によって、生じるプラズマの総量が減少するためであると考えられる。

【００４０】

図３Ａ、図３Ｂは、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガスを用いた場合と、Ｈｅのみのガスを用いた場合とで、塩分濃度が３％の塩水を処理中の塩水処理装置１の電圧及び電流の測定波形の一例を示す図である。Ｖｏｌｔａｇｅは、分圧器２２で測定された電圧に基づく電源電圧を表す。Ｃｕｒｒｅｎｔは、シャント抵抗２８で測定された電圧に基づく放電電流を表す。Ｐｏｗｅｒは、ＶｏｌｔａｇｅとＣｕｒｒｅｎｔとを乗じて得た計算値であり、塩水３０中に投入される電力を表す。図示はしていないが、塩分濃度が１％の塩水を処理中の塩水処理装置１の電源電圧及び放電電流の波形も同様に測定した。

【００４１】

図４Ａ、図４Ｂは、図３Ａ、図３Ｂに示される電圧及び電流の波形から算出した瞬時電力、平均電力の一例を示す図である。

【００４２】

図４Ａ、図４Ｂにおいて、塩分濃度３％の塩水を処理するときの平均電力、瞬時電力は、塩分濃度１％の塩水を処理するときの平均電力、瞬時電力よりもそれぞれ小さい。このことは、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガス、Ｈｅのみのガスのいずれを用いた場合にも当てはまる。

【００４３】

図５Ａ、図５Ｂは、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガスを用いた場合と、Ｈｅのみのガスを用いた場合とで、塩水３０のｐＨの測定値の時間変化の一例を示す図である。

【００４４】

図６Ａ、図６Ｂは、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガスを用いた場合と、Ｈｅのみのガスを用いた場合とで、塩水３０の温度の測定値の時間変化の一例を示す図である。

【００４５】

図５Ａ、図５Ｂ、図６Ａ、図６Ｂにおいて、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガス、Ｈｅのみのガスのいずれを用いた場合にも、時間の経過とともにｐＨ、水温が増加している。

【００４６】

また、図５Ａ、図５Ｂにおいて、塩分濃度３％の塩水のｐＨが、塩分濃度１％の塩水のｐＨと比べて、より大きく上昇している。これは、塩分濃度１％の塩水と比較して、塩化ナトリウム（ＮａＣｌ）をより多く含む塩分濃度３％の塩水において、より多くのＮａＨＣｌが生成するためであると考えられる。

【００４７】

また、図６Ａ、図６Ｂにおいて、Ｈｅのみのガスを用いた場合、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガスを用いた場合と比べて、塩水の温度がより大きく上昇している。これは、Ｈｅのみのガスを用いた場合に塩水３０中に投入される電力が、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガスを用いた場合に塩水３０中に投入される電力と比べてより大きいことから、第１電極１５、第２電極１６での発熱量もより大きくなったためと考えられる。

【００４８】

図７は、塩水３０中の残留塩素濃度の測定値の時間変化の一例を示す図である。

【００４９】

図７において、Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガスを用いた場合は残留塩素の顕著な増加が認められる。日本の法令では、水道水の残留塩素濃度が０．１ｍｇ／Ｌ（＝１ｐｐｍ）以上と規定されている。Ｈｅと$Ｏ_2$との混合ガスを用いた場合、この基準の５０倍以上の高い濃度の残留塩素が塩水３０中に生成され、十分な殺菌作用が期待できることが分かる。

【００５０】

他方、Ｈｅのみのガスを用いた場合は残留塩素が全く増加していない。残留塩素が全く増加しない理由として、水酸化ナトリウム（ＮａＯＨ）が生成されている可能性を挙げる

ことができる。
【００５１】
以上の実験結果から、酸素を含むガスの供給下で水中プラズマを用いた塩水処理を行うことで、塩水３０中に十分な殺菌作用が期待できる濃度の残留塩素を生成できることが確認された。
【００５２】
また、塩水処理装置１では、粒子状の光触媒や紫外線ランプなどの部材を用いないことから、処理装置の構造や維持が簡便である。しかも、第１電極１５、第２電極１６はいずれも、誘電体バリア放電を起こすために、例えばセラミックやテフロン（登録商標）などの絶縁材で覆われた導線で構成され、当該導線が塩水３０に接触しない。その結果、第１電極１５、第２電極１６の消耗が抑制され、塩水処理装置１の維持コストの低減に役立つ。
【００５３】
（第２の実施形態）
図８Ａは、第２の実施形態に係る塩水処理方法を実行するための塩水処理装置の構成の一例を示す模式図である。
【００５４】
図８Ａに示される塩水処理装置２は、図１に示される塩水処理装置１と比べて、電源２１が変更され、ＳＩＤＡＣ（Ｓｉｌｉｃｏｎ Ｄｉｏｄｅ ｆｏｒ Ａｌｔｅｒｎａｔｉｎｇ Ｃｕｒｒｅｎｔ）２５、分圧器２６、及び変流器２９が追加される。既に説明した構成要素と同一の構成要素には同一の符号を付して、説明を省略する。
【００５５】
塩水処理装置２では、４つのソケット１１全てに導入器１２と有孔管１４とを取り付け、全ての有孔管１４に孔径１μｍの多孔質ガラス管を用いる。第１電極１５が各有孔管１４の内部に設置される。
【００５６】
電源２１は、商用電源から高電圧を生成する昇圧トランスであり、例えばネオントランスが用いられる。
【００５７】
第１電極１５ごとに、直列接続された１５個のＳＩＤＡＣ２５が設けられる。電源２１で生成される高電圧を、直列接続された１５個のＳＩＤＡＣ２５を介して、各第１電極１５に印加する。なお、電源２１で生成される高電圧は、図示されていないスイッチを介して、各第１電極１５に直接に印加することもできる。第１電極１５のうちの１つに、負荷電圧測定用の分圧器２６が接続される。キャパシタ２３は、電源電圧に乗る高周波ノイズを吸収するために、必要に応じて設けられる。
【００５８】
上記のように構成された塩水処理装置２を用いて、水中プラズマで塩水を処理する第２の実験を行った。この実験では、第１の実験と同様に、塩水３０中に酸素を含むガス３１を導入し、導入されたガス３１から酸素プラズマを生成し、生成された前記酸素プラズマを塩水３０中に放出した。以下、第２の実験について説明する。
【００５９】
第２の実験では、有機色素であるメチレンブルーを混入した塩水３０を、水中プラズマを用いて処理し、塩水３０の吸光度が低下する（すなわちメチレンブルーが脱色される）ことをもって、塩水の浄化を評価した。
【００６０】
図８Ｂは、塩水３０の吸光度の測定システムの構成の一例を示す模式図である。当該測定システムは、水槽１０を挟むように配置されたレーザー源３２と光センサ３４とで構成される。レーザー源３２は、メチレンブルーの吸光スペクトルのピーク波長に近い波長６７０ｎｍの赤色光３３を、塩水３０を通して、光センサ３４に照射する。
【００６１】

メチレンブルーが混入された塩水３０の吸光度Ａを

【数１】

$$A=-\log_{10}\left(\frac{I}{I_O}\right)=-0.434\times\ln\left(\frac{I}{I_O}\right) \qquad \cdots(式１)$$

Ｉ$_0$は、メチレンブルーが混入されていない塩水３０を通過したレーザー光の強度
Ｉは、メチレンブルーが混入された塩水３０を通過したレーザー光の強度

と定義し、光センサ３４で測定される受光強度から、吸光度Ａを算出する。

【００６２】

表２に、第２の実験における実験条件を示す。

【００６３】

【表２】

第2の実験条件

条件項目	実施例	比較例
電源電圧	12kVpp	
電源周波数	60Hz	
pガス種	He＋O_2	He
ガス流量	9slpm＋1slpm	10slpm
水体積	5L	
塩重量	150g	
メチレンブルー	0．3ml	
レーザー波長	670nm	

【００６４】

電源電圧には、電源２１にて１００Ｖ６０Ｈｚの商用電源を昇圧することによって得た１２ｋＶｐｐ６０Ｈｚの電圧を用いた。電源電圧を、各第１電極１５に、直列接続された１５個のＳＩＤＡＣ２５を介して、又は直接に印加した。なお、この実験では、キャパシタ２３は設けていない。比較のため、各第１電極１５に電源電圧を印加せず、放電を行わない場合についても実験した。

【００６５】

塩水３０には、水５Ｌに塩１５０ｇを混入して得た塩分濃度３％の塩水を用い、０．３ｍＬのメチレンブルーを混入した。ガス３１には、ＨｅとＯ$_2$との混合ガスを用いた。また、比較のためにＨｅのみのガスを用いた。いずれの種類のガスも、時間当たりの総量で同じ流量を流した。

【００６６】

２種類のガス種、３種類の電源条件（電圧印加なし、電圧印加ありＳＩＤＡＣなし、電圧印加ありＳＩＤＡＣあり）の６種類の組み合わせで実験を行った。

【００６７】

図９Ａ、図９Ｂは、ＳＩＤＡＣを用いない場合と、ＳＩＤＡＣを用いた場合での、電源電圧及び動作電流の測定波形の一例を示す図である。Ｖ$_O$は電源２１の電源電圧であり、分圧器２２において測定された電圧に基づく。Ｖ$_{DBD}$は第１電極１５の負荷電圧であり、分圧器２６において測定された電圧に基づく。Ｖ$_{SIDAC}$はＳＩＤＡＣ列の両端電圧であり、Ｖ$_O$からＶ$_{DBD}$を減じて得た計算値である。Ｉ$_{DBD}$は全ての第１電極１５と第２電極１６との間に流れる放電電流であり、シャント抵抗２８において測定された電圧に基づく。

【００６８】

図１０Ａは、図９Ｂの要部（例えば９ｍｓｅｃ近傍）の波形の拡大図である。２５～５

０μｓｅｃ程度の時間おきに４つの電流パルスが生成されている。このような波形は、並列に接続された４つの電極に対して一斉に電圧を印加するために生じる。

【００６９】

図１０Ｂ、図１０Ｃは、１つの電流パルスの近傍の波形の拡大図である。ＳＩＤＡＣが導通状態になり負荷電圧V_{DBD}が変動すると同期して、動作電流I_{DBD}が流れていることが分かる。

【００７０】

図１１Ａ、図１１Ｂは、図１０Ａ、図１０Ｂに示される電圧及び電流の測定波形から算出した瞬時電力、平均電力の一例を示す図である。ＳＩＤＡＣを用いた場合、ＳＩＤＡＣを用いない場合と比べて、瞬時電力は５０Ｗから５０００Ｗへ１００倍程度増大し、平均電力はわずかに増加している。

【００７１】

図１２は、Ｈｅのみのガスを供給しかつ電源電圧を印加せず放電を行わなかった場合の、（ａ）処理開始時、（ｂ）処理開始から６０分経過後における塩水処理装置２の動作状況の一例を示す写真である。

【００７２】

図１３は、Ｈｅのみのガスを供給しかつＳＩＤＡＣなしで放電を行った場合の、（ａ）処理開始時、（ｂ）処理開始から６０分経過後における塩水処理装置２の動作状況の一例を示す写真である。

【００７３】

図１４は、Ｈｅのみのガスを供給しかつＳＩＤＡＣありで放電を行った場合の、（ａ）処理開始時、（ｂ）処理開始から６０分経過後における塩水処理装置２の動作状況の一例を示す写真である。

【００７４】

図１２～図１４はいずれも、塩水処理装置２の要部を撮影したカラー写真に含まれるメチレンブルーの色の濃淡を、白黒の濃淡に置き換えた写真である。

【００７５】

図１５Ａは、Ｈｅのみのガスの供給下で塩水３０を処理した場合の、塩水３０の吸光度の時間変化の一例を示す図である。

【００７６】

図１５Ｂは、Ｈｅのみのガスの供給下で塩水３０を処理した場合の、塩水３０の吸光度の減少率の一例を示す図である。

【００７７】

図１６は、ＨｅとO_2との混合ガスを供給しかつ電源電圧を印加せず放電を行わなかった場合の、（ａ）処理開始時、（ｂ）処理開始から６０分経過後における塩水処理装置２の動作状況の一例を示す写真である。

【００７８】

図１７は、ＨｅとO_2との混合ガスを供給しかつＳＩＤＡＣなしで放電を行った場合の、（ａ）処理開始時、（ｂ）～（ｇ）処理開始から１０分おきに６０分経過後までにおける塩水処理装置２の動作状況の一例を示す写真である。

【００７９】

図１８は、ＨｅとO_2との混合ガスを供給しかつＳＩＤＡＣありで放電を行った場合の、（ａ）処理開始時、（ｂ）～（ｇ）処理開始から１０分おきに６０分経過後までにおける塩水処理装置２の動作状況の一例を示す写真である。

【００８０】

図１６～図１８はいずれも、塩水処理装置２の要部を撮影したカラー写真に含まれるメチレンブルーの色の濃淡を、白黒の濃淡に置き換えた写真である。

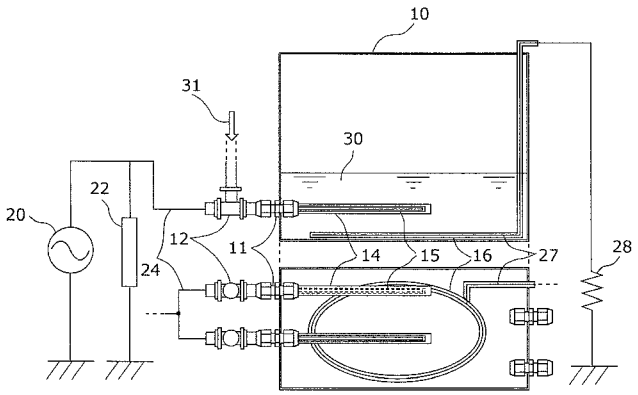
【００８１】

図１９Ａは、ＨｅとO_2との混合ガスの供給下で塩水３０を処理した場合の、塩水３０の吸光度の時間変化の一例を示す図である。

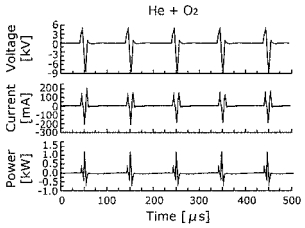
【００８２】
図１９Ｂは、ＨｅとＯ$_2$との混合ガスの供給下で塩水３０を処理した場合の、塩水３０の吸光度の減少率の一例を示す図である。
【００８３】
これらの結果から、ガス３１にＨｅのみのガスを用いた場合には、６０分間の処理において、吸光度はほとんど減少しない。他方、ガス３１にＯ$_2$を混入させ放電させると、吸光度は劇的に減少する。これはＯ$_2$に放電を印加したことでオゾン（Ｏ$_3$）、または酸素原子（Ｏ）が生成され、その結果、メチレンブルーの酸化分解が生じたためであると考えられる。
【００８４】
また、ＳＩＤＡＣを用いた方が、ＳＩＤＡＣを用いない場合よりも、吸光度の減少がやや早い。これは、ＳＩＤＡＣを用いた場合に塩水３０中に投入される電力が大きいためであると考えられる。ただし、ＳＩＤＡＣを用いた場合、電源電圧に高周波ノイズが乗る。
【００８５】
そこで、このような高周波ノイズを吸収するべく、３０００ｐＦのキャパシタ２３を電源２１と並列に接続して、同様の塩水処理を行った。
【００８６】
図２０Ａ、図２０Ｂは、いずれもキャパシタ２３を接続した場合に、それぞれＳＩＤＡＣを用いない場合と、ＳＩＤＡＣを用いた場合での、電圧及び電流の測定波形の一例を示す図である。グラフの表記法は、図９Ａ、図９Ｂと同様である。
【００８７】
図２０Ｂに見られるように、キャパシタ２３を接続することで、電源電圧に乗る高周波ノイズは、ほとんど消失する。
【００８８】
図２１Ａ、図２１Ｂは、図２０Ａ、図２０Ｂに示される電圧及び電流の測定波形から算出した瞬時電力、平均電力の一例を示す図である。ガス３１にＨｅとＯ$_2$との混合ガスを用いることで電力が若干減少する。これは、ガス３１にＯ$_2$を混入することで、電流が流れにくくなったためであると考えられる。
【００８９】
また、電源回路にキャパシタ２３を用いない場合と同様、ＳＩＤＡＣを用いた場合に、ＳＩＤＡＣを用いない場合と比べて、瞬時電力は大幅に増大し、平均電力はわずかに増加する傾向が見られる。
【００９０】
以上、本発明の１つまたは複数の態様に係る塩水処理方法について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の一つまたは複数の態様の範囲内に含まれてもよい。
【産業上の利用可能性】
【００９１】
本発明は、塩水を殺菌、浄化処理する方法として、例えば、海水を処理することによって、船舶や発電所の用水などに用いられ得る用水を得るための方法に利用できる。
【符号の説明】
【００９２】
１、２　塩水処理装置
１０　水槽
１１　ソケット
１２　導入器
１４　有孔管
１５　第１電極

１６　　第２電極
２０、２１　　電源
２２、２６　　分圧器
２３　　キャパシタ
２４　　第１電源線
２５　　ＳＩＤＡＣ
２７　　第２電源線
２８　　シャント抵抗
２９　　変流器
３０　　塩水
３１　　ガス
３２　　レーザー源
３３　　赤色光
３４　　光センサ

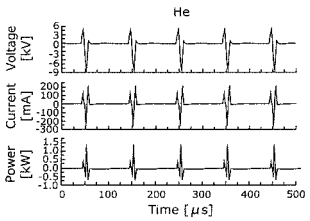
【図１】



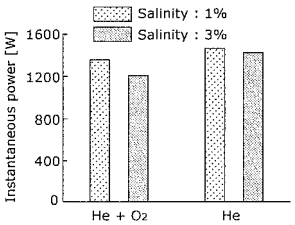
【図３Ａ】



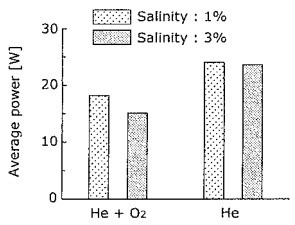
【図３Ｂ】



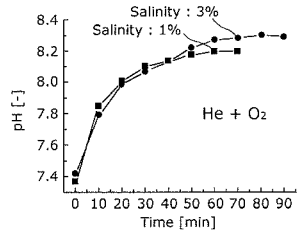
【図４Ａ】



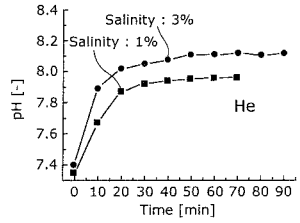
【図４Ｂ】



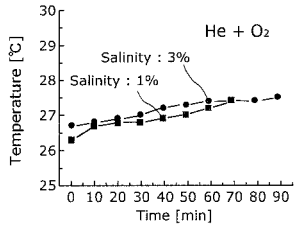
【図５Ａ】



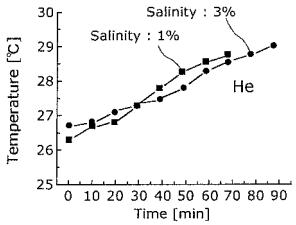
【図５Ｂ】



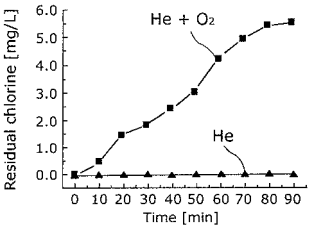
【図６Ａ】



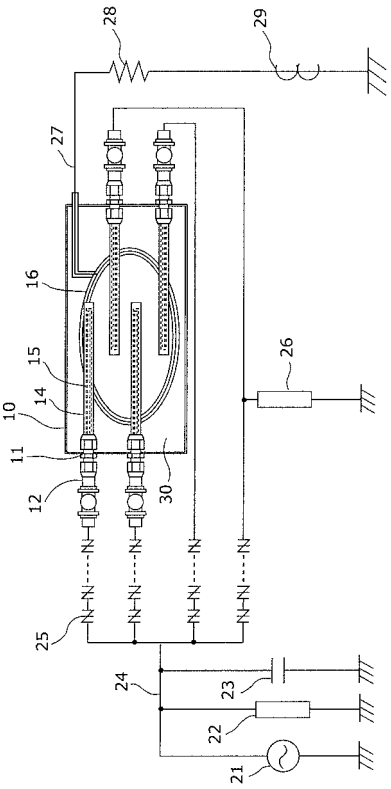
【図６Ｂ】



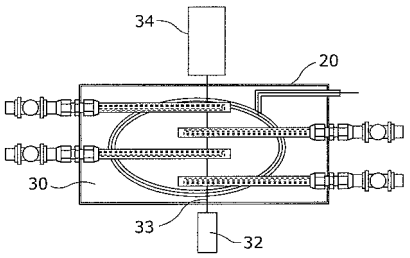
【図７】



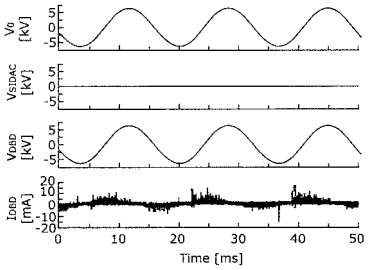
【図８Ａ】



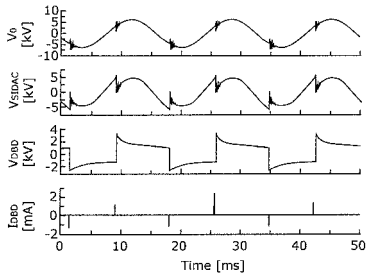
【図８Ｂ】



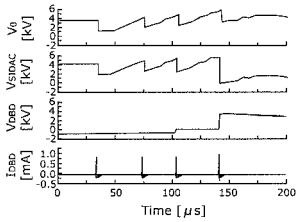
【図９Ａ】



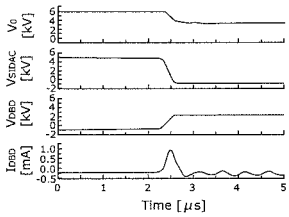
【図９Ｂ】



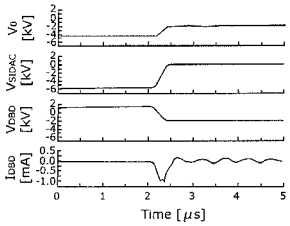
【図１０Ａ】



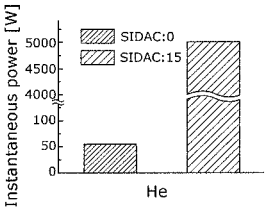
【図１０Ｂ】



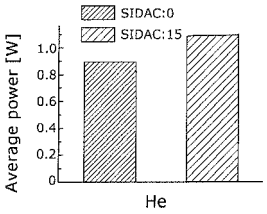
【図１０Ｃ】



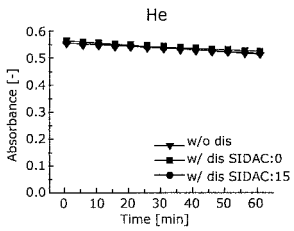
【図１１Ａ】



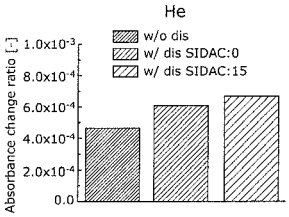
【図１１Ｂ】



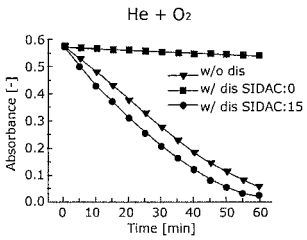
【図１５Ａ】



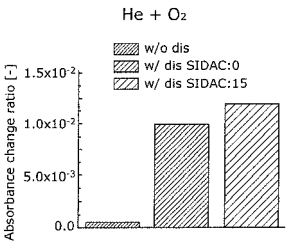
【図１５Ｂ】



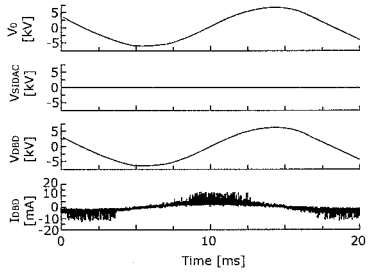
【図１９Ａ】



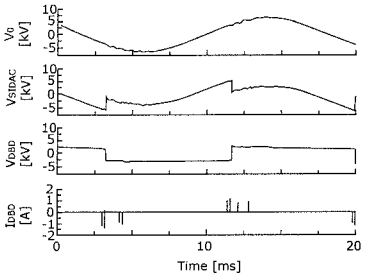
【図１９Ｂ】



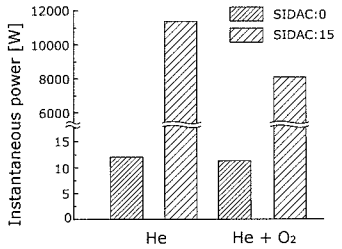
【図２０Ａ】



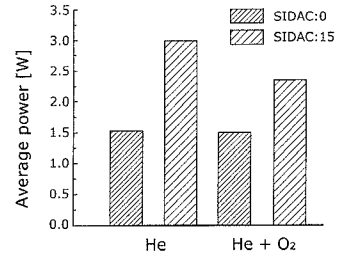
【図２０Ｂ】



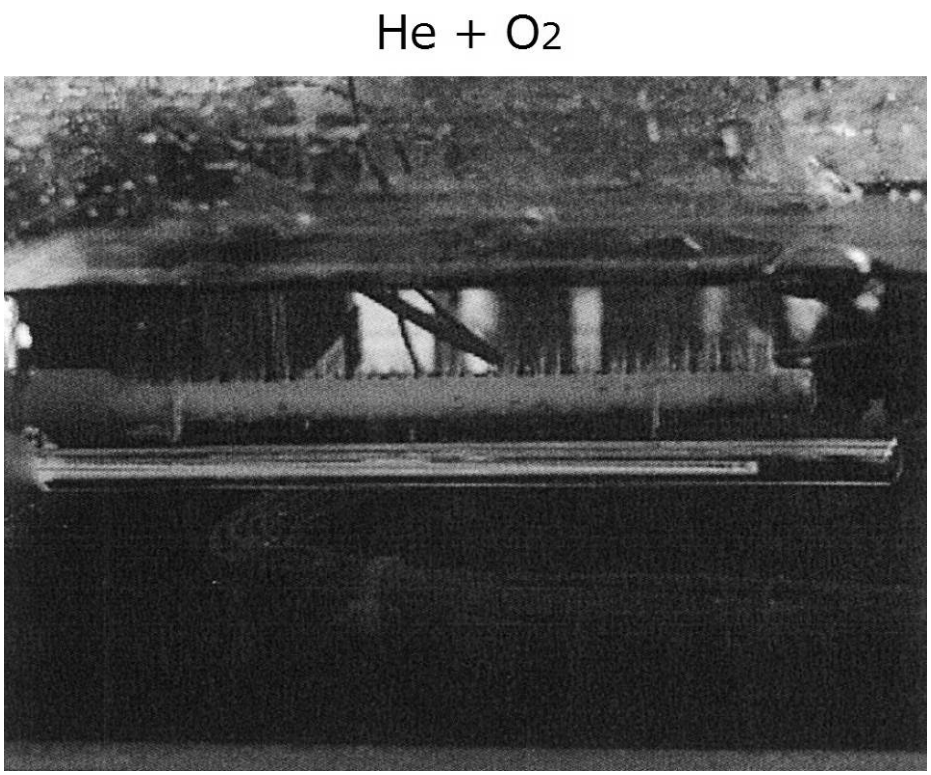
【図２１Ａ】



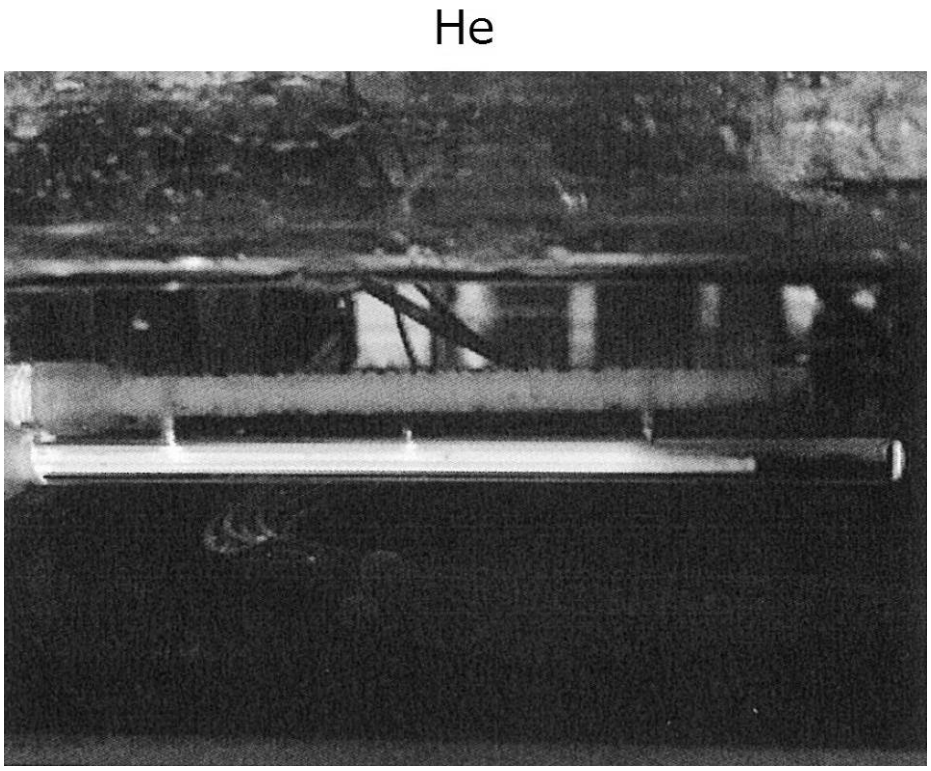
【図２１Ｂ】



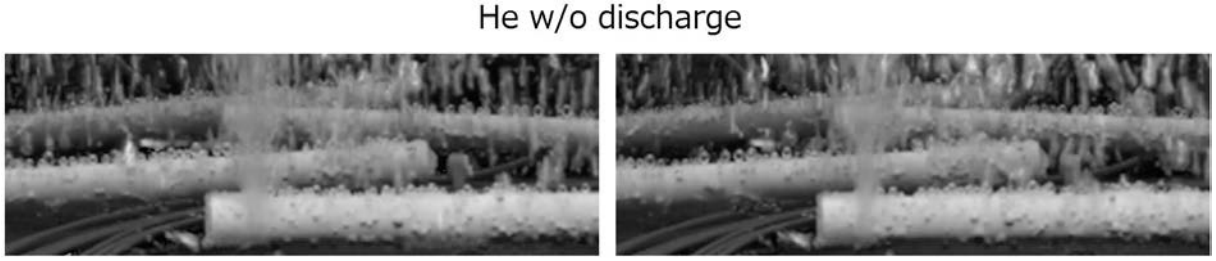
【図２Ａ】



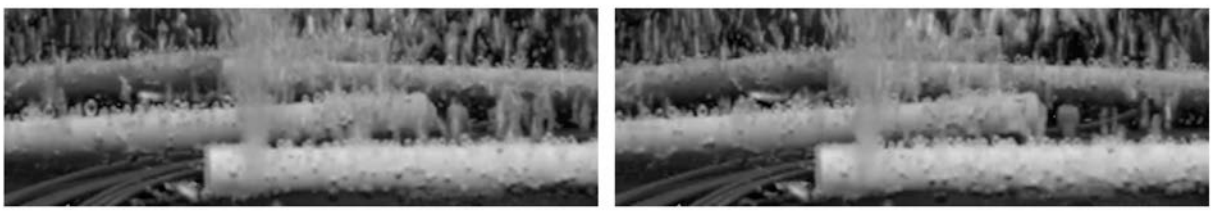
【図２Ｂ】


He

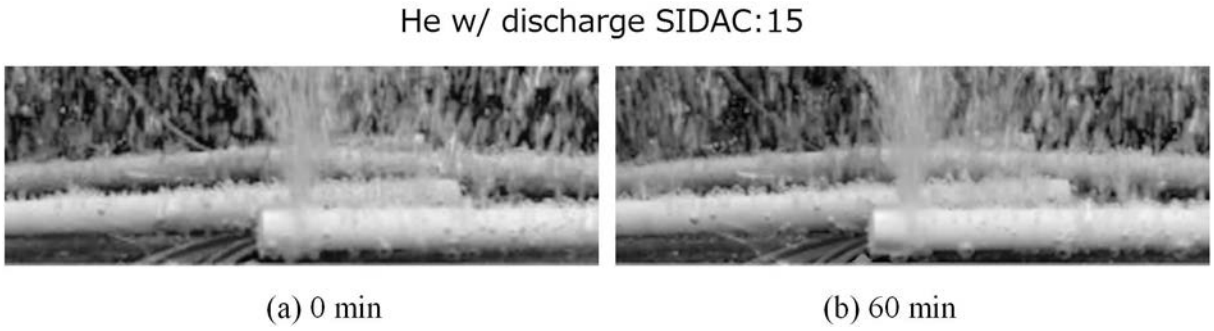
【図１２】


He w/o discharge
(a) 0 min
(b) 60 min

【図１３】


He w/ discharge SIDAC:0
(a) 0 min
(b) 60 min

【図１４】



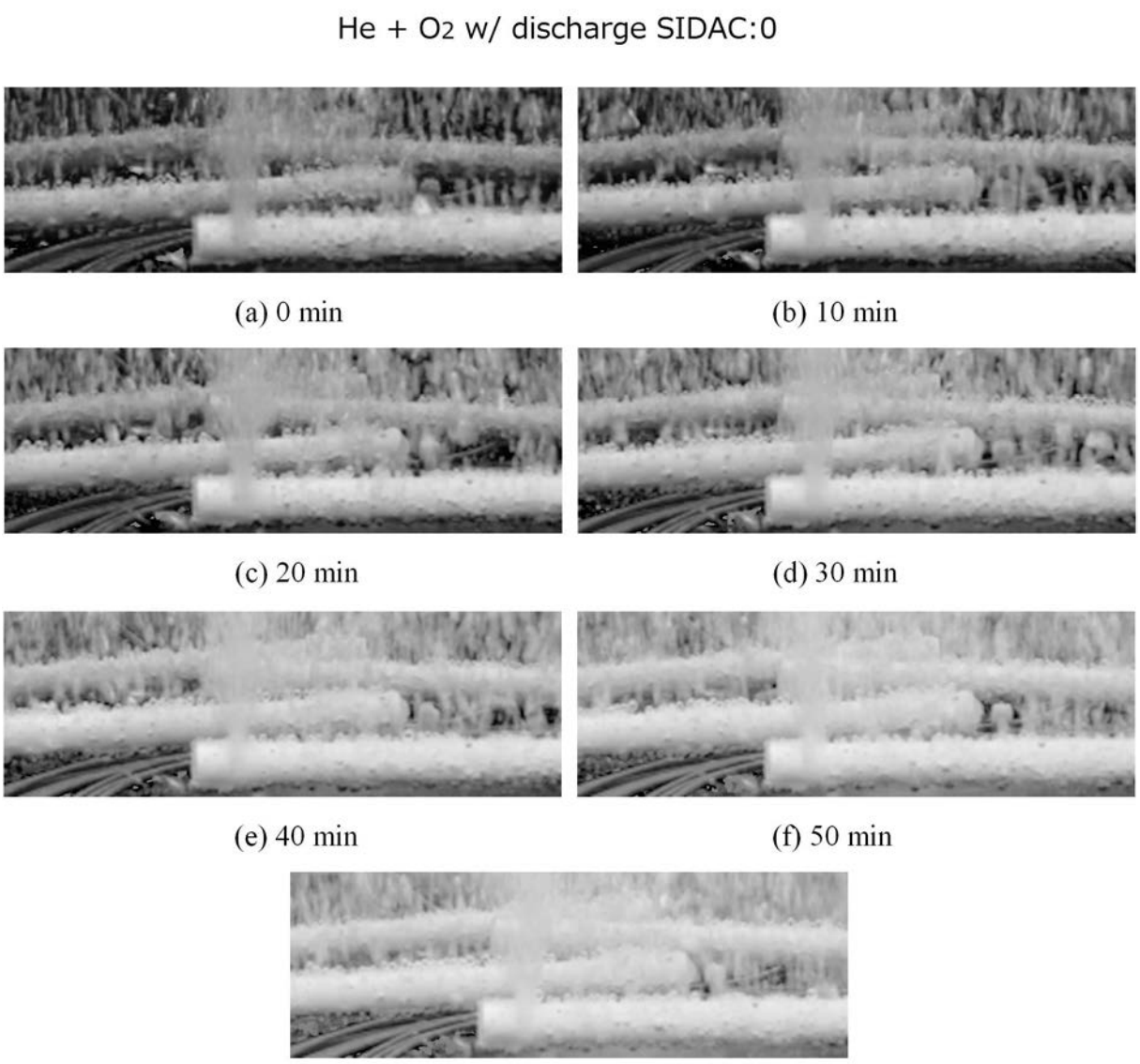
(a) 0 min (b) 60 min

【図１６】

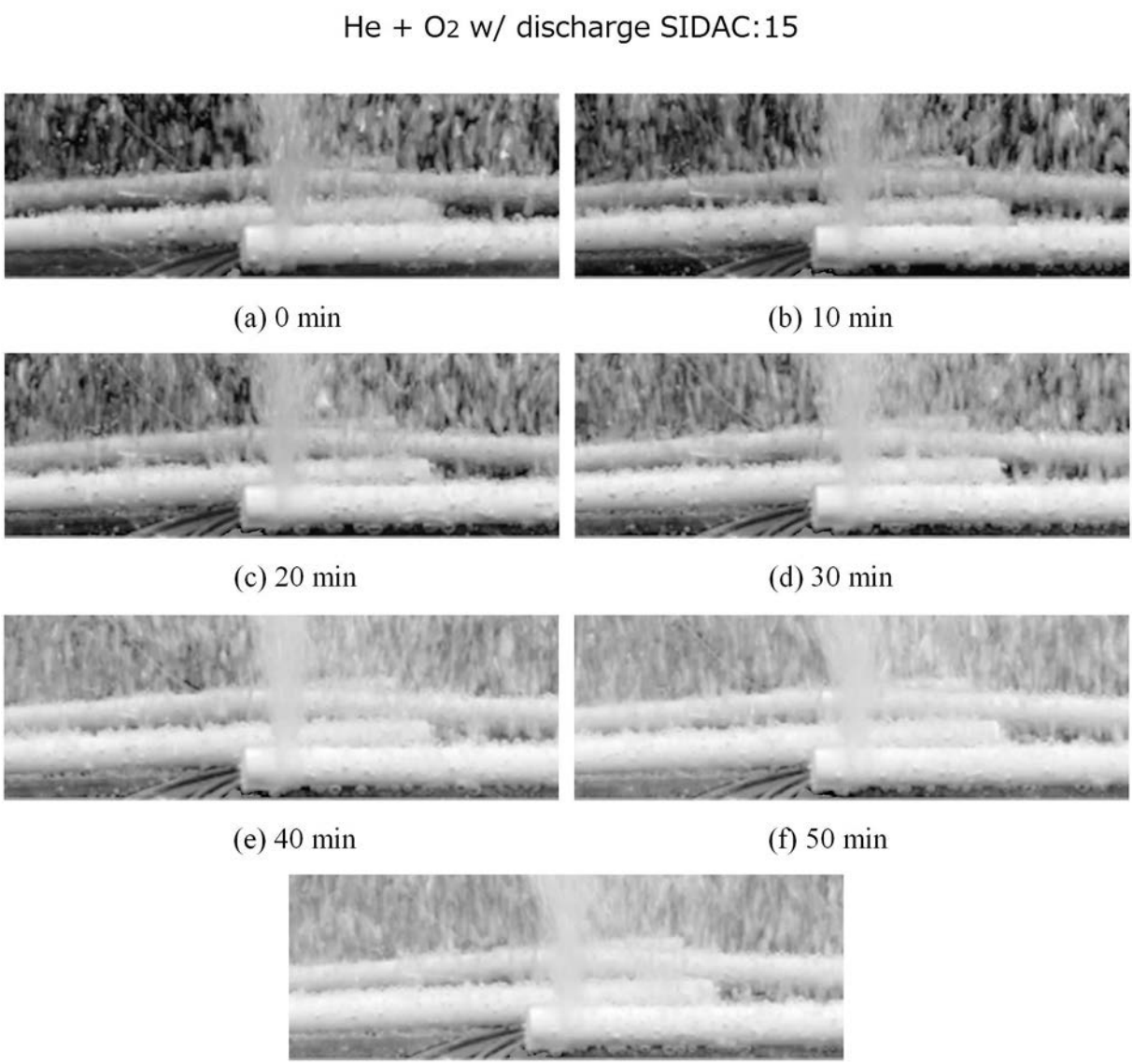


(a) 0 min (b) 60 min

【図１７】


He + O2 w/ discharge SIDAC:0
(a) 0 min
(b) 10 min
(c) 20 min
(d) 30 min
(e) 40 min
(f) 50 min
(g) 60 min

【図１８】


He + O2 w/ discharge SIDAC:15
(a) 0 min
(b) 10 min
(c) 20 min
(d) 30 min
(e) 40 min
(f) 50 min
(g) 60 min

フロントページの続き

(72)発明者　住石　裕次郎
山形県酒田市亀ヶ崎５－７－５０

Ｆターム(参考) 4D061 DA04 DB09 EA15 EB02 EB09 EB14 EB19 EB31 EB33 EB40