

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6210917号
(P6210917)

(45) 発行日 平成29年10月11日(2017.10.11)

(24) 登録日 平成29年9月22日(2017.9.22)

(51) Int. Cl.	F 1	
BO1F 11/02 (2006.01)	BO1F 11/02	
BO1F 15/06 (2006.01)	BO1F 15/06	Z
BO1F 3/04 (2006.01)	BO1F 3/04	Z
BO1F 5/00 (2006.01)	BO1F 3/04	C
BO1F 5/02 (2006.01)	BO1F 5/00	G

請求項の数 16 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-64892 (P2014-64892)	(73) 特許権者	504280724 トスレック株式会社 京都府京都市南区吉祥院西ノ庄西中町4-6-2
(22) 出願日	平成26年3月26日(2014.3.26)	(74) 代理人	100170449 弁理士 山本 英彦
(65) 公開番号	特開2015-186781 (P2015-186781A)	(72) 発明者	中尾 順次 京都府京都市南区吉祥院西ノ庄西中町4-6-2 トスレック株式会社内
(43) 公開日	平成27年10月29日(2015.10.29)	審査官	神田 和輝
審査請求日	平成28年12月12日(2016.12.12)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノバブル製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

上部にバブル含有液導入口を配するとともに底部にバブル含有液導出口を配してなる液槽と、

この液槽の前記バブル含有液導入口にマイクロバブルを含有するマイクロバブル含有液を供給するマイクロバブル含有液供給部と、

前記バブル含有液導入口を通して前記液槽内に供給された前記マイクロバブル含有液が下方へ向けて流れる箇所に超音波によるマイクロバブルの圧壊が集中して起こりナノバブルが生成される超音波圧壊場を形成するために前記液槽内へ超音波を照射する超音波圧壊部と、

この超音波圧壊部により生成されたナノバブルを含有するナノバブル含有液を、前記バブル含有液導出口を通して前記液槽外に取り出すナノバブル含有液導出部とを具備し、

前記超音波圧壊部が超音波を発振し得る超音波発振子を有し、

前記液槽が、前記超音波発振子を固定した外周タンクと、この外周タンクよりも内側に形成され前記バブル含有液導入口及びバブル含有液導出口を配する内周タンクとを有し、これら外周タンク及び内周タンクの間を超音波を前記内周タンクへ伝搬するための伝搬液を貯留する伝搬液貯留領域を形成しているナノバブル製造装置。

【請求項2】

前記バブル含有液導入口が前記液槽の平面視中央に配されたものであり、

前記超音波圧壊部が前記液槽の平面視中央に前記超音波圧壊場を形成するものである請求

項 1 に記載のナノバブル製造装置。

【請求項 3】

超音波の発振周波数を 20 KHz ~ 1.5 MHz としている請求項 1 または 2 に記載のナノバブル製造装置。

【請求項 4】

前記超音波圧壊部が前記超音波発振子を複数有している請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のナノバブル製造装置。

【請求項 5】

前記内周タンクが平面視円形状をなすものであり、複数の前記超音波発振子が前記内周タンクの中央へ向けて超音波を発振し得るように平面視放射状に配されている請求項 4 に記載のナノバブル製造装置。

10

【請求項 6】

複数の前記超音波発振子が、下方へ傾斜した方向に超音波を発振するように配されている請求項 4 または 5 に記載のナノバブル製造装置。

【請求項 7】

前記内周タンクを、大気とは遮断された密閉構造としている請求項 6 に記載のナノバブル製造装置。

【請求項 8】

前記マイクロバブル含有液供給部が、液体及び気体を混合させる気液混合器と、気液混合器により気体が混合された液体を前記マイクロバブル含有液とするマイクロバブル生成器と、前記マイクロバブル含有液が前記バブル含有液導入口へ吐出されるように作動するポンプとを有している請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のナノバブル製造装置。

20

【請求項 9】

前記気液混合器が、前記ポンプよりも液体の流れにおける上流側に設けられている請求項 8 記載のナノバブル製造装置。

【請求項 10】

前記気液混合器が、前記ポンプと前記マイクロバブル生成器との間に設けられている請求項 8 または 9 記載のナノバブル製造装置。

【請求項 11】

前記マイクロバブル生成器が、前記気液混合器を経た気泡含有液を螺旋状に旋回動作させる旋回部材と、この旋回部材を経た前記気泡含有液を突起に衝突させながら通過させる突起圧壊部材と、この突起圧壊部材を経た前記気泡含有液を一定時間対流させる畜養部材と、畜養部材を経た前記気泡含有液を発泡させて前記マイクロバブル含有液とする発泡部材とを有している請求項 8 ~ 10 のいずれか一項に記載のナノバブル製造装置。

30

【請求項 12】

前記マイクロバブル含有液供給部が、前記畜養部材内の液体を加圧する畜養加圧器を有している請求項 11 記載のナノバブル製造装置。

【請求項 13】

前記マイクロバブル生成器が、交換可能にモジュール化されたものである請求項 8 ~ 12 のいずれか一項に記載のナノバブル製造装置。

40

【請求項 14】

前記マイクロバブル生成器が、時間当たり通過させる液量が異なる複数のモジュールから任意の一のモジュールを選択して取り付け得るように構成している請求項 13 記載のナノバブル製造装置

【請求項 15】

前記マイクロバブル含有液供給部が前記液槽の上側から前記ポンプにより前記マイクロバブル生成器へ液体を抽出する液抽出路を有している請求項 8 ~ 14 のいずれか一項に記載のナノバブル製造装置。

【請求項 16】

前記液槽内の液体の温度を所定の温度範囲内に制御する液温制御部を有している請求項 1

50

～ 15 のいずれか一項に記載のナノバブル製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ナノバブル含有液を製造するナノバブル製造装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、マイクロ・ナノバブルが有する様々な効果がエコ環境活用技術として洗浄・殺菌効果の活用、有機合成への活用等様々な分野に活用することが検討され始めている。このため、その発生装置に於いても様々な方式が考案されている。例えば、特許文献1に記載されている旋回流方式を適用しているものや、特許文献2、特許文献3及び特許文献4に記載されている、加圧剪断方式を適用しているもの等、さまざまな手法が考案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2006-116365号公報

【特許文献2】特開2006-272232号公報

【特許文献3】特許第3762206号公報

【特許文献4】特許第4094633号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、いずれの方式ともナノバブルの微細均一化を可能とするものではなく、様々なバブル粒径が混在するため、バブルの保有電荷量やゼータ電位の違いによりバブル相互間に凝集作用が生じてバブル濃度を飛躍的に向上させることが困難であった。又、既発明考案によるナノバブル製造装置では、ほとんどの装置が加圧剪断方式のため、その圧力構造に耐えうるよう接液部にステンレス等の金属を使用せざるを得ない。一部の発明考案（旋回流方式）ではPVC等の樹脂を使用している例もあるが、その装置はマイクロ・ナノバブルを混在する発生装置であって、微細均一高濃度ナノバブル製造装置とはなっていないのが実情である。特に、ナノバブルレベルでのバブル粒径をホモジニアス（微細均一）化する技術は、既存技術では不可能であった。従って、従来技術においては、微細均一高濃度ナノバブルを発生させようとするれば必然的に高圧水環境下で剪断圧壊する必要があり、このため、酸化・還元反応の極めて高いオゾンや水素等のナノバブルがステンレスのオゾン腐食や水素脆性の発生などにより安全上や品質上からも大きな制約があった。

30

【0005】

また、微細なバブルは下記のYoung-Laplaceの式からも導かれる通りバブル内圧が高く、ナノバブルではいずれもバブルの内側に向かう力=内圧のため、より小さくなる傾向となることが判明している。

【0006】

$$P = 4 \gamma / D$$

40

（ P：圧力上昇変化、 γ ：表面張力、

D：バブル直径 100nm：30Atom、10nm：300Atom）

そしてバブル粒径が微細均一でない場合、バブル固有の保有電荷量、ゼータ電位が異なるため大きなバブルに微細なバブルが吸着し、バブルがより大きくなる傾向にあり、粒径の異なるバブルは、凝集作用が働き、より大きなバブルとなって浮上崩壊する結果、バブル寿命も短命で、酸化還元反応やウイルス等の殺滅菌作用等の再現性も大変低くなる欠点があった。

【0007】

本発明は、従来技術が包含している上記不具合に着目したものであり、微細で径が均一な高濃度ナノバブルを得ることができるナノバブル製造装置を提供することを目的として

50

いる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、このような目的を達成するために、次のような手段を講じたものである。

【0009】

すなわち本発明に係るナノバブル製造装置は、バブル含有液導入口及びバブル含有液導出口を配してなる液槽と、この液槽の前記バブル含有液導入口にマイクロバブルを含有するマイクロバブル含有液を供給するマイクロバブル含有液供給部と、前記バブル含有液導入口を通して前記液槽内に供給された前記マイクロバブル含有液が流れる箇所に超音波によるマイクロバブルの圧壊が集中して起こりナノバブルが生成される超音波圧壊場を形成するために前記液槽内へ超音波を照射する超音波圧壊部と、この超音波圧壊部により生成されたナノバブルを含有するナノバブル含有液を、前記バブル含有液導出口を通して前記液槽外に取り出すナノバブル含有液導出部とを具備し、前記超音波圧壊部が超音波を発振し得る超音波発振子を有し、前記液槽が、前記超音波発振子を固定した外周タンクと、この外周タンクよりも内側に形成され前記バブル含有液及びバブル含有液導出口を配する内周タンクとを有し、これら外周タンク及び内周タンクの間に超音波を前記内周タンクへ伝搬するための伝搬液を貯留する伝搬液貯留領域を形成していることを特徴とする。

10

【0010】

本発明は、本願発明者が、超音波によるマイクロバブルの圧壊が集中して起こりナノバブルが生成される超音波圧壊場を形成する点にはじめて想到することにより実現し得たものである。

20

【0011】

このようなものであれば、微細で径が均一な高濃度ナノバブルを得ることができるナノバブル製造装置を実現することが可能となる。

【0012】

前記液槽は、上部に前記バブル含有液導入口を配するとともに底部に前記バブル含有液導出口を配してなるものであることがある。この場合、前記超音波圧壊部は、前記バブル含有液導入口を通して前記液槽内に供給された前記マイクロバブル含有液が下方へ向けて流れる箇所に前記超音波圧壊場を形成するために前記液槽内へ超音波を照射する。

【0013】

また、より好適な超音波圧壊場を形成するための具体的な構成として、バブル含有液導入口が液槽の平面視中央に配されたものであり、超音波圧壊部が液槽の平面視中央に超音波圧壊場を形成するという態様を挙げることができる。

30

【0014】

ナノバブルをより好適に生成し得るためには、超音波の発振周波数を20KHz～1.5MHzとすることが望ましい。

【0015】

他方、本発明に係る液槽は勿論、上記外周タンク及び内周タンクを具備する構成に限られず、外周タンクのみの一重構造のものとし、伝搬液を使用しないものとしても良い。

【0016】

さらに効率良く超音波圧壊場を形成するためには超音波圧壊部が超音波発振子を複数有しているものであることが望ましい。

40

【0017】

また、液槽及び超音波圧壊部の具体的な構成として、内周タンクが平面視円形状をなすものであり、複数の超音波発振子が内周タンクの中央へ向けて超音波を発振し得るように平面視放射状に配されているものを挙げることができる。

【0018】

そして均一な径を有するナノバブル含有液をより効率良く得るためには、複数の超音波発振子が、下方へ傾斜した方向に超音波を発振するように配されているようにすることが望ましい。

50

【0019】

そして、ナノバブル含有液を構成する気体並びに液体の種類に依存することなく効率良くナノバブル含有液を得るためには、内周タンクを、大気とは遮断された密閉構造としておくことが望ましい。

【0020】

そして、効率よくナノバブル含有液を得るべく、ナノバブルを生成し易いマイクロバブル含有液を液槽に効率よく供給するためには、マイクロバブル含有液供給部が、液体及び気体を混合させる気液混合器と、気液混合器により気体が混合された液体をマイクロバブル含有液とするマイクロバブル生成器と、マイクロバブル含有液がバブル含有液導入口へ吐出されるように作動するポンプとを有しているものであることが望ましい。

10

【0021】

また、上述した気液気液混合器は、ポンプよりも液体の流れにおける上流側に設けられている態様であっても、ポンプとマイクロバブル生成器との間に設けられている態様であっても、効率よくナノバブル含有液を得ることができる。

【0022】

そしてマイクロバブル生成器の具体的な構成として、気液混合器を経た気泡含有液を螺旋状に旋回動作させる旋回部材と、この旋回部材を経た気泡含有液を突起に衝突させながら通過させる突起圧壊部材と、この突起圧壊部材を経た気泡含有液を一定時間対流させる畜養部材と、畜養部材を経た気泡含有液を発泡させてマイクロバブル含有液とする発泡部材とを有しているものを挙げることができる。

20

【0023】

さらに効率よくマイクロバブル含有液を得るためには、マイクロバブル含有液供給部が、畜養部材内の液体を加圧する畜養加圧器を有しているものであることが望ましい。

【0024】

また、所要量のナノバブル含有液を確実に得るための構成として、マイクロバブル生成器が、交換可能にモジュール化されたものであることが望ましい。

【0025】

特に使用者によるナノバブルの所要量の変更にも速やかに対応し得るようするためには、マイクロバブル生成器が、時間当たり通過させる液量が異なる複数のモジュールから任意の一のモジュールを選択して取り付け得るように構成しているものであることが好ましい。

30

【0026】

また、液槽に効率よくマイクロバブル含有液を供給するためには、マイクロバブル含有液供給部が、液槽の上側からポンプによりマイクロバブル生成器へ液体を抽出する液抽出路を有しているものであることが好ましい。

【0027】

そして、継続的な使用においてもナノバブル含有液の製造効率を高く維持しておくためには、液槽内の液体の温度を所定の温度範囲内に制御する液温制御部を有しているものであることが望ましい。

【0028】

40

上述した本発明は、中心ナノバブル粒径100nm前後以下（以下ホモジニアスナノバブルと呼称する。）

機械的に生成した0.2～2μm程度のマイクロバブルを超音波同時圧壊法によって、同時且つ連続的にナノバブル化することを特徴としているため、バブル粒径が揃っていることからバブル保有電荷量、ゼータ電位等バブルの物理的特性がほぼ同一となる。このため、バブル相互間に分散作用が働くことから、更なる高濃度化が達成でき、バブルの有する洗浄効果、殺菌効果等の再現性が極めて高くなり、高スループットを得ることが可能となる。しかも、接液部に塩化ビニル樹脂やPVDF、PTFE等のフッ素系樹脂を使用でき、樹脂溶接や接着構造などの採用により大気との気体接触のない完全密閉構造バブル発生システムが構築できるため、ガス種を選ばず、且つ原液の種類も選ばない安全なナノバ

50

ブル発生システムが構築できる。しかも、マイクロバブルの粒径幅を0.2~2 μ m程度に抑制しながら高濃度化を図り、更に超音波圧壊場によってこのバブルを同時圧壊させ、バブル粒径100nm前後以下且つナノバブル濃度3億個/ml以上を達成できる。このため、水酸基や水素基等のラジカル反応やナノバブルとParticle(微細なゴミ)やウイルス等との微粒子間相互作用による選択的吸着酸化脱離洗浄・殺菌効果を活用し、次亜塩素酸等の薬品を使用しない食品洗浄装置、有機合成装置、半導体洗浄装置、医療・治療器具等の殺菌・洗浄装置等への活用を可能とする高スループットを達成する。この達成により環境や人体等に優しいエコ常温殺・滅菌洗浄装置の実現が可能となる。併せて、オゾンナノバブルによる有機物分解、スケール分解や消臭効果を活用した配管・ボイラタンク等の洗浄や洗浄後の水素ナノバブルを活用した還元効果による赤錆を黒錆に転換し、

10

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば微細で径が均一な高濃度ナノバブルを得ることができるナノバブル製造装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の一実施形態に係る正面図。

【図2】同実施形態に係る機能ブロック図。

【図3】同実施形態に係る正面側から見た構成説明図。

20

【図4】同平面側から見た構成説明図。

【図5】同右側面側から見た構成説明図。

【図6】同実施形態に係るマイクロバブル発生部の構成図。

【図7】図6に係る要部拡大図。

【図8】同実施形態に係る超音波圧壊部の平面図。

【図9】図8のB-B線断面図に基づく要部の構成説明図。

【図10】同実施形態の変形例1に係る図2に対応した説明図。

【図11】同実施形態の変形例2に係る構成説明図。

【図12】同実施形態の変形例3に係る要部の模式的な平面図。

【図13】同実施形態の変形例4に係る図2に対応した説明図。

30

【図14】同変形例に係る図9に対応した説明図。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。

【0032】

本実施形態に係るナノバブル製造装置は、例えば純水を原液として用い、バブル化対象気体をオゾンとしたものである。すなわち、純水にオゾンによるナノバブルを含有させたナノバブル含有液を製造するためのものである。図1は、当該ナノバブル製造装置の外観を示している。当該ナノバブル製造装置は上部1aに当該装置のほぼ全ての構成要素を配置するとともに、下部1bにはバブル化対象気体であるオゾンが発生させるオゾン発生部6や、駆動原Eである電源装置を配置している。また筐体1の上部には、当該ナノバブル筐体1の外部に制御部0の操作パネル00を前面に露出させ、当該操作パネル00を介してユーザがこのナノバブル製造装置を任意に操作し得るようにしている。

40

【0033】

しかして本実施形態に係るナノバブル製造装置は、上部にバブル含有液導入口たる導入口21aを配するとともに底部にバブル含有液導出口たる導出口21bを配してなる液槽2と、この液槽2の導入口21aにマイクロバブルを含有するマイクロバブル含有液MBを供給するマイクロバブル含有液供給部3と、導入口21aを通して液槽2内に供給されたマイクロバブル含有液MBが下方へ向けて流れる箇所に超音波ssによるマイクロバブルの圧壊が集中して起こりナノバブルが生成される超音波圧壊場Xを形成するために液槽

50

2内へ超音波 s を照射する超音波圧壊部4と、この超音波圧壊部4により生成されたナノバブルを含有するナノバブル含有液NBを、導出口21bを通して液槽2外に取り出すナノバブル含有液導出部5とを具備することを特徴としている。

【0034】

<構成説明>

以下、当該ナノバブル製造装置の構成について説明する。図2～図9に示して説明する。図3～図5は主に、筐体1内における液槽2、マイクロバブル含有液供給部3及び超音波圧壊部4の配置を図示している。ナノバブル製造装置は、筐体1内においては図2に示すように、例えば純水といった原液を導入する原液導入部7と、この原液導入部7からの原液を貯留する液槽2と、液循環機構9を介して液槽2に接続しているマイクロバブル含有液供給部3と、このマイクロバブル含有液供給部3に接続しているオゾン発生部6と、液槽2に設けられた超音波圧壊部4と、液槽2内にて生成されたナノバブル含有液NBを取り出すためのナノバブル含有液導出部5と、原液とは別異に液槽2へ導入或いは液槽2から導出される伝搬液を案内するための伝搬液流路8とを具備している。そして当該ナノバブル製造装置内には各所にバルブV1～V4、V6、V7及びスイッチV5が配置されるとともに、これらバルブV1～V4、V6、V7及びスイッチV5は制御部0によりコントロールされる。また本実施形態では、マイクロバブル含有液供給部3が液槽2の上側からポンプ39によりマイクロバブル生成器32へ液体を抽出する液抽出路91が設けられている。そして当該液抽出路91と、マイクロバブル含有液供給部3と液槽2との間に介在する供給流路92とともに液体を循環させ得る液循環機構9を構成している。

【0035】

原液導入部7は、装置外にて生成された原液の一例としての純水を液槽2内に導入するためのものである。この原液導入部7には制御部0により開閉制御されるバルブV1が設けられている。

【0036】

ナノバブル含有液導出部5は、超音波圧壊部4により生成されたナノバブル含有液NBを、導出口21bを通して液槽2外、ひいては装置外部に取り出すためのものである。このナノバブル含有液導出部5には制御部0により開閉制御されるバルブV4が設けられている。

【0037】

オゾン発生部6は、オゾンを発生させるオゾン発生機61と、このオゾン発生機61からマイクロバブル含有液供給部3に至る流路上に設けられた圧力計62と流量計63と逆止弁64とを有している。オゾン発生機61は、バブル化対象であるオゾンを発生させるための既存装置を適用している。また当該ナノバブル製造装置は勿論、このオゾン発生機61に代えて既存の別異の機材を搭載することで、酸素、窒素、アンモニア、水素、或いは二酸化炭素といった他の気体を含有するナノバブル含有液NBを製造することも可能である。そしてこのオゾン発生部6には制御部0により開閉制御されるバルブV7が設けられている。

【0038】

液槽2は、図2、図8及び図9に示すように、外周タンク22及び内周タンク21を主体とした二層構造をなす。内周タンク21は平面視円形状をなし、大気とは遮断された密閉構造としている。この内周タンク21の上部にバブル含有液導入口たる導入口21a、原液供給部から原液が供給される原液供給口21c及び内周タンク21の上層(タンクの深さ方向に対して底面から3/4以上の上方部)にある液体を抜き出すための液抜出口21dが設けられている。内周タンク21の下部すなわち底面にはナノバブル含有液導出部5により装置外部へナノバブル含有液NBを導出する導出口21bが設けられている。外周タンク22は、例えばステンレスといった超音波 s を反射できる材質で構成された平面視六角形状をなす。外周タンク22は、上部に伝搬液を供給するための伝搬液供給口22aを有するとともに下部に伝搬液を排出するための伝搬液排出口22bを有している。そして外周タンク22及び内周タンク21の間に超音波 s を内周タンク21へ伝搬する

ための伝搬液を貯留する伝搬液貯留領域 2 2 c が形成される。

【 0 0 3 9 】

ここで内周タンク 2 1 の材質について詳述する。内周タンク 2 1 は塩化ビニル樹脂か P V D F 等のフッ素系樹脂など樹脂材料又は、石英で構成されることが望ましい。樹脂材料の場合には上部を樹脂溶接や接着などで完全密閉構造とする。石英の場合には、P T F E、バイトン等のシール材を介して密閉構造を採るものとする。その理由は、マイクロバブルの超音波圧壊時に発生する微量ガスを大気と接触させないための処置である。オゾンナノバブル発生時にはオゾンリークによる人体危険を防止するためであり、水素ナノバブルでは、水素と酸素の接触による爆発危険を防止するためである。しかも、この処置によってバブルによる有機合成反応対応でも、気中ガス成分の混入がないため、安定した有機合成反応を得ることが可能となる。

10

【 0 0 4 0 】

伝搬液流路 8 は、外周タンク 2 2 内に設けられた温度センサ T S 1 とともに液槽 2 内の液体の温度を所定の温度範囲内に制御する液温制御部として機能する。この伝搬液流路 8 は装置外部から外周タンク 2 2 の伝搬液供給口 2 2 a へと伝搬液を供給する伝搬液供給部 8 1 と、外周タンク 2 2 の伝搬液排出口 2 2 b から装置外部へ伝搬液を排出する伝搬液排出部 8 2 とを有している。伝搬液供給部 8 1 にはバルブ V 2 が、伝搬液排出部 8 2 にはバルブ V 3 が設けられ、これらバルブ V 2、V 3 はともに制御部 0 により制御される。

【 0 0 4 1 】

マイクロバブル含有液供給部 3 は、図 2、図 6 及び図 7 に示すように、液槽 2 のバブル含有液導入口に供給流路 9 2 を介してマイクロバブルを含有するマイクロバブル含有液 M B を供給するためのものである。マイクロバブル含有液供給部 3 は、液体及び気体を混合させる気液混合器 3 1 と、気液混合器 3 1 により気体が混合された気泡含有液をマイクロバブル含有液 M B とするマイクロバブル生成器 3 2 と、マイクロバブル含有液 M B が導入口 2 1 a へ吐出されるように作動するポンプ 3 9 とを有している。ポンプ 3 9 については既存のものを使用しているため、その詳細な説明を省略するが、ポンプ 3 9 として、例えばエア駆動型容積式ポンプを適用するが、マグネットポンプや軸流ポンプ等非容積式ポンプを適用しても良く、ポンプの種類を選ばない。

20

【 0 0 4 2 】

気液混合器 3 1 は、本実施形態では気液混合器 3 1 が、ポンプ 3 9 よりも液体の流れにおける上流側に設けられているポンプ 3 9 の液体取り入れ口近傍に気体取り入れ口を設け、ポンプ 3 9 の吸引力を利用して液体と同時に気体も吸引させポンプ 3 9 内で気液混合体たる気泡含有液を生じさせるようにしている。斯かる構成を適用している理由は、液体側の流れ方向に添うことで、気液混合を円滑にできるようにすることを目的としているからである。この位置が液体の流れ方向と逆らう場合には、液体の圧力変動を直接受けるため、気体の導入流量が一定せず、気液混合を円滑に行うことができないため、多量の気体が導入されポンプ 3 9 が空運転する場合や気体がほとんど入らずバブル発生が定量化しない現象が発生する。これに対して、本実施形態によれば、気体導入圧力が一定圧力で供給することのみで気体導入量が一定となり、安定した気体導入量を維持することが可能となる。

30

40

【 0 0 4 3 】

マイクロバブル生成器 3 2 は、気液混合器 3 1 を経た気泡含有液を螺旋状に旋回動作させる旋回部材 3 4 と、この旋回部材 3 4 を経た気泡含有液を突起 3 5 a に衝突させながら通過させる突起圧壊部材 3 5 と、この突起圧壊部材 3 5 を経た気泡含有液を一定時間対流させる畜養部材 3 6 と、畜養部材 3 6 を経た気泡含有液を発泡させてマイクロバブル含有液 M B とする発泡部材 3 7 とを有している。また本実施形態では、このマイクロバブル生成器 3 2 が、交換可能にモジュール化された構造をなす。詳述すれば、マイクロバブル生成器 3 2 は、時間当たり通過させる通過流量が異なる複数のモジュールから任意の1のモジュールを選択して取り付け得るように構成しているが、通過流量が異なる構成をなすマイクロバブル生成器 3 2 については後述する変形例において詳述する。

50

【 0 0 4 4 】

旋回部材 3 4 は、内部に螺旋状に形成された旋回面 3 4 a に沿って液体を流すものである。この旋回面 3 4 a は、少なくとも円軸方向に対して 1 . 5 回転以上の円軸回転が得られることが望ましい。気液混合器 3 1 によって液中に混入された気泡含有液に、ポンプ 3 9 の吐出圧力を利用して旋回流作用を加えることで、流速を加速することができる。円軸方向に対する回転数を上げれば流速は増大するが、その分圧力損失が増大するため、ポンプ 3 9 の揚程能力と必要とするバブル濃度から最適回転数は決定される。なお、当該旋回部材 3 4 は、特許文献 1 に示されているような液体のみを旋回させる旋回流ではなく、あくまでも気泡含有液の流速を加速する手段として用いることを特徴としている。このため、この部分でマイクロバブルを発生させるのではない。

10

【 0 0 4 5 】

突起圧壊部材 3 5 は、旋回部材 3 4 の後段に配置されるものである。突起圧壊部材 3 5 は、旋回部材 3 4 を通過した気泡含有液を突起 3 5 a により剪断圧壊することによりバブル濃度を向上させる役割を有する。この突起圧壊部材 3 5 は円柱構造をなし、円筒方向に対して垂直方向に多段の突起 3 5 a を設け、突起 3 5 a の先端がそれぞれ対向する方向に配置されたものであって、中心部分に突起 3 5 a が存在しない空洞である液流路になるようにしている。また突起 3 5 a は少なくとも 6 段以上の段数になっており、長手方向に 3 6 度以上の角度で交互に配置される。さらにこの突起圧壊部材 3 5 は旋回部材 3 4 と連続し一体的に構成されるものとしている。旋回部材 3 4 によって加速された気泡含有液はこの突起 3 5 a に当たりながら粉碎され気体がさらに微細化する。本実施形態では、樹脂溶接を用いた構成であるが、突起 3 5 a はねじ込み式で構成しても差し支えなく、突起 3 5 a の配置は同図の態様その他、9 0 度の角度位相をもって 4 方向に配置する態様、6 0 度の角度位相をもって 6 方向に配置する態様でも差し支えはない。また、本実施形態において各突起 3 5 a 間で 3 6 度角度位相を異ならせている理由は、突起 3 5 a が並行連続すると先端の突起 3 5 a では気泡含有液を剪断圧壊できるが、後段の突起 3 5 a では先端部分の陰に隠れてその機能を果たすことができないからである。このため、前後の突起 3 5 a の角度位相を異ならせることで、後段に位置付けた突起 3 5 a も均等に剪断圧壊させることができる。この配列構成により突起 3 5 a 後方に空間が得られることで、突起 3 5 a 後方に発生するカルマン流と流れ方向の流体衝突による剪断圧壊効果も得られる（突起 3 5 a 後方に発生するカルマン流については流体の力学 須藤 浩三他著 コロナ社版 P 1 9 6 に説明されている。）。

20

30

【 0 0 4 6 】

畜養部材 3 6 は、突起圧壊部材 3 5 を通過した液体である気泡含有液を一時的に貯留するためのものである。この畜養部材 3 6 は、例えばポンプ 3 9 の 1 分間当たりの吐出流量の 1 / 2 0 ~ 1 / 5 の貯留が可能な容器である。この畜養部材 3 6 は、突起圧壊部材 3 5 の下流側端部及び発泡部材 3 7 の上流側端部が収納されている。

【 0 0 4 7 】

発泡部材 3 7 は、特に図 7 に示すように、発泡部材 3 7 は、例えば複数のオフセット孔 3 7 a 1 を有するスリット板 3 7 a と、液体を加圧する円筒形状をなす再加圧部 3 7 b と、テーパ円錐構造をなすテーパ部 3 7 c とを有している。スリット板 3 7 a は、中心からオフセットさせた位置に、例えば正三角形をなすように 3 つのオフセット孔 3 7 a 1 を有している。またこのオフセット孔 3 7 a 1 は、液体の流路に対し所定角度傾斜し、拡散する方向に延出するよう穿たれている。再加圧部 3 7 b はオフセット孔 3 7 a 1 を通過した液体である気泡含有液を内部で加圧するためにオフセット孔 3 7 a 1 の開口面積よりも小さい開口面積で液体を流出させる流出口 3 7 b 2 と、この流出口 3 7 b 2 の周囲並びにスリット板 3 7 a の裏面側に位置する衝突壁 3 7 b 1 とを有している。テーパ部 3 7 c は、流出口 3 7 b 2 から例えば 1 5 度よりも小さい角度で円錐状に拡散するテーパ面 3 7 c 1 を有している。斯かる構成により、オフセット孔 3 7 a 1 を通過した液体は加圧されながら傾斜方向に流れて且つ前後の衝突壁 3 7 b 1 に衝突することにより気体がさらに圧壊される。そして流出口 3 7 b 2 を経た液体がテーパ部 3 7 c に至ると急速に減圧されるこ

40

50

とで、気泡含有液がマイクロバブル含有液MBになる。具体的に説明すると、再加圧部37b内の圧力は3MPa前後となっているがテーパ部37cでは1MPaとなり、急激に減圧されることから、発泡部材37を経た液体は均一なマイクロバブルを含有するマイクロバブル含有液MBとなる。

【0048】

とくにこの発泡部材37の急速な減圧により、既知技術では不可能とされたステンレス等を使用しないPVDf、PTFE、PVC等の樹脂でも微細且つ均一なマイクロバブルを得ることが可能となる。なお、既知ベンチュリー構造管では上述のような再加圧機能は得られない。

【0049】

しかして本実施形態では、マイクロバブル含有液供給部3は、上記の気液混合器31、マイクロバブル生成器32及びポンプ39に加え、畜養部材36内の圧力を一定圧力(0.8MPa~2MPa)程度に高めることで、バブル濃度を向上させる機能を担保するための畜養加圧器33を有している。この畜養加圧器33は、本発明に係るマイクロバブルを微細均一化するための最重要機能の一つであり、剪断圧壊したバブル核内の保有電荷量、ゼータ電位を均一にするため、一定時間滞留をさせること及び余剰気体による加圧圧縮効果を活用して、畜養部材36内の圧力を一定圧力(0.8MPa~2MPa)程度に高めることで、バブル濃度を向上させる機能を有する。これらの機能によって、ポンプ39が例えば低揚程能力である容積移送型ポンプ(エアー駆動型ペローズポンプ、同式ダイヤフラムポンプ等)でも微細均一化超高濃度マイクロバブルを発生させることが可能となり、しかも、非容積移送型ポンプ(マグネットポンプや軸流ポンプ等)では、揚程圧が高くなるため、さらなる濃度向上が可能となる。このため、この機能により、ポンプ39の種類を選ばないマイクロバブル含有液供給部3が実現される。なお当該畜養加圧器33により畜養部材36内で加圧された気泡含有液は発泡部材37の再加圧部37bにて再び加圧されている。

【0050】

超音波圧壊部4は、外周タンク22に取り付けられた複数の超音波発振子41を有する。本実施形態では、平面視六角形状をなす外周タンク22にそれぞれ放射状に6つの超音波発振子41を取り付けている。すなわちこの超音波発振子41は内周タンク21の中央へ向けて超音波ssを発振し得るように配置されている。そしてこの超音波圧壊部4による超音波ssの発振周波数を20kHz~1.5MHzとしている。具体的には、28kHz~1.5MHzの範囲としている。そしてこれら6つの超音波発振子41は、例えば15度程度下方へ傾斜した方向に超音波ssを発振するように配されている。

【0051】

<作用説明>

しかして本実施形態に係るナノバブル製造装置では、超音波圧壊部4の作動により内周タンク21の平面視中央において、バブル含有液導入口を通して液槽2内に供給されたマイクロバブル含有液MBが下方へ向けて流れる箇所に超音波ssによるマイクロバブルの圧壊が集中して起こりナノバブルが生成される超音波圧壊場Xが形成される。具体的に説明すると、超音波発振子41から伝搬された超音波エネルギーは外周タンク22のステンレス板等の壁面で反射し、その反射エネルギーも相まって内周タンク21内で超音波圧壊場Xを形成する構成となっている。換言すれば、超音波圧壊部4によって液槽2内の超音波ssは、角柱又は円柱状をなす中心部分すなわち超音波圧壊場X内に超音波ssを集中させてマイクロバブルの逃げ場をなくしながら圧壊する。これにより、ナノバブルを形成することを特徴とする。このため、超音波ssのエネルギーと周波数を適宜選択することで、中心粒径100nm前後以下且つバブル濃度3億個/ml以上の望ましいナノバブル含有液NBを得ることが可能となる。

【0052】

他方、従来も超音波で新たなナノバブルを得る技術としてはナノバブルの発生と機能に関する研究等があるが、濃度が低くナノバブルの寿命が短命で高濃度できないものであ

10

20

30

40

50

た（筑波大学大学院博士課程 システム情報工学研究科修士論文ナノバブルの発生と機能に関する研究 後藤 瑞希 2004年1月）。また、マイクロバブルから圧壊法でナノバブルを得る方法は特開2005-246293号公報、特開2011-218308号公報記載の技術が考案されている。しかしながら、前者では、単に超音波を当てることやオリフィス構造多孔板を用いて物理的刺激を与えること。電圧印加による物理的刺激を加えることのみであり、500nm以下のナノバブルはそれ以上微細化できないことをYoung-Laplaceの式を用いて説明をしている。さらに、特開2011-218308号公報等では、収容室の底面から上部に向かって超音波を印加する手法が考案されているが、この手法では超音波を印加する反対側方向にマイクロバブルやナノバブルがその振動エネルギーで移動するため、高濃度ナノバブルを生成することはできなかった。

10

【0053】

<動作説明>

以下、本実施形態に係るナノバブル製造装置の動作フローについて説明する。

【0054】

まず、筐体1に露出している操作パネル00によりユーザが動作開始指令を入力すると、バルブV2が開かれ、外周タンク22に伝搬液が供給される。そして図示しない水位センサが外周タンク22における伝搬液貯留領域22c内で伝搬液が一定量に至ることを検知するまで外周タンク22に伝搬液が供給され続ける。続いて伝搬液が一定量に至ることを検知すると、制御部0よりバルブV2閉の指令を出し、バルブV2が閉となって伝搬液の供給を停止する。そして内周タンク21内の図示しない水位センサにより内周タンク21内の液体が十分量に至っていないことを制御部0が確認すると、バルブV1を開にして、原液導入部7からの原液供給を開始する。内周タンク21内の液量が上限であると水位センサがセンシングするまで、この動作は継続する。つまり水位センサが内周タンク21に十分原液が貯留された旨を検知すると制御部0がバルブV1に対し閉指令を出し、原液供給は停止となる。

20

【0055】

しかる後、制御部0よりスイッチV5へ開指令を出され、ポンプ39が動作を開始する。なお本実施形態ではポンプ39として、例えばエア駆動式ポンプを適用するが、軸流式、マグネットポンプを適用する場合には、リレー等で電源をONにして電気ポンプへの電源供給が開始されるようにすれば良い。この時、バルブV6は、閉のまま一定時間維持される。このときバブル化対象気体たるオゾンは気液混合器31へは供給されずアイドリング運転が実行される。アイドリング時間の設定は、制御部0に予め適宜の時間に設定されている。そして設定されたアイドリング時間終了後、制御部0よりバルブV6へ開指令を出し、これによりオゾンが気液混合器31に供給される。供給されたオゾンは気液混合器31を経てポンプ39へ供給され、マイクロバブル生成器32を経て、マイクロバブル含有液MBを生成し、液槽2内において超音波圧壊部4によりナノバブル含有液NBに変換される。

30

【0056】

液槽2内では、内周タンク21の上部はマイクロバブル含有液MB、中層部はマイクロバブル・ナノバブル混在液MN、下層部分はナノバブル含有液NBの支配域となる。この動作の繰り返しにより、ナノバブルを下層域より高濃度化していくことが可能となる。すなわち運転中、液循環機構9により液体が内周タンク21とマイクロバブル含有液供給部3との間を循環していくことにより、内周タンク21内下層部分に生成されるナノバブル含有液NBのナノバブル濃度は逡増していく。

40

【0057】

そして内周タンク21下層部分に生成されたナノバブル含有液NBはユーザが操作パネル00を操作することによりバルブV4を開とすれば、ナノバブル含有液導出部5から所要量のナノバブル含有液NBを得ることができる。

【0058】

ここで、継続運転中、伝搬液貯留領域22cでは、伝搬液に対し連続的に超音波ssが

50

印加され続けると、徐々に伝搬液温が上昇する。この液温を温度センサT S 1がセンシングするようにしている。つまり、温度センサT S 1により伝搬液温がその設定温度に達した場合、制御部0がバルブV 3を開にして、一部の伝搬液を排出するとともにバルブV 2を開にして、伝搬液の一部を入れ替え、伝搬液温の温度上昇を抑制する。ここで供給される伝搬液は使用に適した温度範囲内にあることはいうまでもない。

【0059】

以上のようなものとする事により、本実施形態に係るナノバブル製造装置は、微細径が均一であり且つ高濃度のナノバブル含有液NBを得ることができる。具体的にはマイクロバブル含有液供給部3により200nm~2μm前後のマイクロバブル含有液MBを生成するとともに、このマイクロバブル含有液MBに対し図9に示した超音波圧壊場Xを形成しさらに圧壊することで、中心粒径100nm前後以下且つバブル濃度3億個/m³以上の達成ができるホモジニアスナノバブル製造装置を実現するものである。

10

【0060】

また、より好適な超音波圧壊場Xを形成するための具体的な構成として本実施形態では、導入口21aが液槽2の平面視中央に配し、超音波圧壊部4が液槽2の平面視中央に超音波圧壊場Xを形成する構成を適用している。

【0061】

そしてナノバブルをより好適に生成し得るために本実施形態では、超音波の発振周波数を20KHz~1.5MHzとしている。

【0062】

また、超音波圧壊部4からナノバブル含有液NBをより好適に得るための構成として本実施形態では、超音波圧壊部4が超音波を発振し得る超音波発振子41を有し、液槽2が、超音波発振子41を固定した外周タンク22と、この外周タンク22よりも内側に形成されバブル含有液及び導出口21bを配する内周タンク21とを有し、これら外周タンク22及び内周タンク21の間に超音波を内周タンク21へ伝搬するための伝搬液を貯留する伝搬液貯留領域22cを形成している態様を適用している。

20

【0063】

さらに効率良く超音波圧壊場Xを形成するために本実施形態では超音波圧壊部4が超音波発振子41を複数有しているものとしている。

【0064】

また、液槽2及び超音波圧壊部4の具体的な構成として本実施形態では、内周タンク21が平面視円形状をなすものであり、複数の超音波発振子41が内周タンク21の中央へ向けて超音波を発振し得るように平面視放射状に配されている構成を適用している。

30

【0065】

そして均一な径を有するナノバブル含有液NBをより効率良く得るために本実施形態では、複数の超音波発振子41を、下方へ傾斜した方向に超音波を発振するように配している。

【0066】

そして、ナノバブル含有液NBを構成する気体並びに液体の種類に依存することなく効率良くナノバブル含有液NBを得るために本実施形態では、内周タンク21を、大気とは遮断された密閉構造としている。

40

【0067】

そして、効率よくナノバブル含有液NBを得るべく、ナノバブルを生成し易いマイクロバブル含有液MBを液槽2に効率よく供給するために本実施形態では、マイクロバブル含有液供給部3が、液体及び気体を混合させる気液混合器31と、気液混合器31により気体が混合された液体をマイクロバブル含有液MBとするマイクロバブル生成器32と、マイクロバブル含有液MBが導入口21aへ吐出されるように作動するポンプ39とを有している態様を採用している。

【0068】

そしてより性能が高いマイクロバブル生成器32を実現するための具体的な構成として

50

本実施形態では、マイクロバブル生成器 3 2 が、気液混合器 3 1 を経た気泡含有液を螺旋状に旋回動作させる旋回部材 3 4 と、この旋回部材 3 4 を経た気泡含有液を突起 3 5 a に衝突させながら通過させる突起圧壊部材 3 5 と、この突起圧壊部材 3 5 を経た気泡含有液を一定時間対流させる畜養部材 3 6 と、畜養部材 3 6 を経た気泡含有液を発泡させてマイクロバブル含有液 M B とする発泡部材 3 7 とを有している構成を適用している。

【 0 0 6 9 】

特に本実施形態では、効率よくマイクロバブル含有液 M B を得るために、マイクロバブル含有液供給部 3 が、畜養部材 3 6 内の液体を加圧する畜養加圧器 3 3 を設けている。

【 0 0 7 0 】

また、液槽 2 に効率よくマイクロバブル含有液 M B を供給するために本実施形態では、
10
マイクロバブル含有液供給部 3 が、液槽 2 の上側からポンプ 3 9 によりマイクロバブル生成器 3 2 へ液体を抽出する液抽出路 9 1 を設けて液循環機構 9 を構成し、内周タンク 2 1 の下部に高濃度ナノバブル含有液 N B を生成し得るものとしている。内周タンク 2 1 の実液残量の深さ方向で、底面より 3 / 4 以上であれば、マイクロバブル支配域となるため、ナノバブルをポンプ 3 9 側へ排出することもなく、ナノバブルを高濃度化できる。つまり本実施形態では、マイクロバブル支配域である内周タンク 2 1 上部から液体を抜き出してポンプ 3 9 側へ環流させることで既に内周タンク 2 1 内に存在するナノバブルをポンプ 3 9 側へ排出させることなく、マイクロバブルのみをポンプ 3 9 側へ排出させるため、ナノバブルの有する分散効果によって更なるナノバブルの高濃度化が実現されている。

【 0 0 7 1 】

これら本実施形態に係る各構成による相乗効果により、結果として粒径 1 0 0 n m 前後以下であり、且つ 3 億個 / m l 以上に高濃度化されたナノバブル含有液 N B をユーザは安定して得ることができる。

【 0 0 7 2 】

そして、継続的な使用においてもナノバブル含有液 N B の製造効率を高く維持しておくために本実施形態では、伝搬液を適宜入れ替えることにより液槽 2 内の液体の温度を所定の温度範囲内に制御するようにしている。

【 0 0 7 3 】

なお本発明とは異なり、タンクを用いてナノバブルの高濃度化を図る場合、特開 2 0 0 5 - 2 4 6 2 9 3 等では、循環ポンプとオリフィス等の多孔板を用いて、循環させ物理的
30
刺激を与える手法や超音波圧壊を使用しながらナノバブルを微細気泡発生装置に環流させ高濃度化を図る手法が考案されている。しかしながら、これらの手法では、マイクロバブルを一定限度ナノバブル化はできるものの、粒径 1 0 0 n m 以下のナノバブルを高濃度に生成することはできないことが明細書中に記述されており、特に、ナノバブルを微細気泡発生装置側に環流させるとバブル粒径の違いによる保有電荷量とゼータ電位の違いによりバブル凝集現象が生じること及びタンク内のナノバブルを排出するため、更なる高濃度化を得ることができない。特許第 3 7 6 2 2 0 6 号公報、同 4 0 9 4 6 3 3 号公報についても上記同様である。

【 0 0 7 4 】

< 変形例 1 >

以下、本実施形態の各変形例について説明する。以下の各変形例について、上記実施形態の構成要素に相当するものに対しては同じ符号を付すとともに、その詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

当該変形例 1 は上記実施形態の図 2 における A 部の構成を、図 1 0 の如く変更したものである。つまり、本変形例は、ポンプ 3 9 の吐出部後段側に気液混合器 3 1 を配置して気泡含有液を形成し、この気泡含有液をマイクロバブル生成器 3 2 の旋回部材 3 4 へ導入することでマイクロバブル含有液 M B を生成するものである。当該図 1 0 に示すように、気液混合器 3 1 が、ポンプ 3 9 とマイクロバブル生成器 3 2 との間に設けられているものであっても上記実施形態同様の効果を得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

なお図示しないが、旋回部材 3 4 の構成を変更し、旋回部材 3 4 の中段部分から気体を導入する態様としても良い。つまり旋回部材 3 4 が気液混合器 3 1 の構成を兼ねる態様としても、同様の効果を奏し得る。

【 0 0 7 7 】

< 変形例 2 >

上記実施形態においてはマイクロバブル生成器 3 2 を、交換可能にモジュール化されたものである態様、具体的にはマイクロバブル生成器 3 2が、時間当たりには通過させる液量が異なる複数のモジュールから任意のモジュールを選択して取り付け得る構成を開示したが、上記図 6 に示したマイクロバブル生成器 3 2 に代えて、図 1 1 に示すようなマイクロバブル生成器 3 2 を適用することができる。

10

【 0 0 7 8 】

すなわち同図に示すマイクロバブル生成器 3 2 は、上記実施形態のものよりも単位時間当たりのマイクロバブル含有液 M B の生成量を増大させたい場合に使用する。このように、上記実施形態のものよりも容量が大きな共通の畜養部材 3 6 に対し、旋回部材 3 4、突起圧壊部材 3 5 及び発泡部材 3 7 を複数組接続するとともに、上流側及び下流側で流路を合流させる形状とすることで、図 6 に示したものと選択的に交換し得るようにしたものである。また図 1 1 では複数の旋回部材 3 4、突起圧壊部材 3 5 及び発泡部材 3 7 を直線状に並列させて図示したが勿論、筐体 1 内のスペースの有効利用に資するべく束状に配置しても良い。

20

【 0 0 7 9 】

< 変形例 3 >

上記実施形態では平面視六角形状をなす外周タンク 2 2 を有する液槽 2 及び当該液槽 2 に対し 6 つの超音波発振子 4 1 を適用した超音波圧壊部 4 を適用した態様を開示したが、図 1 2 に示す態様のものであっても良い。

【 0 0 8 0 】

図 1 2 に示すように、液槽 2 は上記実施形態同様 2 重構造であるものの外周タンク 2 2、内周タンク 2 1 とともに平面視矩形形状をなしている。そして外周タンク 2 2 の対抗軸 2 軸に配置された対をなす超音波発振子 4 1 を有する超音波圧壊部 4 を有する。斯かる構成のものは超音波 s s による振動エネルギーを、伝搬液を介して内周タンク 2 1 内へ伝搬し、内周タンク 2 1 内で超音波圧壊場 X を形成する構造である点は上記実施形態同様である。

30

【 0 0 8 1 】

同図では超音波発振子 4 1 から伝搬された超音波 s s は外周タンク 2 2 部の壁面で反射し、その反射超音波 r w と超音波 s s との波形の重なりにより内周タンク 2 1 内で超音波圧壊場 X を形成する構成となっている。すなわちこの構成は少なくとも X 軸、Y 軸の 2 軸に超音波発振子 4 1 を配置したことを特徴とするものである。斯かる構成であっても上記実施形態同様、超音波の反射や照射により、角柱又は円柱形状をなす超音波圧壊場 X を形成できる。

【 0 0 8 2 】

なお上記構成に対し、既知技術である特開 2 0 0 5 - 2 4 6 2 9 3 号公報、特開 2 0 1 1 - 2 1 8 3 0 8 号公報による超音波印加によるマイクロバブル状態はいずれも超音波エネルギーの印加によって印加方向にマイクロバブルが移動する結果、気液界面に浮上して崩壊するため、ナノバブル濃度が飛躍的に向上することはない。

40

【 0 0 8 3 】

< 変形例 4 >

さらに、上記実施形態では液循環機構 9 を設ける事により、液槽 2 ・マイクロバブル含有液供給部 3 間で液体を循環させる、所謂循環タイプのナノバブル製造装置を開示したが、本変形例の通り、原液供給部 7 からナノバブル含有液導出部 5 までを単一の通路上に順に、マイクロバブル含有液供給部 3、供給流路 9 2、液槽 2、超音波圧壊部 4 を設けた、所謂ワンパス式のナノバブル製造装置を構成しても良い。

50

【 0 0 8 4 】

同変形例に示すナノバブル製造装置は図 1 3 に示す通り、原液導入部 7 が液槽には接続せず、マイクロバブル含有液供給部 3 の気液混合器 3 1 へ、バルブ V 1 を設けながら直接接続している。そして図 1 4 に示すように、液槽 2 には上記実施形態とは異なり、内周タンク 2 1 側に原液導入口 2 1 c 及び液抜出口 2 1 d を設けず、導入口 2 1 a 及び導出口 2 1 b のみを設けた構成としている。

【 0 0 8 5 】

このようなものであっても、上記実施形態同様の効果、すなわち所要の濃度のナノバブルを含むナノバブル含有液 NB を安定して得ることができる。

【 0 0 8 6 】

以上、本発明の実施形態及び各変形例について説明したが、各部の具体的な構成は、上述した実施形態のみに限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【 0 0 8 7 】

例えば、上記実施形態では内周タンクから直接的にナノバブル含有液を取り出す態様を開示したが、勿論、内周タンクよりも下流側に、ナノバブル含有液のみを貯留しておくための別異のタンクを設けたしたものであってもよい。また上記実施形態では液槽は、外周タンク及び内周タンクを具備する二重構造としたが勿論、斯かる構成に限られず、外周タンクのみの一重構造のものとして外周タンク内で直接超音波圧壊場を生成する態様、換言すれば伝搬液を使用しない態様としても良い。またポンプや超音波発振子の具体的な態様は上記実施形態のものに限定されることはなく、既存のものを含め、種々の態様のものを適用することができる。

【 0 0 8 8 】

その他、各部の具体的な構成についても上記実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 8 9 】

本発明はナノバブル含有液を製造するナノバブル製造装置として利用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 0 】

- 2 ... 液槽
- 2 1 ... 内周タンク
- 2 1 a ... バブル含有液導入口 (導入口)
- 2 1 b ... バブル含有液導出口 (導出口)
- 2 2 ... 外周タンク
- 2 2 c ... 伝搬液貯留領域
- 3 ... マイクロバブル含有液供給部
- 3 1 ... 気液混合器
- 3 2 ... マイクロバブル生成器
- 3 3 ... 畜養加圧器
- 3 4 旋回部材
- 3 5 ... 突起圧壊部材
- 3 6 ... 畜養部材
- 3 7 ... 発泡部材
- 3 9 ... ポンプ
- 4 ... 超音波圧壊部
- 4 1 ... 超音波発振子
- 5 ... ナノバブル含有液導出部
- MB ... マイクロバブル含有液

10

20

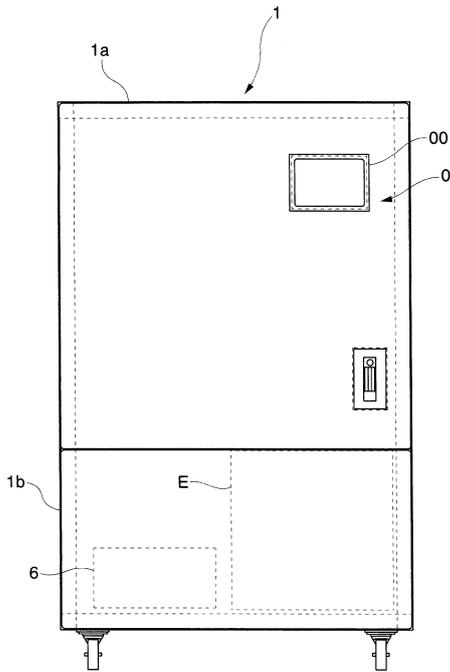
30

40

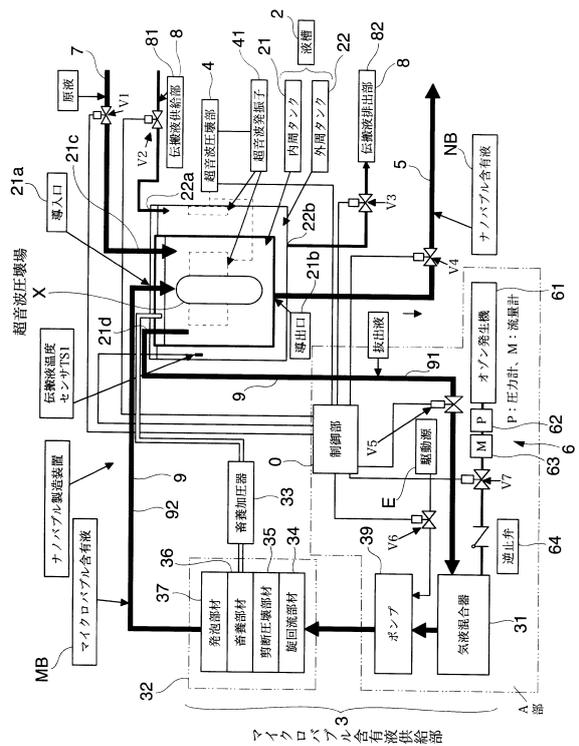
50

N B ... ナノバブル含有液
X ... 超音波圧壊場

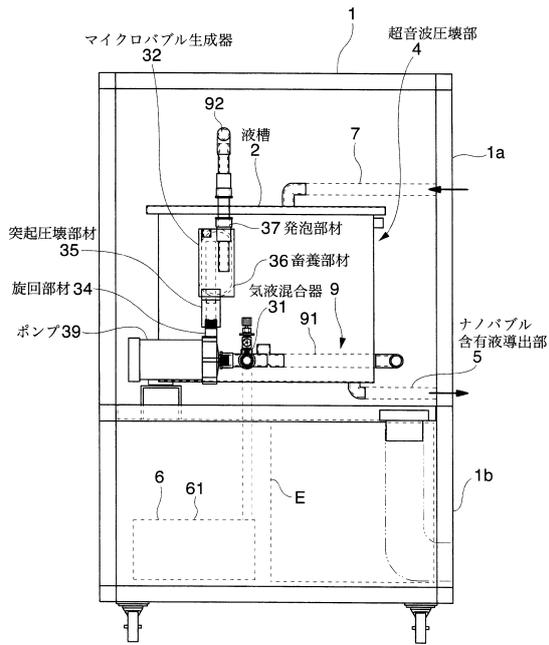
【図 1】



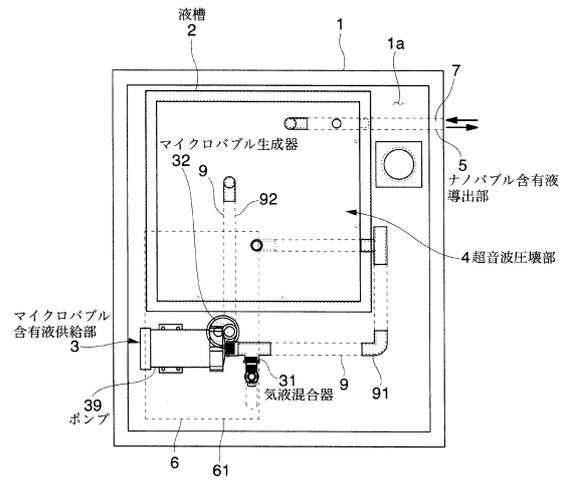
【図 2】



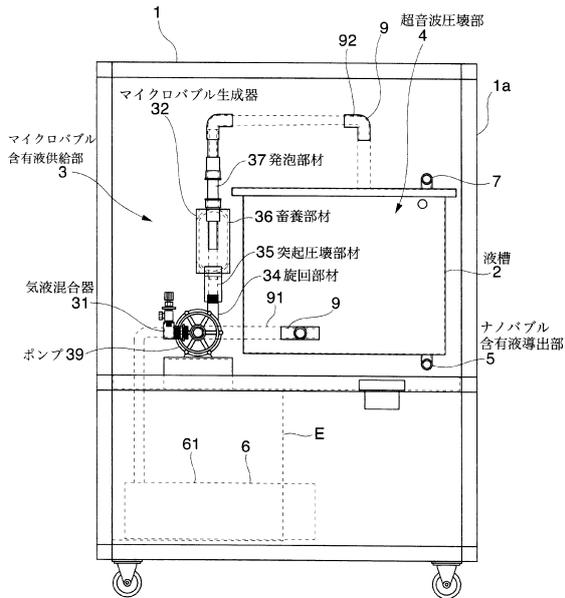
【図3】



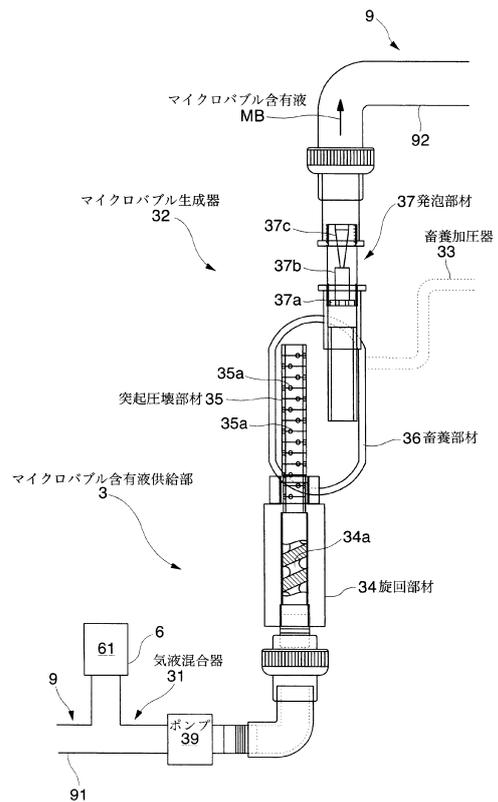
【図4】



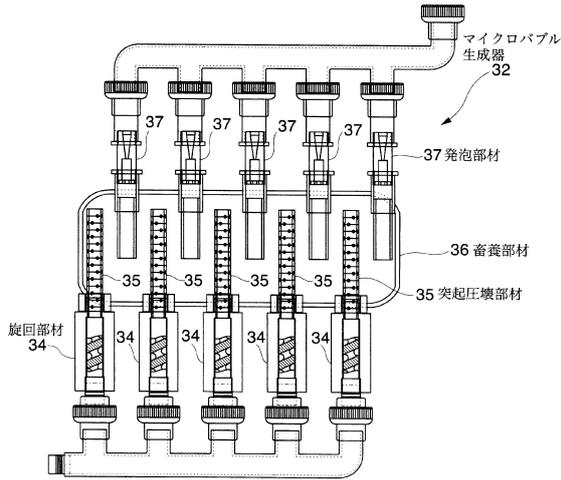
【図5】



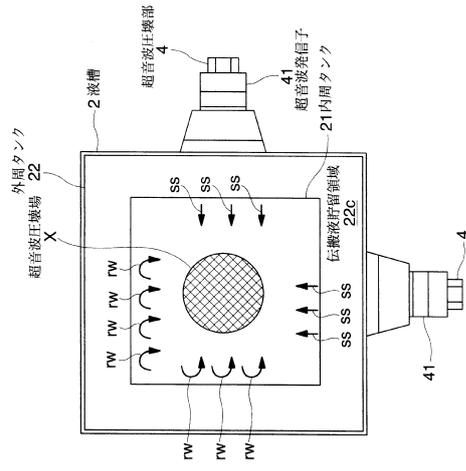
【図6】



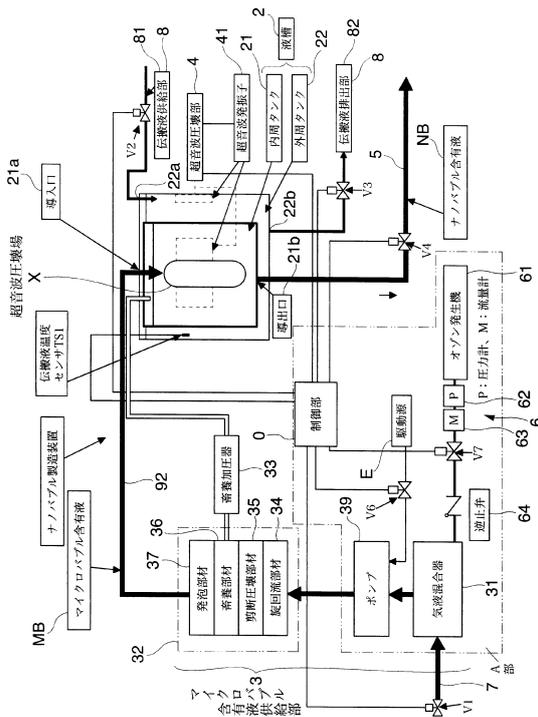
【図11】



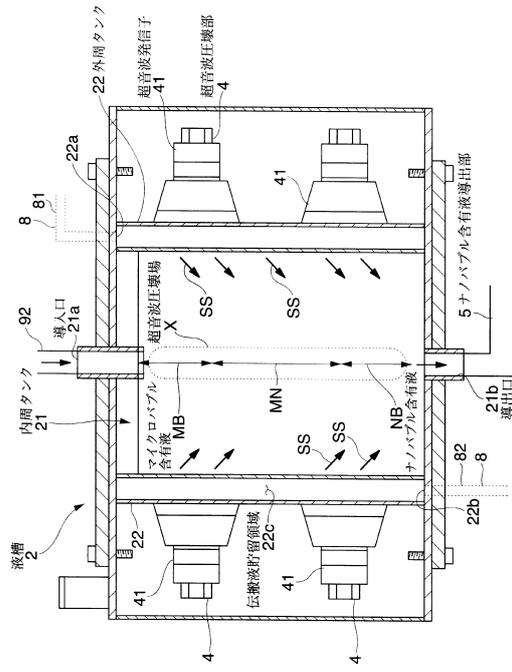
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
B 0 1 F 5/06 (2006.01) B 0 1 F 5/02 Z
B 0 1 F 5/00 D
B 0 1 F 5/06

(56) 参考文献 特開 2 0 0 6 - 2 8 9 1 8 3 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 2 1 8 3 0 8 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 9 6 1 8 3 (J P , A)
特許第 3 7 6 2 2 0 6 (J P , B 2)
特開 2 0 0 6 - 1 3 6 7 7 7 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 3 6 2 5 5 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 1 3 4 5 5 1 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 3 / 0 8 8 6 6 8 (W O , A 1)

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , DB 名)
B 0 1 F 3 / 0 4
B 0 1 F 5 / 0 0
B 0 1 F 5 / 0 2
B 0 1 F 1 1 / 0 2
B 0 1 F 1 5 / 0 6