

明 細 書

発明の名称：

水中酸素溶解装置およびこれを用いた水中酸素溶解方法

技術分野

[0001] 本発明は、水質改善のための水中酸素溶解装置およびこれを用いた水中酸素溶解方法に係り、特に、自然流下によって形成される渦に空気が吸引されて気泡が発生し、超音波発振器でこの気泡を圧壊させることにより、水中に溶解する酸素濃度を増大させる水中酸素溶解装置およびこれを用いた水中酸素溶解方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、浄化設備や湖沼、ため池、ダム等の閉塞域における水質改善を目的に、水中に溶解する酸素の濃度を増加させる技術が利用されている。このような技術としては、「気泡」を利用したものが代表的である。これは、気体と液体の接触面積を増加させることで気体側から液体側への酸素移動量を増加させるという作用を有し、例えば、多孔質の散気管に圧縮空気を送気する方法や、回転羽根や気体噴流の回転によるせん断流を形成しその中に空気を送気する方法、あるいはマイクロバブルやナノバブルを発生させる方法が実施されている。

しかし、上記のような技術では、例えば、気体圧縮用の大型コンプレッサー等を必要とするため、装置が大掛かりになる。その結果、消費電力量やメンテナンスの手間が膨大なものになるという課題があった。

また、特に多孔質の散気管を利用する場合では、その細孔が水中の微粒子や不純物によって閉塞され気泡の発生効率が低下するという課題もあった。

さらに、回転羽根を利用する場合では、回転羽根を高速回転させるための消費電力の増大や、このときに起こるキャビテーションにより回転羽根の損傷と腐食が発生するという課題もあった。

そこで、このような課題を解決する目的で、近年、簡易な構成でありなが

ら消費電力量等を抑制でき、気泡を効率良く発生させることが可能な気泡発生装置に関する技術が開発されており、それに関して既にいくつかの発明が開示されている。

[0003] まず、特許文献1には、「排水処理装置」という名称で、気泡を効率良く発生可能な排水処理装置に関する発明が開示されている。

以下、特許文献1に開示された発明について説明する。特許文献1に開示された排水処理装置に関する発明は、多孔質の流動排水移送管を大気内に露出して設けてなる吸込式エアレータを備えたことを特徴とする。

このような特徴を有する排水処理装置によれば、発生する気泡の平均径を数100 μ mないし数10 μ mに微細化することができる。よって、排水と酸化ガス気泡との接触面積を従来方式の10～100倍程度に高めることができ、さらに気泡の滞留時間を10～100倍に増長することができる。したがって、溶解酸素量を飛躍的に増量することができる。

[0004] 次に、特許文献2には、「微小気泡発生装置」という名称で、簡便な構造の微小気泡発生装置に関する発明が開示されている。特許文献2に開示された発明は、液体中に気体を導入し液体中に微小気泡を発生させる微小気泡発生装置であって、液体を収容するための液体収容部と、液体収容部の液体中に配置され、液体出口部を有する液体噴出ノズルと、液体出口部の外縁部に配置され、気体出口部を有する気体吸引ノズルと、気体出口部から流出する気体の流量を制御する流量制御装置と、を備え、気体出口部を液体出口部より噴出される液体の流路内に配置し、気体出口部の下流縁部に負圧発生部を生じさせ、液体中に気体を自動吸引することを特徴とする。このような特徴を有する微小気泡発生装置によれば、液体流路中に配置される物体の下流縁部にて生じる負圧発生現象を利用することによって、液体中に気体を自動吸引させ、コンプレッサーや圧縮ポンプなどの送気装置を設置する必要がなく、液体中に気体を導入することができる。すなわち、より簡便な装置構造で液体中に微小気泡を効率よく発生させることができる。

[0005] 次に、特許文献3には、「廃水処理装置」という名称で、下水や工場排水

等の、活性汚泥を用いた生物学的処理を行う廃水処理装置に関する発明が開示されている。

特許文献3に開示された発明は、活性汚泥を用いた廃水処理装置において、散気装置を備えた反応タンク内に超音波発生手段を設置し、この超音波発生手段が、超音波振動体と超音波振動子ユニットを有し、かつ超音波振動体が気泡存在部に設置されていることを特徴とする。

このような特徴を有する廃水処理装置によれば、発生汚泥量の低減効果と、酸素溶解効率の向上を、反応タンク外部に大きな設備設置スペースを設けることなく同時に達成できる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平5－64795号公報

特許文献2：特開2012－120988号公報

特許文献3：特開2007－111598号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1に開示された発明においては、極めて微小直径の気泡を発生させるために、多孔質管内部を流れる水の速度を速くすると同時に水量を多くする必要がある。また、多孔質管内部を流れる水に微粒子等が含まれていると、平均径が数100 μ mないし数10 μ mの気泡を発生させる場合、やはり細孔の閉塞が生じるものと考えられる。したがって、特許文献1に開示された発明では、装置が大掛かりになるという課題や気泡の発生効率が低下するという課題を十分に解決できていないおそれがある。

[0008] 次に、特許文献2に開示された発明においては、液体噴出ノズルから液体が噴出される際に形成される負圧発生部により、微細気泡（マイクロバブル）が形成される。しかし、液体収容部には初期状態として静止状態の液体が満たされており、このような液体と形成された微細気泡を混合するには、液

体噴出ノズルからの噴出速度の大きい、例えば高圧水を使用する必要がある。したがって、この場合には、高圧水生成装置が必要となることから、装置が大掛かりになるという課題や消費電力量の増大という課題を十分に解決できていないおそれがある。

[0009] さらに、特許文献3に開示された発明においては、超音波発生手段が備えられるが、微細気泡を発生させる散気装置は従来技術がそのまま利用されている。このため、水質によっては微細気泡の発生効率が低下するという課題を解決できていないおそれがある。

[0010] 本発明は、このような従来の事情に対処してなされたものであり、簡易な構成であるために消費電力量等を抑制可能でありながら、気泡を効率良く発生させるとともにこの気泡に含まれる酸素の流体中への移動を促進させることが可能な水中酸素溶解装置およびこれを用いた水中酸素溶解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

[0011] 上記目的を達成するため、第1の発明に係る水中酸素溶解装置は、底部に落下孔が設けられることで、その内部に注入される流体が渦となって形成される円筒タンクと、その上端が落下孔に連通するとともにその側壁に複数の吸気孔が穿設される内管と、この内管の周囲に設けられ内管との間で閉鎖空間を形成するとともにこの閉鎖空間へ空気を流入する空気流入手段が設けられる外管と、からなり、内管を通過する際に空気流入手段及び複数の吸気孔を介し、空気が渦の周囲から流体へ吸引され、この流体に気泡が形成される円筒型の下降管と、この下降管の鉛直下方に配置され、気泡が形成された流体が落下し貯留される箱型の貯留槽と、貯留槽の内部に浸漬され、貯留槽に貯留された流体へ向かって超音波を発射することで気泡が圧壊される超音波発振器と、を備えることを特徴とする。

[0012] このような構成の発明においては、例えば、円筒タンクは上部開口部を備え、この上部開口部から流体が自然落下によって注入される。円筒タンクの底部に落下孔が設けられることから、注入された流体は、落下孔の上方で周

回しつつ落下孔に流入し、渦が形成される。この渦のくぼんだ内表面から流体中へ空気が取り込まれる。

[0013] 次に、落下孔に流入した流体は、下降管を構成する内管を通過する。この場合、渦の内表面から取り込まれた空気が、渦の先端から離脱することで流体中に気泡が形成される。また、下降管は、空気流入手段及び複数の吸気孔を介し、空気を外管から内管内へ導入可能に構成されている。一方、渦はその半径方向に沿って中心部に近づくほど負圧が増大する。そのため、流体が内管を下方へ向かって通過する際に、渦の内部へ空気が吸引されてさらに気泡が形成される。

[0014] そして、気泡が形成された流体は、内管を通過した後、貯留槽に落下し貯留される。このとき、気泡は、貯留槽の内部へ拡散するように移動する。

[0015] 続いて、貯留槽に拡散する途中の気泡に対し、超音波発振器の発射面から発射された超音波が照射されると、キャビテーションが発生する。このキャビテーションにおいては、発射された超音波の音圧（振幅）が周期的に変化する場合に、流体中において気泡の発生と消滅が繰り返される。したがって、キャビテーションによって発生した気泡と、内管を通過した流体中に形成された気泡と、のいずれもが圧壊されるため、貯留槽に貯留された流体に酸素が溶解する。

[0016] 次に、第2の発明は、第1の発明において、超音波発振器は、その長軸が水平方向に沿って配置され、貯留槽は、その壁面又はその内部に、超音波発振器の第1の発射面から発射される第1の超音波（以下、第1の入射波という。）を反射して第1の反射波を形成する反射体が備えられ、この反射体は、第1の入射波と第1の反射波が合成されて第1の定在波が形成されるように、第1の発射面との間隔を空けて配置されることを特徴とする。

このような構成の発明においては、反射体は、平面を有する構造である。超音波発振器の長軸が水平方向に沿って配置されるため、反射体の平面は水平方向に直交する鉛直方向に沿って設置される。

また、第1の定在波に形成される「節」と「腹」は、それぞれ超音波の音

圧が最大と最小となることから、この「節」と流体が落下する位置が一致するように、下降管と反射体と超音波発振器を水平方向において配置することで、最も効率的に気泡が圧壊される。

[0017] さらに、第3の発明は、第1の発明において、超音波発振器は、その第2の発射面が鉛直上方に向かって配置され、貯留槽は、第2の発射面から発射される第2の超音波（以下、第2の入射波という。）を反射して第2の反射波を形成する反射面が形成され、第2の発射面は、第2の入射波と第2の反射波が合成されて第2の定在波が形成されるように、反射面との間隔を空けて配置されることを特徴とする。

このような構成の発明においては、反射面とは、例えば貯留槽に貯留された流体の水面が考えられる。水面では、第2の入射波が反射して第2の定在波が形成されるからである。なお、反射面の貯留槽の底部からの高さ位置は、超音波の波長と、貯留槽に貯留される流体の水位と、を調整することで決定される。

上記構成の発明においては、第2の定在波においても、「節」と「腹」形成されるため、気泡が含まれる流体が「節」に到達するとき、最も効率的に気泡が圧壊される。

[0018] そして、第4の発明は、第1乃至第3のいずれかの発明において、超音波発振器は、少なくとも一端面に開口部を備える収容体に収容されることを特徴とする。

このような構成の発明においては、第1乃至第3のいずれかの発明の作用に加えて、超音波発振器の前方に集中して伝播する以外の超音波が、収容体によって球面波として流体中に伝播することが抑制される。すなわち、伝播を抑制された超音波は、収容体や水面によって反射し、収容体内で水流を発生させる。この水流は開口部を介して貯留槽内に緩やかに拡散する。

[0019] そして、第5の発明は、第1乃至第4のいずれかの発明において、超音波発振器は、その発射面に振動体が設けられることを特徴とする。

このような構成の発明においては、超音波発振器の発射面から発射された

超音波の周波数に振動体が共振する場合に、超音波の振幅が増大してその圧力が増大する。したがって、少ない投入エネルギーで、より多くの気泡を確実に圧壊する。

[0020] そして、第6の発明に係る水中酸素溶解方法は、円筒タンクの底部に落下孔が設けられることで、その内部に注入される流体が渦となって形成される渦形成工程と、その上端が落下孔に連通するとともにその側壁に複数の吸気孔が穿設される内管と、この内管の周囲に設けられ内管との間で閉鎖空間を形成するとともにこの閉鎖空間へ空気を流入する空気流入手段が設けられる外管と、からなる円筒型の下降管において、内管を通過する際に空気流入手段及び複数の吸気孔を介し、空気が渦の周囲から流体へ吸引され、この流体に気泡が形成される気泡形成工程と、気泡が形成された流体が落下し貯留槽に貯留される貯留工程と、貯留槽の内部に浸漬される超音波発振器から、貯留槽に貯留された気泡が形成された流体へ向かって超音波が発射されることで、気泡が圧壊される気泡圧壊工程と、を備えることを特徴とする。

このような構成の発明においては、第1の発明と同様の作用を有する。

発明の効果

[0021] 第1の発明によれば、円筒タンクと下降管により、流体の自然流下によって、流体の内部に多くの気泡を形成することができる。すなわち、従来技術のような多孔質管やコンプレッサー等が不要であることから、簡易な構成を実現しており、装置が大掛かりになることを防止可能である。そのため、安価に製造可能であるとともに、消費電力量等を抑制可能である。

また、多孔質管が不要であることは、細孔の目詰まりによって気泡の発生効率が低下することを防止可能である。したがって、気泡を効率良く発生させることが可能となる。

さらに、貯留槽に貯留された流体中の気泡を、超音波発振器によって圧壊することにより、この気泡に含まれる酸素の流体中への移動を促進させることが可能となる。なお、貯留槽に貯留された流体中の気泡には、キャビテーションによって発生した気泡と、内管を通過した流体中に形成された気泡と

、が含まれることから、超音波発振器と、円筒タンクと、下降管と、が備えられることにより、酸素の溶解効率を増大させることができる。

[0022] 第2の発明によれば、第1の発明の効果に加えて、第1の定在波に形成される「節」と流体が落下する位置を一致させることで、最も効率的に気泡が圧壊されるため、流体への酸素の溶解濃度をより一層高めることができる。

[0023] 第3の発明によれば、第2の発明の効果と同様の効果を発揮できる。

[0024] 第4の発明によれば、第1乃至第3のいずれかの発明の効果に加えて、収容体内で発生した水流が開口部を介して貯留槽内に拡散するため、貯留槽に貯留された流体が攪拌されて、貯留槽の内部における酸素の溶解濃度を均一にすることが可能である。

[0025] 第5の発明によれば、第1乃至第4のいずれかの発明の効果に加えて、超音波発振器の消費電力量を軽減できるとともに、流体中への酸素の溶解濃度をより向上させることができる。

[0026] 第6の発明によれば、第1の発明と同様の効果を有する。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]実施例1に係る水中酸素溶解装置の構成図である。

[図2] (a) 及び (b) は、それぞれ図1におけるA-A線矢視断面図及びB-B線矢視断面図である。

[図3]実施例1に係る水中酸素溶解装置を構成する円筒タンクと下降管の縦断面図である。

[図4] (a) 及び (b) は、それぞれ実施例1に係る水中酸素溶解装置の溶解酸素濃度及び消費電力量を従来技術と比較した結果である。

[図5] (a) は実施例1の第1の変形例に係る水中酸素溶解装置の構成図であり、(b) はこれを構成する超音波発振器の作用を説明するための説明図である。

[図6]実施例1の第2の変形例に係る水中酸素溶解装置を構成する円筒タンクと下降管の縦断面図である。

[図7]実施例1の第3の変形例に係る水中酸素溶解装置の構成図であり、(b

）はこれを構成する超音波発振器の作用を説明するための説明図である。

[図8]実施例1の第4の変形例に係る水中酸素溶解装置を構成する超音波発振器を上方から視た場合の側面図である。

[図9](a)は実施例2に係る水中酸素溶解装置の構成図であり、(b)はこれを構成する超音波発振器の作用を説明するための説明図である。

[図10]実施例2の変形例に係る水中酸素溶解装置を構成する超音波発振器の側面図である。

[図11]実施例3に係る水中酸素溶解方法の工程図である。

発明を実施するための形態

実施例 1

[0028] 本発明の実施の形態に係る実施例1の水中酸素溶解装置について、図1乃至図8を用いて詳細に説明する。図1は、実施例1に係る水中酸素溶解装置の構成図である。

図1に示すように、本実施例に係る水中酸素溶解装置1は、底部2bに落下孔2aが設けられることで、その内部に注入される流体10が渦11(図3を参照)となって形成される円筒タンク2と、その上端3aが落下孔2aに連通するとともにその側壁3bに複数の吸気孔6(図3を参照)が穿設される内管3と、この内管3の周囲に設けられ内管3との間で閉鎖空間13を形成するとともにこの閉鎖空間13へ空気を流入する空気流入手段7が設けられる外管4と、からなり、内管3を通過する際に空気流入手段7及び複数の吸気孔6を介し、空気が渦11の周囲から流体10へ吸引され、この流体10に気泡12が形成される円筒型の下降管5と、この下降管5の鉛直下方に配置され、気泡12が形成された流体10が落下し貯留される箱型の貯留槽8と、貯留槽8の内部に浸漬され、貯留槽8に貯留された流体10へ向かって超音波を発射することで気泡12が圧壊される(図中星印、以下本願において同じ)超音波発振器9と、を備える。

このうち、底部2bの反対側(図1における上方)の端面は、上方開口部2dを形成する。また、貯留槽8は、その面が鉛直方向Vに沿って配置され

る側壁 8 a, 8 b を備える。そして、超音波発振器 9 は、超音波振動子 9 a と、ホーン 9 b と、からなり、フランジ 1 4 a を備える格納容器 1 4 に格納された状態で、その長軸 X が水平方向 H に沿って、側壁 8 b と間隔 L を空けて配置される。より詳細には、ホーン 9 b とフランジ 1 4 a は互いに固定されているため、超音波発振器 9 は、フランジ 1 4 a を介して貯留槽 8 の側壁 8 a によって支持される構造となっている。

また、空気流入手段 7 としては、例えば、空気流入量調整バルブが用いられ、閉鎖空間 1 3 への空気の流入量を自在に調節可能である。

[0029] 次に、実施例 1 に係る水中酸素溶解装置を構成する円筒タンクと下降管について、図 2 を用いてさらに説明する。図 2 (a) 及び図 2 (b) は、それぞれ図 1 における A-A 線矢視断面図及び B-B 線矢視断面図である。なお、図 1 で示した構成要素については、図 2 においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 2 (a) に示すように、本実施例に係る水中酸素溶解装置 1 を構成する円筒タンク 2 は、底部 2 b と、その周縁に設けられる側壁 2 c と、底部 2 b の略中央に開口する落下孔 2 a と、からなる。なお、落下孔 2 a は、底部 2 b の略中央以外にも、底部 2 b のいずれの位置に設けられても良い。

また、図 2 (b) に示すように、本実施例に係る水中酸素溶解装置 1 を構成する下降管 5 は、内管 3 と外管 4 の間に閉鎖空間 1 3 が形成される。そして、内管 3 には、円筒タンク 2 (図 2 (a) を参照) と下降管 5 の中心 C を中心として 90 度の間隔を空けて複数の吸気孔 6 が穿設される。なお、複数の吸気孔 6 は、マイクロバブルやナノバブルを発生させるような微細孔ではなく、例えば、直径 1 mm 程度の気泡を発生可能なサイズを有していれば良い。また、複数の吸気孔 6 は、内管 3 の長手方向に沿って、一定間隔を空けながら複数段設けられる。ただし、この段数については、特に具体的な制限はない。

[0030] 続いて、実施例 1 に係る水中酸素溶解装置を構成する円筒タンクと下降管の作用について、図 3 を用いながら詳細に説明する。図 3 は、実施例に係る

水中酸素溶解装置を構成する円筒タンクと下降管の縦断面図である。なお、図 1 及び図 2 で示した構成要素については、図 3 においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 3 に示すように、円筒タンク 2 の上方開口部 2 d から流体 1 0 が自然落下によって注入されると、底部 2 b に落下孔 2 a が設けられることから、注入された流体 1 0 は、落下孔 2 a の上方で周回しつつ落下孔 2 a に流入し始め、この落下孔 2 a 付近で下降流 1 1 a が発生する。さらに、流体 1 0 の落下孔 2 a への流入が進むと周回する流体 1 0 の中心にくぼみ 1 0 a ができて回転流 1 1 b が形成され、この下降流 1 1 a と回転流 1 1 b の相互作用による渦 1 1 が形成される。このように、流体 1 0 が円筒タンク 2 に注水されることによって形成される渦 1 1 は、流体 1 0 が高所から低所へ自然流下することで形成されるいわゆるバスタブ渦である。なお、くぼみ 1 0 a からは流体 1 0 中へ空気が取り込まれる。

[0031] 次に、落下孔 2 a に流入した流体 1 0 は、下降管 5 を構成する内管 3 を通過する。この場合、くぼみ 1 0 a から取り込まれた空気が、渦 1 1 の先端から離脱することで流体 1 0 中に気泡 1 2 a が形成される。

また、下降管 5 は、空気流入手段 7 及び複数の吸気孔 6 を介し、空気を外管 4 から内管 3 内へ導入可能に構成されている。一方、渦 1 1 はその半径方向に沿って中心部に近づくほど負圧が増大する。そのため、流体 1 0 が内管 3 を下方へ向かって通過する際に、渦 1 1 の回転流 1 1 b と前述した負圧によって、渦 1 1 の内部へ空気が吸引され気泡 1 2 b が形成される。より詳細には、渦 1 1 の底部において直径が 1 (mm) 程度の気泡 1 2 b が形成される。なお、気泡 1 2 b の直径は、空気流入手段 7 の空気流入量や複数の吸気孔 6 のサイズ等に依存するものである。また、渦 1 1 の内表面が回転することと、この内表面の気層と液層の境界において乱れが生じることにより、この液層において気層の酸素が渦 1 1 に溶解される。

さらに、気泡 1 2 a, 1 2 b が形成された流体 1 0 は、内管 3 を通過した後、貯留槽 8 (図 1 参照) に落下し貯留される。なお、図 1 における気泡 1

2は、図2における気泡12aと、気泡12bと、からなるものである。流体10が落下すると、気泡12a、12bは、貯留槽8の内部へ拡散するように移動する。さらに、貯留された流体10の水面10bに流体10の落下によって乱れが発生することで、流体10中に周囲の空気から酸素が溶解される。

[0032] 続いて、貯留槽8に貯留された流体10に対し、超音波発振器9（図1参照）から発射された超音波が照射されると、キャビテーションが発生する。このキャビテーションにおいては、発射された超音波の音圧（振幅）が周期的に変化する場合に、流体10中において気泡の発生と消滅が繰り返される。したがって、キャビテーションによって発生した気泡（図示せず）と、内管3を通過した流体10中に形成された気泡12a、12bと、のいずれもが圧壊される。したがって、貯留槽8に貯留された流体10に、キャビテーションによって発生した気泡から供給される酸素と、気泡12a、12bから供給された酸素と、が溶解する。すなわち、気泡12a、12bから供給された分だけ、より多くの酸素が流体10中へ溶解することになる。

なお、貯留槽8の側壁8b（図1参照）は、超音波発振器9から発射された第1の入射波と側壁8bによって反射される第1の反射波が合成されて第1の定在波が形成されるように、超音波発振器9との間隔L（図1参照）を空けて配置される。そのため、この定在波の「節」に下降管5の中心Cを一致させることで気泡12a、12b等の圧壊の効率を最大とすることができる。ただし、第1の定在波が形成されなければ、気泡12a、12b等を圧壊できないということではなく、第1の定在波の形成によって圧壊の効率を向上させることが可能となるということである。そのため、間隔Lによっては、第1の定在波が形成されなくても、気泡12a、12b等が十分に圧壊される。このような圧壊の効率を最大とする効果については、後述する。

[0033] 次に、実施例1に係る水中酸素溶解装置と従来技術との効果を比較した実験結果について、図4を用いて詳細に説明する。図4（a）及び図4（b）は、それぞれ実施例1に係る水中酸素溶解装置の溶解酸素濃度及び消費電力

量を従来技術と比較した結果である。

図4 (a) は、水中に溶解する酸素の増加量（溶存酸素増加量 Δ ）をプロットしたグラフであって、横軸が経過時間（分）、縦軸が溶存酸素増加量（ mg/L ）である。グラフ中の白黒丸印が実施例1に係る水中酸素溶解装置1、四角印が従来技術に係るばっき装置（以下、装置 α という。）、白丸印が従来技術に係るばっきと超音波照射を組み合わせた装置（以下、装置 β という。）、の結果をそれぞれ示している。なお、このとき使用された水の量は、いずれも4（L）である。

図4 (a) において、経過時間30（分）における溶存酸素増加量 Δ （ mg/L ）に注目すると、実施例1に係る水中酸素溶解装置1は、装置 α 、 β と比較して、それぞれ2.4倍（ $\div 5.3/2.2$ ）、1.8倍（ $\div 5.3/3.0$ ）となった。

さらに、経過時間30（分）における装置 α の溶存酸素増加量 Δ である2.2（ mg/L ）と等しい溶存酸素増加量 Δ となるために必要な経過時間（分）は、装置 β ではおよそ16.4（分）、実施例1に係る水中酸素溶解装置1ではおよそ3.1（分）であった。すなわち、実施例1に係る水中酸素溶解装置1では、装置 α 、 β と比較して、それぞれ1/10（ $\div 3.1/30$ ）、1/5倍（ $\div 3.1/16.4$ ）に経過時間が短縮された。

[0034] また、図4 (b) は、実施例1に係る水中酸素溶解装置1、装置 α 、装置 β について、溶存酸素増加量 Δ が2.2（ mg/L ）となるまでに必要な経過時間（分）と、消費電力量（Wh）と、消費電力量比を示した表である。

図4 (b) の消費電力量比に示すように、実施例1に係る水中酸素溶解装置1では、装置 α と比較して、約0.26倍に消費電力量が軽減された。

このように、実施例1に係る水中酸素溶解装置1によれば、従来技術と比較して溶存酸素増加量 Δ の増加と消費電力量の軽減という点において、顕著な優位性を発揮する結果となった。

[0035] 以上説明したように、本実施例の水中酸素溶解装置1によれば、円筒タンク2と下降管5により、流体10の自然流下によって、流体10の内部に多

くの気泡 12 a, 12 b を形成することができる。すなわち、気泡を形成するために、従来技術で必要とされたコンプレッサーや散気管、あるいは回転羽根といった動的機器が不要である。また、このとき、空気流入手段 7 の空気流入量の調節や複数の吸気孔 6 のサイズによって、閉鎖空間 13 への空気の流入量を自在に調節可能であることから、気泡 12 b のサイズを増減させることができる。また、円筒タンク 2 に注入する流体 10 の速度や、複数の吸気孔 6 の個数を増加させることによって、気泡 12 a, 12 b の数をそれぞれ増加させることができる。なお、複数の吸気孔 6 は、マイクロバブル等が発生させる微細孔ではないことから、流体 10 中の微粒子や不純物が複数の吸気孔 6 に詰まって、気泡 12 b の発生効率が低下するおそれがない。

また、水中酸素溶解装置 1 によれば、キャビテーションによって発生した気泡と、気泡 12 a, 12 b を、超音波発振器 9 によって圧壊することにより、多くの酸素を流体 10 中へ溶解させることが可能となる。そして、流体 10 へ移動した酸素は、流体 10 中に含まれる有害物質や細菌を分解し、水質浄化が可能となる。

このように、水中酸素溶解装置 1 によれば、簡易な構成でありながら、図 4 に示したように、従来技術と比較して、酸素の溶解効率を顕著に向上させると同時に消費電力量を著しく軽減することが可能である。そのため、容易な導入が可能であり、水中における酸素の溶解量が増大することで、好気性微生物による汚染物質の生分解作用が促進される等して、水環境の水質改善に大きく寄与し得るものである。

[0036] 次に、実施例 1 の第 1 の変形例に係る水中酸素溶解装置について、図 5 を用いて説明する。図 5 (a) は実施例 1 の第 1 の変形例に係る水中酸素溶解装置の構成図であり、図 5 (b) はこれを構成する超音波発振器の作用を説明するための説明図である。なお、図 1 乃至図 3 で示した構成要素については、図 5 においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 5 (a) に示すように、実施例 1 の第 1 の変形例に係る水中酸素溶解装置 1 a においては、超音波発振器 9 は、その長軸 X が水平方向 H に沿って配

置され、貯留槽 8（図 1 を参照）は、その内部に、超音波発振器 9 の第 1 の発射面 15 から発射される第 1 の入射波を反射して第 1 の反射波を形成する反射体 16 を備えている。なお、第 1 の発射面 15 とは、ホーン 9b の先端面である。

図 5（b）に示すように、反射体 16 は、第 1 の入射波と第 1 の反射波が合成されて第 1 の定在波 17 が形成されるように、第 1 の発射面 15 との間隔 L_1 を空けて配置される。なお、反射体 16 は、平面を有する剛壁であって、図示しない支持部材によって貯留槽 8（図 1 を参照）に固定される。また、超音波発振器 9 の長軸 X が水平方向 H に沿って配置されるため、反射体 16 の平面は鉛直方向 V に沿って設置される。

水中酸素溶解装置 1a におけるこの他の構成は、実施例 1 の水中酸素溶解装置 1 と同様である。

[0037] このような構成の水中酸素溶解装置 1a においては、第 1 の定在波 17 は、 $\lambda_1/4$ （ λ_1 は超音波発振器 9 から発射される超音波が貯留槽 8 内部に貯留された流体 10 中を伝播する場合の波長である。）ごとに、振幅がゼロとなる節 17a と、振幅が最大となる腹 17b が繰り返して形成される。この節 17a と腹 17b では、それぞれ超音波の音圧が最大と最小となることから、節 17a と下降管 5 から流体 10 が落下する位置が一致するように、水平方向 H において、下降管 5 と反射体 16 と超音波発振器 9 を配置することで、最も効率的に気泡 12a、12b 等を圧壊することができる。なお、貯留槽 8 に貯留された流体 10 の深さ方向（鉛直方向 V）については、超音波発振器 9 の高さ位置が、落下した流体 10 が到達可能な最大深度と水面 10b の間であれば、特に制限されない。

水中酸素溶解装置 1a におけるこの他の作用及び効果は、実施例 1 の水中酸素溶解装置 1 と同様である。

[0038] さらに、実施例 1 の第 2 の変形例に係る水中酸素溶解装置について、図 6 を用いて説明する。図 6 は、実施例 1 の第 2 の変形例に係る水中酸素溶解装置を構成する円筒タンクと下降管の縦断面図である。なお、図 1 乃至図 5 で

示した構成要素については、図6においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図6に示すように、実施例1の第2の変形例に係る水中酸素溶解装置1bでは、水中酸素溶解装置1において、円筒タンク2の落下孔2aに沿って環状の突起18が周設される。突起18は、縦断面が略三角形をなし、中心Cへ向かって突出して設けられる。

水中酸素溶解装置1bにおけるこの他の作用及び効果は、実施例1の水中酸素溶解装置1と同様である。

[0039] このような構成の水中酸素溶解装置1bにおいては、突起18が設けられることで落下孔2aの直径が狭められるため、突起18の直下で小渦11cが発生する。この小渦11cによって、気泡12aのうち、一部の気泡12c（黒丸印）が攪拌されて消滅し、その際に気泡12cに含まれる酸素が流体10に溶解する。したがって、水中酸素溶解装置1bによれば、水中酸素溶解装置1よりも酸素の溶解効率を向上させることができる。

水中酸素溶解装置1bにおけるこの他の作用及び効果は、実施例1の水中酸素溶解装置1と同様である。

[0040] 次に、実施例1の第3の変形例に係る水中酸素溶解装置について、図7を用いて説明する。図7は、実施例1の第3の変形例に係る水中酸素溶解装置の構成図であり、図7(b)はこれを構成する超音波発振器の作用を説明するための説明図である。なお、図1乃至図6で示した構成要素については、図7においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図7(a)に示すように、実施例1の第3の変形例に係る水中酸素溶解装置1cは、実施例1に係る水中酸素溶解装置1に対して円筒タンク2と下降管5等を増設するとともに、超音波発振器9の代わりに超音波発振器19を備える。超音波発振器19は、超音波発振器9のホーン9bよりも長いホーン19aを備えるが、これ以外は超音波発振器9と同様の構造である。

図7(b)に示すように、節17aを少なくとも2個備える第1の定在波17が形成されるように、第1の発射面15（ホーン19aの先端面）との

間隔 L_2 を空けて配置される。そして、2個の節17aの直上には、それぞれ円筒タンク2と下降管5等が配置される。なお、 λ_1 は超音波発振器9から発射される超音波が貯留槽8内部に貯留された流体10中を伝播する場合の波長であり、 λ_2 は上記超音波がホーン19aを伝播する場合の波長である。

水中酸素溶解装置1cにおけるこの他の構成は、実施例1の水中酸素溶解装置1と同様である。

[0041] このような構成の水中酸素溶解装置1cにおいては、円筒タンク2と下降管5等を増設されるとともに、これらが2個の節17aの直上に配置されるため、実施例1に係る水中酸素溶解装置1と比較して、円筒タンク2に注入される流体10の量が増加し気泡12の発生量も増加する。したがって、水中酸素溶解装置1cによれば、単位時間当たりの酸素の溶解濃度を増加させることができる。

水中酸素溶解装置1bにおけるこの他の作用及び効果は、実施例1の水中酸素溶解装置1と同様である。

[0042] 次に、実施例1の第4の変形例に係る水中酸素溶解装置について、図8を用いて説明する。図8は、実施例1の第4の変形例に係る水中酸素溶解装置を構成する超音波発振器を上方から視た場合の側面図である。なお、図1乃至図7で示した構成要素については、図8においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図8に示すように、実施例1の第4の変形例に係る水中酸素溶解装置1dにおいては、その長軸Xが水平方向Hに沿って配置される超音波発振器9は、一端面に開口部20aを備える収容体20に収容される。この収容体20は、開口部20a以外は、閉鎖面からなる箱状体であって、図示しない支持部材によって貯留槽8（図1参照）に固定される。

水中酸素溶解装置1dにおけるこの他の構成は、実施例1の水中酸素溶解装置1と同様である。

[0043] このような構成の水中酸素溶解装置1dにおいては、超音波発振器9の前方に集中して伝播する以外の超音波が、球面波として流体10（図1を参照

）中に伝播することが抑制される。すなわち、超音波発振器 9 の前方に伝播する超音波は収容体 20 内で直進する水流 21 a を発生させるとともに気泡 12 a, 12 b（図 3 を参照）等を圧壊し、これにより酸素が流体 10 に溶解する。

一方、伝播を抑制された超音波は、球面波として伝播した後収容体 20 や水面 10 b（図中手前側に存在する）によって反射し、収容体 20 内で水流 21 b を発生させる。次に、水流 21 b と、水流 21 a が収容体 20 等によって反射した水流（図示せず）が合流した水流 21 c が、開口部 20 a を介して貯留槽 8 内に緩やかに拡散する。そのため、専ら前方に伝播する超音波に起因して形成された溶解酸素を含む流体 10 が超音波発振器 9 の周辺に留まることが防止される。

したがって、水中酸素溶解装置 1 d によれば、収容体 20 内で発生した水流 21 c が開口部 20 a を介して貯留槽 8 内に拡散するため、貯留槽 8 に貯留された流体 10 が攪拌されて、貯留槽 8 の内部における酸素の溶解濃度を均一にすることが可能である。

水中酸素溶解装置 1 d におけるこの他の作用及び効果は、実施例 1 の水中酸素溶解装置 1 と同様である。

実施例 2

[0044] 本発明の実施の形態に係る実施例 2 の水中酸素溶解装置について、図 9 及び図 10 を用いて詳細に説明する。図 9（a）は実施例 2 に係る水中酸素溶解装置の構成図であり、図 9（b）はこれを構成する超音波発振器の作用を説明するための説明図である。なお、図 1 乃至図 8 で示した構成要素については、図 9 においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 9（a）に示すように、実施例 2 に係る水中酸素溶解装置 22 は、実施例 1 に係る水中酸素溶解装置 1 において、超音波発振器 9 の代わりに超音波発振器 23 を備える。超音波発振器 23 は、超音波振動子 23 a と、ホーン 23 b と、からなり、その第 2 の発射面 24（ホーン 23 a の先端面）が鉛直上方に向かって配置される。また、貯留槽 8 は、第 2 の発射面 24 から発

射される第2の入射波を反射して第2の反射波を形成する反射面が形成される。なお、この反射面とは、水面10bである。

また、図9(b)に示すとおり、第2の発射面24は、第2の入射波と第2の反射波が合成されて第2の定在波25が形成されるように、水面10bとの間隔 L_3 を空けて配置される。この第2の定在波25も、第1の定在波17と同様に、 $\lambda_1/4$ (λ_1 は超音波発振器23から発射される超音波が貯留槽8内部に貯留された流体中を伝播する場合の波長である。)ごとに、節25aと腹25bが繰り返して形成される。ただし、水中酸素溶解装置1と同様に、間隔 L_3 によっては、第2の定在波が形成されなくても、気泡12a, 12b等が十分に圧壊される。

さらに、超音波発振器23は、格納容器14bに収容され、その第2の発射面24に板状の振動体26が覆設される。振動体26は、格納容器14bの上面を形成するものであって、第2の発射面24に対して平行に設置される。

振動体26を効率良く共振させるために、第2の発射面24と板状の振動体26とは面接触していることが望ましい。

水中酸素溶解装置22におけるこの他の構成は、実施例1の水中酸素溶解装置1と同様である。

[0045] このような構成の水中酸素溶解装置22においては、下降管5から落下した流体10を、節25aの位置に投入すると、キャビテーションによって発生した気泡と気泡12a, 12bが効率良く圧壊される。さらに、超音波発振器23の第2の発射面24から発射された超音波の周波数に振動体26が共振する場合に、超音波の振幅が増大してその圧力が増大する。

したがって、水中酸素溶解装置22によれば、少ない投入エネルギーで、より多くの気泡12a, 12b等を確実に圧壊することが可能となる。すなわち、超音波発振器23の消費電力量を軽減できるとともに、流体10中への酸素の溶解濃度をより向上させることができる。

水中酸素溶解装置22におけるこの他の作用及び効果は、実施例1の水中

酸素溶解装置 1 と同様である。

[0046] 続いて、実施例 2 の変形例に係る水中酸素溶解装置について、図 10 を用いて詳細に説明する。図 10 は、実施例 2 の変形例に係る水中酸素溶解装置を構成する超音波発振器の側面図である。なお、図 1 乃至図 9 で示した構成要素については、図 10 においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 10 に示すように、実施例 2 の変形例に係る水中酸素溶解装置 22a は、実施例 2 の水中酸素溶解装置 22 において、振動体 26 が省略されるとともに、超音波発振器 23 は、両端面にそれぞれ開口部 27a, 27b を備える筒状の収容体 27 に収容される。この収容体 27 は、図示しない支持部材によって貯留槽 8 (図 1 参照) に固定される。

水中酸素溶解装置 22a におけるこの他の構成は、実施例 1 の水中酸素溶解装置 1 と同様である。

[0047] このような構成の水中酸素溶解装置 22a においては、水流 21b と、水流 21a が収容体 27 と水面 10b によって反射した水流 (図示せず) が合流した水流 21c が、開口部 27b を介して貯留槽 8 内に緩やかに拡散する。

したがって、水中酸素溶解装置 22a によれば、貯留槽 8 に貯留された流体 10 が攪拌されて、貯留槽 8 の内部における酸素の溶解濃度を均一にすることが可能である。

水中酸素溶解装置 22a におけるこの他の作用及び効果は、実施例 1 の水中酸素溶解装置 1 と同様である。

実施例 3

[0048] 続いて、本発明の実施の形態に係る実施例 3 の水中酸素溶解方法について、図 11 を用いて詳細に説明する。図 11 は、実施例 3 に係る水中酸素溶解方法の工程図である。なお、図 1 乃至図 10 で示した構成要素については、図 11 においても同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 11 に示すように、実施例 3 に係る水中酸素溶解方法 28 は、ステップ

S 1 の渦形成工程、ステップ S 2 の気泡形成工程、ステップ S 3 の貯留工程、ステップ S 4 の気泡圧壊工程、から構成される。なお、本実施例中で示される符号は、それぞれ図 1 乃至図 10 で示した符号を意味するものである。

ステップ S 1 の渦形成工程は、円筒タンク 2 の底部 2 b に落下孔 2 a が設けられることで、その内部に注入される流体 10 が渦 11 となって形成される工程である。

本工程では、円筒タンク 2 の内部において渦 11 が形成されることにより、気泡 12 a が形成される。さらに、本工程は、ステップ S 2 の気泡形成工程において流体 10 に空気を吸引するための準備工程として作用する。

したがって、本工程によれば、回転羽根等の動力機器を用いることなく、気泡 12 a を形成できるため、省力化が可能である。

[0049] ステップ S 2 の気泡形成工程は、その上端 3 a が落下孔 2 a に連通するとともにその側壁 2 c に複数の吸気孔 6 が穿設される内管 3 と、この内管 3 の周囲に設けられ内管 3 との間で閉鎖空間 13 を形成するとともにこの閉鎖空間 13 へ空気を流入する空気流入手段 7 が設けられる外管 4 と、からなる円筒型の下降管 5 において、内管 3 を通過する際に空気流入手段 7 及び複数の吸気孔 6 を介し、空気が渦 11 の周囲から流体 10 へ吸引され、この流体 10 に気泡 12 b が形成される工程である。

本工程では、流体 10 が内管 3 を下方へ向かって通過する際に、渦 11 の内部へ空気が吸引され気泡 12 b が形成されるとともに、酸素が渦 11 の内表面に溶解される。

したがって、本工程によれば、流体 10 中に効率良く気泡 12 b を形成することができる。

[0050] ステップ S 3 の貯留工程は、気泡 12 a, 12 b が形成された流体 10 が落下し貯留槽 8 に貯留される工程である。

本工程では、気泡 12 a, 12 b は、貯留槽 8 の内部へ移動するとともに、貯留された流体 10 の水面 10 b が乱れることで、流体 10 に酸素が溶解される。

したがって、本工程によれば、流体 10 中でキャビテーションによって形成された気泡や気泡 12 a, 12 b に超音波発振器 9 からの超音波を照射可能となるとともに、超音波発振器 9 を照射する前においても酸素の溶解濃度を増加させることができる。

[0051] ステップ S 4 の気泡圧壊工程は、貯留槽 8 の内部に浸漬される超音波発振器 9 から、貯留槽 8 に貯留され気泡 12 a, 12 b 等が形成された流体 10 へ向かって超音波が発射されることで、気泡 12 a, 12 b 等が圧壊される工程である。

本工程では、超音波によるキャビテーションによって、気泡 12 a, 12 b 等が効率的に圧壊されるため、貯留槽 8 に貯留された流体 10 に酸素が溶解する。

したがって、本工程によれば、酸素の溶解濃度を飛躍的に増加させることができることから、流体 10 中の有害物質等を確実に分解できる。

[0052] 以上説明したように、実施例 3 に係る水中酸素溶解方法 28 によれば、実施例 1 に係る水中酸素溶解装置 1 と同様の効果を発揮できる。

[0053] なお、本発明の水中酸素溶解装置 1 ~ 1 d の構造は実施例に示すものに限定されない。例えば、水中酸素溶解装置 1 において、第 1 の定在波 17 が発生しないように、超音波発振器 9 と貯留槽 8 の側壁 8 b が配置されても良い。また、水中酸素溶解装置 1 c において、さらに円筒タンク 2 と下降管 5 等が増設されても良い。さらに、超音波発振器 9, 19 の第 1 の発射面 15 に振動体 26 が設けられても良い。

また、水中酸素溶解装置 22 において、超音波発振器 23 が増設され、また振動体 26 が省略されても良い。さらに、第 2 の定在波 25 が発生しないように、超音波発振器 23 と水面 10 b との間隔 L_3 が調整されても良い。そして、水中酸素溶解方法 28 のステップ S 4 の気泡圧壊工程において、超音波発振器 9 から発射される超音波は、連続的に発射又は所望のタイミングでパルス状に発射されても良い。

産業上の利用可能性

[0054] 本発明は、観賞用水中生物の飼育や研究・商業用生物の養殖を目的に、又は浄化設備や湖沼等の閉塞域における水質改善を目的に、水中に溶解する酸素の濃度を増加させるための水中酸素溶解装置およびこれに用いる水中酸素溶解方法としても利用可能である。

符号の説明

[0055] 1, 1 a ~ 1 d …水中酸素溶解装置

2 …円筒タンク

2 a …落下孔

2 b …底部

2 c …側壁

2 d …上方開口部

3 …内管

3 a …上端

3 b …側壁

4 …外管

5 …下降管

6 …吸気孔

7 …空気流入手段

8 …貯留槽

8 a, 8 b …側壁

9 …超音波発振器

9 a …超音波振動子

9 b …ホーン

1 0 …流体

1 0 a …くぼみ

1 0 b …水面

1 1 …渦

1 1 a …下降流

- 1 1 b …回転流
- 1 1 c …小渦
- 1 2 ～ 1 2 c …気泡
- 1 3 …閉鎖空間
- 1 4, 1 4 b …格納容器
- 1 4 a …フランジ
- 1 5 …第 1 の発射面
- 1 6 …反射体
- 1 7 …第 1 の定在波
- 1 7 a …節
- 1 7 b …腹
- 1 8 …突起
- 1 9 …超音波発振器
- 1 9 a …ホーン
- 2 0 …収容体
- 2 0 a …開口部
- 2 1 a ～ 2 1 c …水流
- 2 2, 2 2 a …水中酸素溶解装置
- 2 3 …超音波発振器
- 2 3 a …超音波振動子
- 2 3 b …ホーン
- 2 4 …第 2 の発射面
- 2 5 …第 2 の定在波
- 2 5 a …節
- 2 5 b …腹
- 2 6 …振動体
- 2 7 …収容体
- 2 7 a, 2 7 b …開口部

2 8 …水中酸素溶解方法

請求の範囲

[請求項1] 底部（2 b）に落下孔（2 a）が設けられることで、その内部に注入される流体（1 0）が渦（1 1）となって形成される円筒タンク（2）と、

その上端（3 a）が前記落下孔（2 a）に連通するとともにその側壁（3 b）に複数の吸気孔（6）が穿設される内管（3）と、この内管（3）の周囲に設けられ前記内管（3）との間で閉鎖空間（1 3）を形成するとともにこの閉鎖空間（1 3）へ空気を流入する空気流入手段（7）が設けられる外管（4）と、からなり、前記内管（3）を通過する際に前記空気流入手段（7）及び前記複数の吸気孔（6）を介し、空気が前記渦（1 1）の周囲から前記流体（1 0）へ吸引され、この流体（1 0）に気泡（1 2）が形成される円筒型の下降管（5）と、

この下降管（5）の鉛直下方に配置され、前記気泡（1 2）が形成された前記流体（1 0）が落下し貯留される箱型の貯留槽（8）と、

前記貯留槽（8）の内部に浸漬され、前記貯留槽（8）に貯留された前記流体（1 0）へ向かって前記超音波を発射することで前記気泡（1 2）が圧壊される超音波発振器（9）と、を備えることを特徴とする水中酸素溶解装置（1）。

[請求項2] 前記超音波発振器（9）は、その長軸が水平方向に沿って配置され、

前記貯留槽（8）は、その壁面（8 b）又はその内部に、前記超音波発振器（9）の第1の発射面（1 5）から発射される第1の超音波（以下、第1の入射波という。）を反射して第1の反射波を形成する反射体（1 6）が備えられ、

この反射体（1 6）は、前記第1の入射波と前記第1の反射波が合成されて第1の定在波（1 7）が形成されるように、前記第1の発射面（1 5）との間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項1記

載の水中酸素溶解装置（１ a）。

[請求項3] 前記超音波発振器（１ ９）は、その第２の発射面（２ ４）が鉛直上方に向かって配置され、

前記貯留槽（８）は、前記第２の発射面（２ ４）から発射される第２の超音波（以下、第２の入射波という。）を反射して第２の反射波を形成する反射面が形成され、

前記第２の発射面（２ ４）は、前記第２の入射波と前記第２の反射波が合成されて第２の定在波（２ ５）が形成されるように、前記反射面との間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項１記載の水中酸素溶解装置（２ ２）。

[請求項4] 前記超音波発振器（９， ２ ３）は、少なくとも一端面に開口部を備える収容体（２ ０， ２ ７）に収容されることを特徴とする請求項１乃至請求項３記載のいずれか１項に記載の水中酸素溶解装置（１ d， ２ ２ a）。

[請求項5] 前記超音波発振器（９， ２ ３）は、その発射面に振動体（２ ６）が設けられることを特徴とする請求項１乃至請求項４記載のいずれか１項に記載の水中酸素溶解装置（１， ２ ２）。

[請求項6] 円筒タンクの底部に落下孔が設けられることで、その内部に注入される流体が渦となって形成される渦形成工程（Ｓ １）と、

その上端が前記落下孔に連通するとともにその側壁に複数の吸気孔が穿設される内管と、この内管の周囲に設けられ前記内管との間で閉鎖空間を形成するとともにこの閉鎖空間へ空気を流入する空気流入手段が設けられる外管と、からなる円筒型の下降管において、前記内管を通過する際に前記空気流入手段及び前記複数の吸気孔を介し、空気が前記渦の周囲から前記流体へ吸引され、この流体に気泡が形成される気泡形成工程（Ｓ ２）と、

前記気泡が形成された前記流体が落下し貯留槽に貯留される貯留工程（Ｓ ３）と、

前記貯留槽の内部に浸漬される超音波発振器から、前記貯留槽に貯留された前記気泡が形成された前記流体へ向かって前記超音波が発射されることで、前記気泡が圧壊される気泡圧壊工程（S4）と、を備えることを特徴とする水中酸素溶解方法。