

明 細 書

発明の名称：

ウルトラファインバブル製造器及びウルトラファインバブル水製造装置 技術分野

[0001] 本発明は、液体中に気体のウルトラファインバブルを形成するウルトラファインバブル製造器と、これを用いたウルトラファインバブル水製造装置に関する。

背景技術

[0002] ウルトラファインバブルは、径が $1\ \mu\text{m}$ 以下の気泡であり、可視光の波長よりも小さいため、液体中に形成されても視認できない。また、ウルトラファインバブルは、径が $1\ \mu\text{m}$ を超える気泡であるマイクロバブルと比較して、浮上速度が小さく、液体中に長時間滞在することができる。更に、ウルトラファインバブルは、マイクロバブルと比較して表面積が大きく、自己加圧効果を有し、マイナス電荷の帯電作用を有する。これらのような特徴を利用して、農業、工業、水産業等の種々の分野において、様々な目的のために、ウルトラファインバブルが活用されている。

[0003] このようなウルトラファインバブルを製造する製造装置として、従来、直径が $10\sim50\ \mu\text{m}$ 程度のマイクロバブルに超音波を照射し、マイクロバブルを圧壊して微細化することによりウルトラファインバブルを製造するものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] 特許文献1に記載されたウルトラファインバブル製造装置は、バブル発生部でマイクロバブル含有水が製造され、このマイクロバブル含有水が貯留部に一旦貯留される。貯留部に貯留されたマイクロバブル含有水は、静置されることにより、この貯留部の下部に径の小さいバブルが集められる。この径の小さいマイクロバブル含有水が貯留部の下部から取り出され、圧壊部に導かれて、この圧壊部で超音波が照射される。超音波が照射されたマイクロバブルは圧壊し、微細化され、ウルトラファインバブルが製造される。超音波

は、圧壊部を形成する通路の一方の側面に設けられた超音波発生部から、この通路を流れるマイクロバブル含有水に照射されるようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2014-200762号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載のウルトラファインバブル製造装置は、超音波発生部と、この超音波発生部のための電源装置と制御装置が必要であるので、装置構成が複雑であり、装置が比較的大型かつ高価になる不都合がある。また、圧壊部では、通路を流れるマイクロバブル含有水に一方の側から照射した超音波でバブルを圧壊してウルトラファインバブルを製造するので、ウルトラファインバブルの製造効率が比較的低く、また、ウルトラファインバブルの径が均一になり難いという問題がある。また、貯留部にマイクロバブル含有水を静置して径の小さいバブルを貯留部の下部に集める工程と、貯留部の下部からマイクロバブル含有水を取り出す工程は、いずれも連続して実行できず、バッチ工程になる。したがって、ウルトラファインバブルの製造が断続的になり、製造効率が低いという問題がある。

[0007] そこで、本発明の課題は、装置構成の比較的簡易なウルトラファインバブル製造器及びウルトラファインバブル水製造装置を提供することにある。また、ウルトラファインバブルの製造効率が比較的高く、均一な径のウルトラファインバブルを作製できるウルトラファインバブル製造器及びウルトラファインバブル水製造装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するため、本発明のウルトラファインバブル製造器は、水中に含有された気体のウルトラファインバブルを製造するためのウルトラファインバブル製造器であって、

円形断面を有するケーシングと、

上記ケーシングの一端に接続され、上記ケーシングと同軸上に延在し、水と気体の混合流体を供給する供給管と、

上記ケーシング内に少なくとも一部が収容され、上記供給管からケーシング内に供給された上記混合流体の旋回流を形成する複数の旋回流形成部を含み、これらの旋回流形成部で形成された旋回流を互いに衝突させて、上記混合流体の気体を微細化してウルトラファインバブル水を生成する微細化ブロックと、

上記ケーシングの他端側に配置され、上記微細化ブロックで生成されたウルトラファインバブル水を上記ケーシングの外に排出する排出管と

を備えることを特徴としている。

[0009] 上記構成によれば、ケーシングと、供給管と、排出管と、上記ケーシング内に収容された微細化ブロックとで構成されたウルトラファインバブル製造器は、容易に小型化が可能である。また、このウルトラファインバブル製造器の微細化ブロックは、混合流体の旋回流を形成する複数の旋回流形成部を含み、これらの旋回流形成部で形成された旋回流を互いに衝突させて、混合流体の気体を微細化してウルトラファインバブル水を生成するように構成される。したがって、超音波発生部等を用いることなく、少ない部品構成でウルトラファインバブル水を作製できるので、ウルトラファインバブル製造器を比較的小型にでき、また、安価に作製できる。また、微細化ブロックにおいて、複数の旋回流形成部で旋回流を形成する工程と、複数の旋回流を互いに衝突させて混合流体の気体を微細化する工程は、連続的に行うことができる。したがって、バッチ工程を行う従来の装置よりも、効率的にウルトラファインバブルを製造できる。また、複数の旋回流を互いに衝突させて混合流体の気体を微細化することにより、従来よりも均一な径のウルトラファインバブルを効率的に製造できる。

[0010] 一実施形態のウルトラファインバブル製造器は、上記微細化ブロックが、上記ケーシングと同軸の旋回軸回りに混合流体の旋回流を形成する上記旋回

流形成部としての第1旋回室と、この第1旋回室よりも上記供給管から遠い側に形成され、上記ケーシングと同軸の旋回軸回りに、上記第1旋回室で形成される旋回流と反対向きに旋回する混合流体の旋回流を形成する上記旋回流形成部としての第2旋回室と、上記第1旋回室で形成された混合流体の旋回流と上記第2旋回室で形成された混合流体の旋回流とを衝突させる衝突室と、この衝突室で混合流体の旋回流が衝突してなるウルトラファインバブル水を排出管側に導く排出通路とを含み、

上記排出管は、上記排出通路に連通するように上記微細化ブロックに連結され、上記微細化ブロックを上記ケーシング内に支持している。

[0011] 上記実施形態によれば、ケーシング内の微細化ブロックが、上記ケーシングと同軸の旋回軸回りに混合流体の旋回流を形成する第1旋回室と、この第1旋回室よりも上記供給管から遠い側に形成され、上記ケーシングと同軸の旋回軸回りに、上記第1旋回室で形成される旋回流と反対向きに旋回する混合流体の旋回流を形成する第2旋回室と、上記第1旋回室で形成された混合流体の旋回流と上記第2旋回室で形成された混合流体の旋回流とを衝突させる衝突室と、この衝突室で混合流体の旋回流が衝突してなるウルトラファインバブル水を排出管側に導く排出通路とを含んで形成されるので、ウルトラファインバブル製造器を小型にできる。また、上記排出管は、上記微細化ブロックの排出通路に連通するように上記微細化ブロックに連結され、この微細化ブロックを上記ケーシング内に支持するので、簡易な構造でケーシング内に微細化ブロックを収容できる。

[0012] 一実施形態のウルトラファインバブル製造器は、上記微細化ブロックが、上記第1旋回室と、この第1旋回室の一端側へケーシング内の混合流体を第1旋回室の接線方向に導入する第1導入路と、上記第1旋回室の他端に形成されて旋回流を吐出する第1吐出孔とを有する第1ブロック部品と、

上記第1ブロック部品に結合され、上記第2旋回室と、この第2旋回室の一端側へケーシング内の混合流体を第2旋回室の接線方向に導入する第2導入路と、上記第2旋回室の他端に形成されて上記第1ブロック部品の第1吐

出孔と対向して旋回流を吐出する第2吐出孔と、上記第1ブロック部品に結合されて第1ブロック部品との間に形成される衝突室に面する衝突室表面と、この衝突室表面に形成され、上記衝突室のウルトラファインバブル水を上記排出通路に流入させる流入口と、上記第1ブロック部品が連結された側と反対側の端面に形成され、上記排出通路を流れたウルトラファインバブル水を排出する排出口とを有する第2ブロック部品とを含んで形成されている。

[0013] 上記実施形態によれば、微細化ブロックが、第1ブロック部品と第2ブロック部品が結合されて形成される。上記第1ブロック部品は、第1旋回室と、この第1旋回室の一端側ヘケシング内の混合流体を第1旋回室の接線方向に導入する第1導入路と、上記第1旋回室の他端に形成されて旋回流を吐出する第1吐出孔とを有する。また、上記第2ブロック部品は、第2旋回室と、この第2旋回室の一端側ヘケシング内の混合流体を第2旋回室の接線方向に導入する第2導入路と、上記第2旋回室の他端に形成されて上記第1ブロック部品の第1吐出孔と対向して旋回流を吐出する第2吐出孔とを有する。更に、上記第2ブロック部品が、上記第1ブロック部品に結合されて第1ブロック部品との間に形成される衝突室に面する衝突室表面と、この衝突室表面に形成された流入口と上記第1ブロック部品が連結された側と反対側の端面に形成された排出口との間に延在する排出通路とを有する。このように形成された第1ブロック部品と第2ブロック部品により、小型の微細化ブロックを構成することができる。

[0014] 一実施形態のウルトラファインバブル製造器は、上記第1導入路と第2導入路は、上記微細化ブロックの軸直角面に対して傾斜して形成されている。

[0015] 上記実施形態によれば、微細化ブロックの軸直角面に対して傾斜した第1導入路を通して混合流体を第1旋回室に導入することにより、第1旋回室内に、第1吐出孔に向かって旋回する旋回流を効果的に生成することができる。また、微細化ブロックの軸直角面に対して傾斜した第2導入路を通して混合流体を第2旋回室に導入することにより、第2旋回室内に、第2吐出孔に

向かって旋回する旋回流を効果的に生成することができる。これにより、第1旋回室の第1吐出口と第2旋回室の第2吐出口との間に位置する衝突室で、第1旋回室からの旋回流と、第2旋回室からの旋回流を、強く衝突させることができ、その結果、各旋回流に含まれる気体のバブルを効果的に微細化して、気体のウルトラファインバブルを効率的に製造することができる。

[0016] 一実施形態のウルトラファインバブル製造器は、上記微細化ブロックが、上記ケーシングと同軸方向に形成されて上記混合流体が導かれる処理流路と、この処理流路の上流端に上記混合流体を中心軸の偏心方向に導入して旋回流を形成する上記旋回流形成部としての第1偏心供給路と、上記処理流路の上記第1偏心供給路よりも下流側に上記混合流体を中心軸の上記第1偏心供給路と反対向きの偏心方向に導入し、上記第1偏心供給路で形成された旋回流に反対向きの旋回流を生成して衝突させる上記旋回流形成部としての第2偏心供給路とを含み、

上記排出管は、上記微細化ブロックの処理流路の下流端に連結されている。

[0017] 上記実施形態によれば、微細化ブロックが、ケーシングと同軸方向に形成されて上記混合流体が導かれる処理流路を含む。この処理流路の上流端に、混合流体を中心軸の偏心方向に導入して旋回流を形成する旋回流形成部としての第1偏心供給路が連通している。上記処理流路の上記第1偏心供給路よりも下流側に、混合流体を中心軸の上記第1偏心供給路と反対向きの偏心方向に導入する旋回流形成部としての第2偏心供給路が連通している。この第2偏心供給路により、上記第1偏心供給路で形成された旋回流に反対向きの旋回流を生成して衝突させることにより、混合流体に含まれる気体のバブルを効果的に微細化して、気体のウルトラファインバブルが生成される。このように、微細化ブロックが、処理流路と、第1偏心供給路と、第2偏心供給路を含んで構成されるので、ウルトラファインバブル製造器を小型にできる。

[0018] 本発明の他の側面によれば、上記ウルトラファインバブル製造器を用いて

形成されたウルトラファインバブル水製造装置であって、

原料水を圧送する第1ポンプと、

上記第1ポンプから圧送された原料水に気体を混合して混合流体を形成する混合器と、

上記混合器の下流側に設けられた第2ポンプと、

上記第2ポンプの下流側で混合流体を2つの経路に分岐する分岐部と、

上記分岐部に接続され、流量調整弁と、第1の上記ウルトラファインバブル製造器とが介設され、この第1ウルトラファインバブル製造器で製造された気体のウルトラファインバブルを含有する水を上記混合器と第2ポンプの間に戻す戻し経路と、

上記分岐部に接続され、第2の上記ウルトラファインバブル製造器が介設され、この第2ウルトラファインバブル製造器で製造された気体のウルトラファインバブルを含有する水を排出する排出経路とを備えることを特徴としている。

[0019] 上記構成によれば、原料水が第1ポンプで圧送され、混合器によって原料水に気体が混合される。この混合器の下流側の第2ポンプにより圧送された混合流体が、分岐部で2つの経路に分かれる。分岐部に接続された戻し経路では、流量調整弁が開いているとき、第2ポンプから圧送された混合流体の一部が第1ウルトラファインバブル製造器に導かれ、混合流体中の気体が微細化されてウルトラファインバブルが形成される。この気体のウルトラファインバブルを含有する水は、混合器と第2ポンプの間に戻され、混合器からの混合流体と合流して第2ポンプに吸引される。一方、分岐部に接続された排出経路では、第2ポンプから圧送された混合流体の一部が第2ウルトラファインバブル製造器に導かれ、混合流体中の気体が微細化されてウルトラファインバブルが形成される。この気体のウルトラファインバブルを含有する水は、排出経路の下流側から排出され、所望の目的に供される。また、戻し経路の流量調整弁が閉じているとき、第2ポンプから圧送された混合流体の全部が第2ウルトラファインバブル製造器に導かれ、気体のウルトラファイ

ンバブルが形成され、この気体のウルトラファインバブルを含有する水が排出経路を通じて排出される。流量調整弁の開度を調整することにより、第1ウルトラファインバブル製造器で形成されて第2ポンプに戻される気体のウルトラファインバブルを含む水の量を調整できる。したがって、排出経路から排出される水における気体のウルトラファインバブルの粒径や濃度を、効果的に調整することができる。

[0020] 一実施形態のウルトラファインバブル水製造装置は、上記ウルトラファインバブル製造器を用いて形成されたウルトラファインバブル水製造装置であって、

気体が原料水に混合されてなる混合流体を圧送する第1ポンプと、

上記第1ポンプの吐出側と吸入側との間に接続され、上記第1ポンプから吐出された混合流体に気体を混合して上記第1ポンプの吸入側に戻す混合器と、

上記第1ポンプの下流側に設けられた上記ウルトラファインバブル製造器と、

上記ウルトラファインバブル製造器の下流側に接続された第2ポンプと、

上記第2ポンプの下流側に接続された気液分離器と、

上記気液分離器で分離された液体を排出する排出経路とを備える。

[0021] 上記実施形態によれば、気体が原料水に混合されてなる混合流体が第1ポンプで圧送される。この第1ポンプから吐出された混合流体の一部は、上記第1ポンプの吐出側と吸入側との間に接続された混合器に導かれ、この混合器により、混合流体に気体が混合される。混合器で気体が混合された混合流体は、上記第1ポンプの吸入側に戻される。上記第1ポンプから吐出された混合流体の他の部分は、下流側に設けられたウルトラファインバブル製造器に導かれ、混合流体中の気体が微細化されてウルトラファインバブルが形成される。このウルトラファインバブルを含有する水は、ウルトラファインバブル製造器の下流側に接続された第2ポンプに吸引され、この第2ポンプの

下流側に接続された気液分離器に向かって吐出される。気液分離器に導かれたウルトラファインバブルを含有する水は、この水と共に導かれた気体が分離する。気液分離器で気体が分離されて残った液体であるウルトラファインバブルを含有する水が、排出経路を通して排出される。第1ポンプと第2ポンプの間にウルトラファインバブル製造器を介設し、主に第2ポンプの動作を調節することにより、ウルトラファインバブルを含有する水の生成量を安定させることができる。

- [0022] 一実施形態のウルトラファインバブル水製造装置は、上記第2ポンプが、カスケードポンプである。
- [0023] 上記実施形態によれば、第2ポンプとしてカスケードポンプを用いることにより、気体のウルトラファインバブルを含有する水を、安定して生成することができる。
- [0024] 一実施形態のウルトラファインバブル水製造装置は、上記混合器が原料水又は混合流体へ混合する気体の量を調整する気体量調整弁を備える。
- [0025] 上記実施形態によれば、気体量調整弁により、混合器が原料水又は混合流体へ混合する気体の量を調整することにより、製造されるウルトラファインバブル水のウルトラファインバブルの濃度を調整することができる。
- [0026] 一実施形態のウルトラファインバブル水製造装置は、上記排出経路から排出される水のウルトラファインバブル濃度を測定する濃度計と、
上記濃度計の測定値に基づいて、上記気体量調整弁と、上記第2ポンプと、
上記流量調整弁を制御する制御装置と
を備える。
- [0027] 上記実施形態によれば、排出経路から排出される水のウルトラファインバブル濃度が濃度計で測定され、この測定値に基づいて、制御装置により、上記気体量調整弁と、上記第2ポンプと、上記流量調整弁が制御される。これにより、排出通路から排出される水のウルトラファインバブル濃度を、安定して所定の値に調整することができる。
- [0028] 一実施形態のウルトラファインバブル水製造装置は、

上記排出経路から排出されるべきバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが入力される入力部と、

上記入力部に接続されていると共に、上記第1ポンプと、上記第2ポンプと、上記流量調整弁と、上記気体量調整弁に接続された制御装置と、

上記制御装置に格納され、上記第1ポンプの負荷と、上記第2ポンプの負荷と、上記流量調整弁の開度と、上記気体量調整弁の開度とが夫々取り得る値と、これらの値に対応して、上記排出経路から排出されるバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが格納されたテーブルとを備え、

上記制御装置は、上記入力部に入力された値に基づいて、上記テーブルを参照して上記第1ポンプの負荷と、上記第2ポンプの負荷と、上記流量調整弁の開度と、上記気体量調整弁の開度との目標値を抽出し、これらの目標値となるように、上記第1ポンプと、上記第2ポンプと、上記流量調整弁と、上記気体量調整弁とを制御する。

[0029] 上記実施形態によれば、入力部に、排出経路から排出されるべきバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが入力される。制御装置は、入力部に接続され、この入力部から情報を受け取る。また、制御装置は、第1ポンプと、第2ポンプと、流量調整弁と、気体量調整弁に接続され、これらを制御する。この制御装置に格納されたテーブルには、上記第1ポンプの負荷と、上記第2ポンプの負荷と、上記流量調整弁の開度と、上記気体量調整弁の開度とが夫々取り得る値と、これらの値に対応して、上記排出経路から排出されるバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが格納されている。この制御装置は、入力部にバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが入力されると、これらの入力された値に基づいて、上記テーブルを参照して上記第1ポンプの負荷と、上記第2ポンプの負荷と、上記流量調整弁の開度と、上記気体量調整弁の開度との目標値を抽出する。続いて、上記制御装置は、上記目標値となるように、上記第1ポンプと、上記第2ポンプと、上記流量調整弁と、上記気体量調整弁とを制御する。その結果、上記排出経路から、入力部に入力された径及び濃度のバブルを含むと共に、入力された流量のバブル水が製造される

。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]本発明の第1実施形態のウルトラファインバブル水製造装置を示す模式図である。

[図2]本発明の実施形態のウルトラファインバブル製造器の縦断面図である。

[図3]図2の矢視Bによるウルトラファインバブル製造器の横断面図である。

[図4]図2の矢視Cによるウルトラファインバブル製造器の横断面図である。

[図5]ウルトラファインバブル製造器の第1ブロックを示す断面図である。

[図6]ウルトラファインバブル製造器の第2ブロックを示す断面図である。

[図7]他のウルトラファインバブル製造器を示す縦断面図である。

[図8]図7の矢視Dによるウルトラファインバブル製造器の横断面図である。

[図9]図7の矢視Eによるウルトラファインバブル製造器の横断面図である。

[図10]第2実施形態のウルトラファインバブル水製造装置を示す模式図である。

[図11]第3実施形態のウルトラファインバブル水製造装置を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、本発明の実施形態を、添付の図面を参照しながら詳細に説明する。

[0032] 本発明の実施形態のウルトラファインバブル水製造装置は、本発明の実施形態のウルトラファインバブル製造器を備え、水に、気体としての空気のウルトラファインバブルを添加してウルトラファインバブル水を製造するものである。第1実施形態のウルトラファインバブル水製造装置1は、図1に示すように、水道水等の原料水が、矢印Wで示すように供給され、この供給された水に空気のウルトラファインバブルを添加して、矢印Zで示すように排出する。ウルトラファインバブルとは、径が1 μm 以下の気泡である。径が1 μm ～100 μm の気泡は、マイクロバブルである。本実施形態のウルトラファインバブル水製造装置1及びウルトラファインバブル製造器は、ウルトラファインバブルのみを形成するほか、ウルトラファインバブルとマイク

ロバブル、又は、マイクロバブルのみを形成することも可能である。

[0033] ウルトラファインバブル水製造装置 1 は、原料水を圧送する第 1 ポンプとしての渦巻ポンプ 3 と、この渦巻ポンプ 3 から圧送された原料水に空気を混合する混合器としてのエジェクタ 4 と、このエジェクタ 4 の下流側に設けられた第 2 ポンプとしてのカスケードポンプ 6 を備える。また、上記カスケードポンプ 6 の下流側を 2 つの経路に分岐する分岐部 P と、上記分岐部 P に接続されて下流側がエジェクタ 4 とカスケードポンプ 6 の間に合流する戻し経路 7 と、上記分岐部 P に接続されてウルトラファインバブル水を排出する排出経路 8 を備える。上記戻し経路 7 には、流量調整弁 9 と、第 1 のウルトラファインバブル製造器 2 A が介設されている。上記排出経路 8 には、第 2 のウルトラファインバブル製造器 2 B が介設されている。また、上記排出経路 8 の下流側には、この排出経路 8 から排出される水に含まれるバブルの濃度を測定する濃度計 10 が設けられている。濃度計 10 は、ウルトラファインバブルの濃度とマイクバブルの濃度とを区別して測定できるものが好ましい。また、エジェクタ 4 とカスケードポンプ 6 の間であって、戻し経路 7 の合流位置よりも上流側に、第 1 圧力計 11 が設けられている。また、カスケードポンプ 6 の吐出側に、第 2 圧力計 12 が設けられている。このウルトラファインバブル水製造装置 1 は、各部の動作を制御する制御装置 13 を備える。

[0034] 上記渦巻ポンプ 3 は、エジェクタ 4 による空気の混合機能を発揮すると共に、カスケードポンプ 6 と協調してウルトラファインバブル水の製造量を調整する。渦巻ポンプとしては、水中ポンプ等を用いることができる。また、第 1 ポンプとしては、渦巻ポンプ以外に、例えばプランジャポンプ等の他のポンプを用いることができるが、容積ポンプや遠心ポンプを用いるのが好ましい。

[0035] エジェクタ 4 は、渦巻ポンプ 3 から吐出される原料水に、矢印 A で示すように空気を吸引して混合して水と空気の混合流体を形成する。エジェクタ 4 には、空気を取り入れる吸気管に、気体量調整弁としての空気量調整弁 5 が

連結されている。この空気量調整弁 5 で空気の吸入量を調整することにより、エジェクタ 4 により原料水に混合される空気の量を調整するようになっている。

[0036] カスケードポンプ 6 は、第 1 ウルトラファインバブル製造器 2 A と第 2 ウルトラファインバブル製造器 2 B に混合流体を圧送することにより、ウルトラファインバブル製造器 2 A、2 B のウルトラファインバブルの製造機能を発揮させる。第 2 ポンプとしては、カスケードポンプ 6 以外に、例えば渦巻ポンプ等の他のポンプを用いてもよいが、遠心ポンプを用いるのが好ましい。

[0037] 図 2 は、本実施形態のウルトラファインバブル製造器 2 を示す模式縦断面図である。図 3 は、図 2 の矢視 B における断面図であり、図 4 は、図 2 の矢視 C における断面図である。図 2 乃至 4 のウルトラファインバブル製造器 2 は、第 1 ウルトラファインバブル製造器 2 A と第 2 ウルトラファインバブル製造器 2 B の構造を示している。

[0038] このウルトラファインバブル製造器 2 は、供給管 2 5 で供給される水と空気の混合流体を微細化し、空気のウルトラファインバブルを含有するウルトラファインバブル水を形成して、このウルトラファインバブル水を排出管 2 6 から排出するものである。

[0039] ウルトラファインバブル製造器 2 は、概ね円筒形状のケーシング 2 4 と、このケーシング 2 4 の一端に接続されてケーシング 2 4 の内部に連通する供給管 2 5 と、上記ケーシング 2 4 の他端に接続された排出管 2 6 と、上記ケーシング 2 4 内に収容されて排出管 2 6 の端部に接続された微細化ブロック 2 8 を有する。上記排出管 2 6 は、上記ケーシング 2 4 の他端部を貫通して端部が内部に挿入されており、この排出管 2 6 の先端に連結された微細化ブロック 2 8 をケーシング 2 4 内に支持している。

[0040] 微細化ブロック 2 8 は円筒形状を有し、内部に、水と空気の混合流体が導かれる旋回流形成部としての第 1 旋回室 3 1 と第 2 旋回室 3 3 が形成されている。第 1 旋回室 3 1 と第 2 旋回室 3 3 は、扁平の円筒と半回転楕円を組み

合わせた形状を有し、半回転楕円部分の頂点を対向させて、互いに同軸かつ対称に形成されている。微細化ブロック28と、この微細化ブロック28内の第1旋回室31と第2旋回室33は、ケーシング24と同軸に配置される。微細化ブロック28は、第1旋回室31が内部に形成された第1ブロック部品281と、第2旋回室33が内部に形成された第2ブロック部品282とで構成されている。

[0041] 図5は、第1ブロック部品281を示す断面図である。第1ブロック部品281は、微細化ブロック28の一端面を構成する円盤部分281aと、この円盤部分281aの中央部から微細化ブロック28の内側に向かって突出した突出部分281bとを有する。突出部分281bは、円盤部分281aに近い部分が円筒形状に形成されている一方、円盤部分から遠い先端部分は円錐台形状に形成されている。この第1ブロック部品281の内側に、第1旋回室31が形成されている。

[0042] 第1旋回室31は、一端側部分の壁面31aが円筒形状を有する一方、他端側部分の壁面31bが半回転楕円形状を有する。第1旋回室31の一端側部分の壁面31aが第1ブロック部品281の円盤部分の内側に概ね形成され、半回転楕円形状の他端側部分の壁面31bが第1ブロック部品281の突出部分の内側に概ね形成されている。第1ブロック部品281には、ケーシング24と微細化ブロック28との間の混合流体を第1旋回室31に導入する第1導入路35が形成されている。第1導入路35は、図3に示すように、第1旋回室31の接線方向に形成されている。第1導入路35で導かれた混合流体を吐出する吐出開口35aが第1旋回室31の壁面に形成されている。また、ケーシング24と微細化ブロック28との間の混合流体を第1導入路35へ流入させる流入開口35bが、第1ブロック部品281の円盤部分281aの側面に形成されている。第1導入路35は、図5に示すように、第1旋回室31の一端から他端に向けて、第1旋回室31の中心軸の直角面に対して角度 θ を成すように形成されている。第1導入路35の第1旋回室31の中心軸直角面に対する角度 θ は、 1° 以上 20° 以下に形成する

ことができる。この角度 θ は、好ましくは 5° 以上 15° 以下であり、更に好ましくは 8° 以上 12° である。第1ブロック部品281の突出部分281bの先端部には第1吐出孔32が形成されており、この第1吐出孔32から、第1旋回室31で形成された混合流体の旋回流が吐出されるように形成されている。

[0043] 図6は、第2ブロック部品282を示す断面図である。第2ブロック部品282は、一端側に厚い底が形成されて他端が開口した有底の円筒形状を有する。この第2ブロック部品282の開口から上記第1ブロック部品281の突出部分281bが挿入されて、他端面282aに第1ブロック部品281の円盤部分281aが連結されるようになっている。この第2ブロック部品282の内側面と、第1ブロック部品281の突出部分281bの外側面との間に、第1旋回室31からの旋回流と第2旋回室33からの旋回流が衝突する衝突室38が形成されている。第2ブロック部品282の内部には、第2旋回室33が形成されている。

[0044] 第2旋回室33は、一端側部分の壁面33aが円筒形状を有する一方、他端側部分の壁面33bが半回転楕円形状を有する。第2ブロック部品282には、ケーシング24と微細化ブロック28との間の混合流体を第2旋回室33に導入する第2導入路36が形成されている。第2導入路36は、図4に示すように、第2旋回室33の接線方向に形成されている。第2導入路36で導かれた混合流体を吐出する吐出開口36aが第2旋回室33の壁面に形成されている。また、ケーシング24と微細化ブロック28との間の混合流体を第2導入路36へ流入させる流入開口36bが、第2ブロック部品282の一端側の側面に形成されている。第2導入路36は、図6に示すように、第2旋回室33の一端から他端に向けて、第2旋回室33の中心軸の直角面に対して角度 θ を成すように形成されている。第2導入路36の第2旋回室33の中心軸直角面に対する角度 θ は、 1° 以上 20° 以下に形成することができる。この角度 θ は、好ましくは 5° 以上 15° 以下であり、更に好ましくは 8° 以上 12° である。第2ブロック部品282の他端には第2

吐出孔 3 4 が形成されており、この第 2 吐出孔 3 4 から、第 2 旋回室 3 3 で形成された混合流体の旋回流が吐出されるように形成されている。第 2 旋回室 3 3 で形成される旋回流は、第 1 旋回室 3 1 で形成される旋回流と、反対回りに旋回するように形成されている。このように、第 1 旋回室 3 1 と第 2 旋回室 3 3 は、中心軸の直角面に関して対称に形成され、第 1 吐出孔 3 2 と第 2 吐出孔 3 4 を対向して配置され、互いに反対回りに旋回する旋回流を生成するように形成されている。

[0045] 第 2 ブロック部品 2 8 2 の底部の外径側部分には、第 2 ブロック部品 2 8 2 の中心軸と平行に延在する複数の排出通路 3 9, 3 9, . . . が形成されている。これらの排出通路 3 9, 3 9, . . . は、第 2 旋回室 3 3 の外径側に、この第 2 旋回室 3 3 を取り囲むように配置されている。第 2 ブロック部品 2 8 2 の底面 2 8 2 b には、外径側部分に、衝突室 3 8 の流体を排出通路 3 9, 3 9, . . . に流入させる複数の流入口としての流入開口 3 9 a, 3 9 a, . . . が形成されている。この流入開口 3 9 a が形成された底面 2 8 2 b は、衝突室 3 8 に面する衝突室表面に該当する。第 2 ブロック部品 2 8 2 の一端面には、排出通路 3 9, 3 9, . . . で導かれた流体を吐出する複数の排出口としての吐出開口 3 9 b, 3 9 b, . . . が形成されている。第 2 ブロック部品 2 8 2 の一端は、排出管 2 6 に連結されており、上記排出通路 3 9, 3 9, . . . の吐出開口 3 9 b, 3 9 b, . . . から吐出された流体が、排出管 2 6 に流れるようになっている。

[0046] 上記ウルトラファインバブル製造器 2 は、カスケードポンプ 6 により水と空気の混合流体が圧送され、戻し経路 7 や排出経路 8 のウルトラファインバブル製造器 2 の上流側の部分である供給管 2 5 から、ケーシング 2 4 内に混合流体が流入する。ケーシング 2 4 内に流入した混合流体は、微細化ブロック 2 8 の外側面の流入開口 3 5 b, 3 6 b から第 1 及び第 2 導入路 3 5, 3 6 に導かれる。第 1 導入路 3 5 に導かれた混合流体は、吐出開口 3 5 a から第 1 旋回室 3 1 内に吐出され、第 1 旋回室 3 1 内に旋回流を形成する。第 1 導入路 3 5 が、第 1 旋回室 3 1 の接線方向に延在すると共に第 1 旋回室 3 1

の他端に向かって傾斜角度 θ を成すことにより、第1旋回室31内に、安定した旋回流が形成される。また、第2導入路36に導かれた混合流体は、吐出開口36aから第2旋回室33内に吐出され、第2旋回室33内に旋回流を形成する。第2導入路36が、第2旋回室33の接線方向に延在すると共に第2旋回室33の他端に向かって傾斜角度 θ を成すことにより、第2旋回室33内に、安定した旋回流が形成される。

[0047] 上記第1旋回室31内の混合流体の旋回流は、第1吐出孔32から衝突室38へ吐出され、上記第2旋回室33内の旋回流は、第2吐出孔34から衝突室38へ吐出される。これらの第1吐出孔32と第2吐出孔34から吐出された旋回流は、互いに反対方向に旋回しており、これにより大きな衝撃力を伴って衝突室38内で衝突する。その結果、互いの混合流体の気体が効果的に微細化され、ウルトラナノバブルが生成される。こうして生成された空気のウルトラナノバブルを含有する水は、衝突室38から流入開口39a, 39a, ...を経て排出通路39, 39, ...に導かれ、吐出開口39b, 39b, ...から排出管26に排出される。この排出管26は、戻し経路7や排出経路8のウルトラファインバブル製造器2の下流側である。

[0048] こうしてウルトラファインバブル製造器2で生成された空気のウルトラファインバブルを含有する水は、戻し経路7や排出経路8の下流側に導かれる。すなわち、第1ウルトラファインバブル製造器2Aから戻し経路7の下流側に空気のウルトラファインバブルを含有する水が流れ、第2ウルトラファインバブル製造器2Bから排出経路8の下流側に空気のウルトラファインバブルを含有する水が流れる。なお、ウルトラファインバブル製造器2で製造されるバブルは、ウルトラファインバブルのみに限られず、運転条件に応じてマイクロバブルも含まれ、また、マイクロバブルのみが製造される場合もある。

[0049] 制御装置13は、排出経路8から排出されるべきバブル水のバブルの径及び濃度と流量が入力される入力部15に接続されている。この制御装置13は、濃度計10の測定値に基づいて、排出経路8からのバブル水の濃度が入

力部 15 に入力された濃度となるように、空気量調整弁 5 の開度と、渦巻ポンプ 3 の吐出流量と、カスケードポンプ 6 の吐出流量と、流量調整弁 9 の開度を調節する。例えば、濃度計 10 によるウルトラファインバブルの濃度の測定値が目標値よりも低い場合、流量調整弁 9 の開度を上げて戻し経路 7 の流量を増大させることにより、排出経路 8 から排出される水のウルトラファインバブルの濃度を上げる。一方、濃度計 10 によるウルトラファインバブルの濃度の測定値が目標値よりも高い場合、流量調整弁 9 の開度を下げて戻し経路 7 の流量を減少させることにより、排出経路 8 から排出される水のウルトラファインバブルの濃度を下げる。

[0050] 上記流量調整弁 9 の開度を調整することにより、上記排出経路 8 から排出されるウルトラファインバブルとマイクロバブルを含むバブルの濃度と、バブルの径及びその分布と、水の排出量を調整することができる。例えば、流量調整弁 9 の開度が増大すれば、排出経路 8 からのバブルの濃度が増大すると共に、バブルの径が縮小し、また、排出経路 8 からの水の排出量が減少する。これと共に、生成されるバブルの径の標準偏差が縮小して分布の幅が縮小し、バブルの径が比較的小さい値の狭い範囲に集中する。一方、流量調整弁 9 の開度が減少すれば、排出経路 8 からのバブルの濃度が減少すると共に、バブルの径が拡大し、また、排出経路 8 からの水の排出量が増大する。これと共に、生成されるバブルの径の標準偏差が拡大して分布の幅が拡大し、バブルの径が比較的小さい値から大きい値にわたって広い範囲に拡散するようになる。

[0051] また、制御装置 13 は、第 2 圧力計 12 の測定値に基づいて、カスケードポンプ 6 の吐出圧力を調整することにより、上記排出経路 8 から排出されるウルトラファインバブルとマイクロバブルを含むバブルの濃度と、バブルの径と、ウルトラファインバブル及び／又はマイクロバブルを含む水の排出量を調整することができる。例えば、カスケードポンプ 6 の吐出側の圧力が 1 MPa を越える場合は、カスケードポンプ 6 の吐出圧力を増大させると、バブルの濃度が低下すると共にバブルの径が拡大し、また、排出経路 8 からの

水の排出量が増大する。一方、カスケードポンプ6の吐出圧力を減少させると、バブルの濃度が上昇すると共にバブルの径が縮小し、また、排出経路8からの水の排出量が減少する。これに対して、カスケードポンプ6の吐出側の圧力が1 MP a未満である場合は、カスケードポンプ6の吐出圧力を、1 MP aを越えない範囲で増大させると、バブルの濃度が上昇すると共にバブルの径が縮小し、また、排出経路8からの水の排出量が増大する。一方、カスケードポンプ6の吐出圧力を減少させると、バブルの濃度が低下すると共にバブルの径が増大し、また、排出経路8からの水の排出量が減少する。このようなカスケードポンプ6の吐出圧力とバブルの濃度の関係に従い、制御装置13は、第2圧力計12の測定値に基づいて、濃度計10の測定値が所望の濃度となるようにカスケードポンプ6の吐出圧力を調整することができる。

[0052] 上記カスケードポンプ6の吐出圧力を調整する場合、上記渦巻ポンプ3の吐出流量との差を考慮する必要がある。例えば、渦巻ポンプ3の吐出流量が増大してカスケードポンプ6の吸入量に近づくと、カスケードポンプ6の吐出流量や吐出圧力が不安定になる。また、渦巻ポンプ3の吐出流量が減少してカスケードポンプ6の吐出流量との差が大きくなった場合にも、カスケードポンプ6の吐出流量や吐出圧力が不安定になる。また、渦巻ポンプ3の吐出流量が少ないと、エジェクタ4による空気の混合能力が低下する。このような不都合を防止するため、制御装置13は、渦巻ポンプ3の吐出側とカスケードポンプ6の吸入側の間に設けた第1圧力計11の測定値が所定の基準圧力以下となるように、渦巻ポンプ3の吐出流量とカスケードポンプ6の吸入量を制御するのが好ましい。この基準圧力の値としては、例えば0.2 MP aを採用することができる。

[0053] また、制御装置13は、エジェクタ4の空気量調整弁5の開度を調整することにより、上記排出経路8から排出される水のバブルの分布を調整することができる。すなわち、空気量調整弁5の開度を増大することにより、粒径の大きいバブルの割合が増加する。一方、空気量調整弁5の開度を減少する

ことにより、粒径の大きいバブルの割合が減少する。例えば、空気量調整弁5により、エジェクタ4で原料水に混合する空気の量を 0.4 L/min とすると、排出経路8から排出されるバブルの直径は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ を超えるものの割合が増大し、ウルトラファインバブルとマイクロバブルが生成される。一方、空気量調整弁5により、エジェクタ4の空気混合量を 0.1 L/min とすると、排出経路8から排出されるバブルの直径は $1\text{ }\mu\text{m}$ を下回るものが大半となり、実質的にウルトラファインバブルのみが生成される。

[0054] このような特徴を考慮して、制御装置13は、入力部15に入力されたバブルの径及び濃度と流量のバブル水となるように、空気量調整弁5の開度と、渦巻ポンプ3の吐出流量と、カスケードポンプ6の吐出流量と、流量調整弁9の開度を調節する。これにより、所望のバブルの濃度と、バブルの径と、排出量のバブル水を製造できる。

[0055] また、このウルトラファインバブル水製造装置1は、排出経路8の第2ウルトラファインバブル製造器2Bの上流側に第2流量調整弁を設け、この第2流量調整弁の開度と、空気量調整弁5の開度と、戻し経路7の流量調整弁9の開度と、渦巻ポンプ3及びカスケードポンプ6の吐出圧力を調整することにより、排出経路8から排出されるウルトラファインバブルの径と濃度を調整してもよい。

[0056] 次の表1は、本実施形態のウルトラファインバブル水製造装置1を用いて空気のウルトラファインバブルを含有するバブル水を製造する実験を行った結果である。この実験は、空気量調整弁5の開度を2種類設定すると共に、流量調整弁9の開度を3種類設定して行った。空気量調整弁5の2種類の開度は、エジェクタ4へ供給する空気量が 0.1 L/mL になる開度と、 0.4 L/mL になる開度である。流量調整弁9の開度は、全開の大開度と、全開の3.5%である中開度と、全開の0.8%である小開度である。各条件でウルトラファインバブル水製造装置1の運転を行い、分岐部Pの圧力と、排出経路8から排出される水の流量と、排出された水に含まれるバブルの平均粒径、最頻粒径、標準偏差及び濃度を測定した。バブルの測定は、日本カ

ンタム・デザイン社製の名の粒子解析装置ナノSIGHT NS500にて行った。バブルの平均粒径、最頻粒径、標準偏差及び濃度は、排出経路8から排出されて貯水槽に貯留したバブル水について測定を行った。

[表1]

番号	空気量 (L/min)	弁9 開度	分岐点 圧力 (MPa)	排出 流量 (L/min)	平均 粒径 (nm)	最頻 粒径 (nm)	標準 偏差 (nm)	濃度 (個/mL)
1	0.1	大	0.85	10.4	103.7	79.6	46.3	1.96×10^8
2	0.1	中	1.00	11.6	118.0	89.6	57.8	1.83×10^8
3	0.1	小	1.20	12.4	112.5	97.9	49.3	1.52×10^8
4	0.4	大	0.85	10.4	114.3	73.7	45.7	2.76×10^8
5	0.4	中	1.00	11.6	115.3	79.1	49.4	2.90×10^8
6	0.4	小	1.20	12.4	109.5	85.0	45.1	2.55×10^8

[0057] 表1から分かるように、条件1乃至6の殆どの条件で、作製されたバブルの粒径は大半が70～90nmであり、分岐部Pの圧力やエジェクタ4が吸入する空気量には殆ど依存しない。バブル濃度については、吸入する空気量に比例する。また、流量調整弁9の開度を減少して分岐部Pの圧力を高くし、戻し通路7の流量を少なくするほど、バブル径が大きくなり、バブル濃度が低下し、バブル水の製造量が大きくなる。また、戻し通路7の流量を多くする方が、バブル径が小さく、バブル濃度が高く、径のばらつきの小さいウルトラファインバブルが得られる。なお、空気量が0.4L/minの場合は排出されたバブル水は白濁する一方、空気量が0.1L/minの場合はバブル水は透明であった。したがって、空気量が0.4L/minの場合は、空気量が0.1L/minの場合よりも、マイクロバブルの含有量が大きいといえる。なお、バブルの平均粒径等の測定は、貯水槽に一定量のバブル水が貯留された後に行ったため、空気量が0.4L/minのバブル水に関する測定値は、白濁の原因となるマイクバブルについては反映されていない。

[0058] 上記実施形態において、ウルトラファインバブル製造器2は、同軸上に中

心軸の直角面に対して対称に形成された第1旋回室31と第2旋回室33を含む微細化ブロック28を含んでいたが、他のウルトラファインバブル製造器を用いてもよい。図7は、変形例のウルトラファインバブル製造器を示す縦断面図である。図8は、図7の矢視Dにおける断面図であり、図9は、図7の矢視Eにおける断面図である。このウルトラファインバブル製造器126は、供給管25で供給される水と空気の混合流体を、微細化ブロック128で微細化し、空気のウルトラファインバブルを含有するウルトラファインバブル水を形成して、このウルトラファインバブル水を排出管26から排出するものである。

[0059] このウルトラファインバブル製造器126は、一端が供給管25に連結され、他端が微細化ブロック128に連結された概ね円筒形状のケーシング140を有する。微細化ブロック128は、ケーシング140よりも小径の概ね円筒形状を有し、他端部分が他の部分よりも大きい径に形成されてケーシング140の他端部の内側面に嵌合している。この微細化ブロック128は、水と気体の混合流体が導かれる処理流路130と、この処理流路130の上流端に連通する旋回流形成部としての第1偏心供給路131と、上記処理流路130の長さ方向の略中央に連通する旋回流形成部としての第2偏心供給路132が内部に形成されている。処理流路130の中心軸を通る断面において、第1偏心供給路131の中心軸と、第2偏心供給路132の中心軸は、処理流路130の中心軸に対して直角に延在している。

[0060] 微細化ブロック128の処理流路130は、微細化ブロック128の中心軸に沿って、微細化ブロック128の一端面の近傍から、微細化ブロック128の他端面に至るまで形成されている。処理流路130の一端は、微細化ブロック128の一端面に貫通することなく微細化ブロック128内に留まっている一方、処理流路130の他端は、微細化ブロック128の他端面に開口を形成している。この処理流路130は、円形断面を有し、一端から他端に向かうにつれて径が増大するように形成されている。処理流路130の他端の開口には、排出管26が挿入されて、処理流路130が排出管26に

連通している。

[0061] 微細化ブロック128の第1偏心供給路131は、微細化ブロック128の中心軸と直角の断面図である図8に示すように、処理流路130の一端に連通するように2本形成されている。これらの2つの第1偏心供給路131は、処理流路130の中心に関して点対称に配置されている。これらの第1偏心供給路131は、微細化ブロック128の概ね径方向に延在し、微細化ブロック128の外周面に流入開口131aを形成し、処理流路130の内周面に吐出開口131bを形成している。これらの第1偏心供給路131は、円形断面を有し、流入開口131aから吐出開口131bに向かうにつれて径が小さくなるように形成されている。第1偏心供給路131の吐出開口131bは、処理流路130の軸方向視において、処理流路130の中心に対して偏芯した位置に配置されている。ここで、図7において、第2偏心供給路132は、この第2偏心供給路132の中心軸に沿った縦断面の形状を示しており、微細化ブロック128の中心軸を通る面で第2偏心供給路132を切断した様子を示していない。

[0062] 微細化ブロック128の第2偏心供給路132は、微細化ブロック128の中心軸と直角の断面図である図9に示すように、処理流路130の長さ方向の略中央に連通するように2本形成されている。これらの2つの第2偏心供給路132は、処理流路130の中心に関して点対称に配置されている。これらの第2偏心供給路132は、微細化ブロック128の概ね径方向に延在し、微細化ブロック128の外周面に流入開口132aを形成し、処理流路130の内周面に吐出開口132bを形成している。これらの第2偏心供給路132は、円形断面を有し、流入開口132aから吐出開口132bに向かうにつれて径が小さくなるように形成されている。第2偏心供給路132の吐出開口132bは、処理流路130の軸方向視において、処理流路130の中心に対して偏芯した位置に配置されている。この第2偏心供給路132の吐出開口132bは、第1偏心供給路131の吐出開口131bと、処理流路130の中心軸に関して反対側に偏芯している。上記微細化ブロッ

ク 1 2 8 の第 1 偏心供給路 1 3 1 と第 2 偏心供給路 1 3 2 は、微細化ブロック 1 2 8 の軸方向視において、互いに 90° の角度を成すように配置されている。

[0063] 上記構成のウルトラファインバブル製造器 1 2 6 は、次のように動作する。まず、水と空気の混合流体が供給管 2 5 を通してケーシング 1 4 0 内に導かれる。ケーシング 1 4 0 内に流入した混合流体は、微細化ブロック 1 2 8 の外側面の流入開口 1 3 1 a, 1 3 2 a から第 1 及び第 2 偏心供給路 1 3 1, 1 3 2 に導かれる。第 1 偏心供給路 1 3 1 に導かれた混合流体は、吐出開口 1 3 1 b から処理流路 1 3 0 内に吐出され、この処理流路 1 3 0 内に旋回流を形成する。第 1 偏心供給路 1 3 1 の吐出開口 1 3 1 b が処理流路 1 3 0 の中心に対して偏芯した位置に配置されていることにより、処理流路 1 3 0 内に、安定した旋回流が形成される。こうして第 1 偏心供給路 1 3 1 から処理流路 1 3 0 内に導かれた混合流体は、旋回流となって処理流路 1 3 0 の一端から他端に向かって流れる。また、第 2 偏心供給路 1 3 2 に導かれた混合流体は、吐出開口 1 3 2 b から処理流路 1 3 0 内に吐出される。上記第 2 偏心供給路 1 3 2 の吐出開口 1 3 2 b は、処理流路 1 3 0 の中心軸に関して偏芯した位置に配置されていると共に、第 1 偏心供給路 1 3 1 の吐出開口 1 3 1 b と反対側に偏芯していることにより、処理流路 1 3 0 を流れた旋回流に対して反対向きの旋回流を形成する。この第 2 偏心供給路 1 3 2 の吐出開口 1 3 2 b から吐出された混合流体の旋回流が、第 1 偏心供給路 1 3 1 から流れて来た旋回流と衝突する。その結果、互いの混合流体の気体が効果的に微細化され、ウルトラナノバブルが生成される。こうして生成された空気のウルトラナノバブルを含有する水は、処理流路 1 3 0 の他端に向かって流れ、排出管 2 6 を通ってウルトラファインバブル製造器 1 2 6 から排出される。

[0064] 上記変形例のウルトラファインバブル製造器 1 2 6 は、微細化ブロック 1 2 8 を製造する際、単一の金属材料に対する切削加工により、処理流路 1 3 0、第 1 偏心供給路 1 3 1 及び第 2 偏心供給路 1 3 2 を形成できる。したがって、少ない工数により容易に微細化ブロック 1 2 8 を製造できる。

- [0065] 上記変形例のウルトラファインバブル製造器 1 2 6 において、微細化ブロック 1 2 8 の第 1 偏心供給路 1 3 1 及び第 2 偏心供給路 1 3 2 は、処理流路 1 3 0 の軸方向視において互いに 90° の角度を成すように配置されたが、互いに 0 度の角度を成すように配置されてもよい。また、微細化ブロック 1 2 8 の第 1 偏心供給路 1 3 1 及び第 2 偏心供給路 1 3 2 は、いずれも 2 個ずつ設けたが、いずれか一方又は両方を 1 個ずつ設けてもよい。
- [0066] 図 1 0 は、本発明の第 2 実施形態のウルトラファインバブル水製造装置 1 0 1 を示す模式図である。第 2 実施形態のウルトラファインバブル水製造装置 1 0 1 は、第 2 ウルトラファインバブル製造器 2 B の下流側に温度計 1 0 5 を備えると共に、制御装置 1 1 3 がテーブル 1 1 4 に基づいて制御を行う点が、第 1 実施形態のウルトラファインバブル水製造装置 1 と相違する。第 2 実施形態において、第 1 実施形態と同様の部分には同一の参照番号を用いて、詳細な説明を省略する。
- [0067] 第 2 実施形態のウルトラファインバブル水製造装置 1 0 1 は、制御装置 1 1 3 が、渦巻ポンプ 3 とカスケードポンプ 6 の負荷と、空気量調整弁 5 の開度と、流量調整弁 9 の開度と、温度計 1 0 5 の測定値と、第 1 圧力計 1 1 と第 2 圧力計 1 2 の測定値とが夫々取り得る値に対応して、排出経路 8 から排出されるバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが格納されたテーブル 1 1 4 を備える。このテーブル 1 1 4 は、例えば、表 1 の内容に、各条件で運転されたときの渦巻ポンプ 3 とカスケードポンプ 6 の負荷が追加されたようなものを用いることができる。渦巻ポンプ 3 とカスケードポンプ 6 の負荷は、ポンプに供給される電流値に基づいて定めることができる。制御装置 1 1 3 には、排出経路 8 から排出されるべきバブル水のバブルの径及び濃度と、流量とを入力するための入力部 1 1 5 が接続されている。
- [0068] 本実施形態のウルトラファインバブル水製造装置 1 0 1 を運転する場合、入力部 1 1 5 を通じて、排出経路 8 から排出されるべきバブルの径と濃度と流量が入力される。制御装置 1 1 3 はテーブル 1 1 4 を参照し、入力されたバブル水のバブルの径及び濃度と流量に該当する渦巻ポンプ 3 及びカスケー

ドポンプ6の負荷と、空気量調整弁5の開度と、流量調整弁9の開度を目標値として特定する。制御装置113は、特定された渦巻ポンプ3とカスケードポンプ6の負荷と、空気量調整弁5の開度と、流量調整弁9の開度の目標値となるように、渦巻ポンプ3とカスケードポンプ6と空気量調整弁5と流量調整弁9を制御する。また、制御装置113は、第2ウルトラファインバブル製造器2Bから排出される水の温度を温度計105の測定値から検出し、測定された温度に基づいてテーブル114を参照し、渦巻ポンプ3とカスケードポンプ6の負荷と、空気量調整弁5の開度と、流量調整弁9の開度を調整する。さらに、第1圧力計11と第2圧力計12の測定値に基づいてテーブル114を参照し、渦巻ポンプ3とカスケードポンプ6の負荷と、空気量調整弁5の開度と、流量調整弁9の開度を調整する。

[0069] このようにして、第2実施形態のウルトラファインバブル水製造装置101は、排出経路8から排出されるバブルの径や濃度を測定することなく、テーブル114と、排出経路8から排出されるべきバブル水のバブルの径及び濃度と流量に基づいて、渦巻ポンプ3及びカスケードポンプ6の負荷と、空気量調整弁5の開度と、流量調整弁9の開度を制御して、所望の径と濃度と流量のウルトラファインバブル水を製造することができる。

[0070] 第2実施形態において、制御装置113は、排出経路8から排出されるべきバブル水のバブルの径及び濃度と流量をテーブル114に照らして、渦巻ポンプ3及びカスケードポンプ6の負荷と、空気量調整弁5の開度と、流量調整弁9の開度を特定したが、バブル水のバブルの径及び濃度と流量をパラメータとする関数により、渦巻ポンプ3及びカスケードポンプ6の負荷と、空気量調整弁5の開度と、流量調整弁9の開度を特定してもよい。

[0071] また、上記第1圧力計11と第2圧力計12は必ずしも設けなくてもよく、上記第1圧力計11と第2圧力計12の測定値に基づく調整は、必ずしも行わなくてもよい。この場合、テーブル114には、第1圧力計11と第2圧力計12の測定値に関する情報は不要である。

[0072] また、上記温度計105は第2ウルトラファインバブル製造器2Bの排出

側に配置されたが、渦巻ポンプ3が水タンクから水を吸引するように構成される場合、この水タンクに温度計105を配置して、水タンクの水の温度を測定してもよい。また、上記温度計105は必ずしも設けなくてもよく、上記温度計105の測定値に基づく調整は、必ずしも行わなくてもよい。この場合、テーブル114には、温度計105の測定値に関する情報は不要である。

[0073] 上記第1及び第2実施形態において、カスケードポンプ6の下流側に分岐部Pを設け、この分岐部Pに、第1ウルトラファインバブル製造器2A及び流量調整弁9を介設した戻し経路7と、第2ウルトラファインバブル製造器2Bを介設した排出経路8とを接続したが、上記流量調整弁9と第1ウルトラファインバブル製造器2Aと戻し経路7は、設けなくてもよい。すなわち、カスケードポンプ6の下流側に、第2ウルトラファインバブル製造器2Bが介設された排出経路8のみを設け、第2ウルトラファインバブル製造器2Bのみによってウルトラファインバブルを生成してもよい。

[0074] 図11は、本発明の第3実施形態のウルトラファインバブル水製造装置103を示す模式図である。このウルトラファインバブル水製造装置103は、矢印Wで示すように供給される水道水等の原料水に空気のウルトラファインバブルを添加して、矢印Zで示すように排出する。

[0075] 第3実施形態のウルトラファインバブル水製造装置103は、原料水としての水道水を吸引する第1ポンプとしての吸引ポンプ121を備える。この吸引ポンプ121と並列に、吸引ポンプ121から吐出される原料水に、空気を混合して水と空気の混合流体を形成する混合器としてのエジェクタ122が設けられている。すなわち、吸引ポンプ121の吸入側と吐出側の間に、エジェクタ122が介設されている。エジェクタ122には、空気を取り入れる吸気管に、混合流体に混合する空気の量を調整するための流量調整弁で形成された混合エア量調整弁127が連結されている。混合エア量調整弁127の上流側には、空気を貯留する気体タンク124が接続されている。この気体タンク124は、大気から吸入した空気を浄化する清浄装置を設け

るのが好ましい。

[0076] 上記吸引ポンプ 1 2 1 の下流側には、混合流体の空気を微細化してウルトラファインバブルを形成する上記ウルトラファインバブル製造器 2 が接続されている。ウルトラファインバブル製造器 2 に替えて、変形例のウルトラファインバブル製造器 1 2 6 を接続してもよい。上記吸引ポンプ 1 2 1 とウルトラファインバブル製造器 2 との間には、ウルトラファインバブル製造器 2 に導かれる流体のうちの液体の圧力を測定する第 1 液圧センサ 1 4 1 が設けられている。ウルトラファインバブル製造器 2 の下流側には、流体を吸引する第 2 ポンプとしてのカスケードポンプ 1 2 3 が設けられている。ウルトラファインバブル製造器 2 とカスケードポンプ 1 2 3 との間には、ウルトラファインバブル製造器 2 から吐出される流体のうちの液体の圧力を測定する第 2 液圧センサ 1 4 2 が設けられている。この第 2 液圧センサ 1 4 2 の測定値に基づいて、制御装置 1 4 3 によりカスケードポンプ 1 2 3 の動作を制御するように構成されている。

[0077] カスケードポンプ 1 2 3 の下流側には、ウルトラファインバブルを含有する水から、水に添加されずに残留した余剰の空気を分離する気液分離器 1 2 5 が接続されている。気液分離器 1 2 5 で分離された空気は、気体タンク 1 2 4 に戻される一方、ウルトラファインバブルを含有する水は、流量調整弁 1 3 5 を通して、矢印 Z で示されるように排出される。ここで、バブル水製造装置 1 0 3 の第 1 ポンプとしては、水中ポンプ以外に、陸上ポンプ等の容積ポンプを用いてもよい。また、第 2 ポンプとしては、カスケードポンプ以外のポンプを用いてもよいが、遠心ポンプを用いるのが好ましい。

[0078] この第 3 実施形態のバブル水製造装置 1 0 3 は、混合エア量調整弁 1 2 7 の開度と、吸引ポンプ 1 2 1 及びカスケードポンプ 1 2 3 の流体の吐出流量又は吐出圧力を調節することにより、ウルトラファインバブルの粒径と濃度を調節することができる。

[0079] また、このバブル水製造装置 1 0 3 は、排出されるウルトラファインバブルの濃度を測定し、この測定値に基づいて、吸引ポンプ 1 2 1 及びカスケー

ドポンプ１２３の吐出量と、混合エア量調整弁１２７の開度を調節して、バブル水タンク２のウルトラファインバブルの濃度を調節することができる。

[0080] 上記バブル水製造装置１０３は、第２の制御装置を設け、この第２の制御装置により、上記混合エア量調整弁１２７の開度と、吸引ポンプ１２１及びカスケードポンプ１２３による流体の吐出流量又は吐出圧力を制御して、流量調整弁１３５を通して排出されるウルトラファインバブルの粒径と濃度を調節してもよい。

[0081] 例えば、排出されるウルトラファインバブル水に含まれる気泡の径を小さくするためには、混合エア量調整弁１２７の開度を下げてエジェクタ１２２への空気の供給量を低減すると共に、ウルトラファインバブル製造器２の上流側と下流側の圧力差を増大させる。

[0082] 一方、排出されるウルトラファインバブル水に含まれる気泡の濃度を増加させるためには、混合エア量調整弁１２７の開度を上げてエジェクタ１２２への空気の供給量を増やすと共に、ウルトラファインバブル製造器２の上流側と下流側の圧力差を増大させる。

[0083] 上記バブル水製造装置１０３のウルトラファインバブル製造器２には、上流側と下流側の間、すなわち、供給管２５の流体の圧力と排出管２６の流体の圧力との間に、４ＭＰａ以上６ＭＰａ以下の圧力差が生じるように、吸引ポンプ１２１の吐出量とカスケードポンプ１２３の吸入量を調節するのが好ましい。この場合、供給管２５における流体の圧力を、排出管２６における流体の圧力よりも高く調節する。このように、ウルトラファインバブル製造器２の上流側と下流側の間に、４ＭＰａ以上６ＭＰａ以下の圧力差を生じさせることにより、ウルトラファインバブル製造器２により安定してウルトラファインバブルを含有する水を製造することができる。

[0084] このようにして、第３実施形態のバブル水製造装置１０３により、安定して５０～７０ｎｍのウルトラファインバブルを形成することができる。また、このバブル水製造装置１０３は、空気以外に、酸素や水素のウルトラファインバブルを含有する水を製造してもよい。酸素や水素のウルトラファイン

バブルを含有する水を製造する場合、水に添加されなかった余剰の酸素や水素を、気液分離器 125 で分離して、気体タンク 124 に戻すことにより、酸素や水素がバブル水製造装置 103 の外部に漏洩する不都合を防止できる。したがって、酸素や水素のウルトラファインバブルを含有する水を製造する場合に、酸素や水素の漏洩に起因する火災などの不都合を効果的に防止できる。

[0085] 上記実施形態において、ウルトラファインバブル製造器 2 の微細化ブロック 28 は、旋回流形成部としての第 1 旋回室 31 と第 2 旋回室 33 を有したが、2 個に限られず、3 個以上の旋回流形成部を有してもよい。また、ウルトラファインバブル製造器 126 の微細化ブロック 128 は、旋回流形成部としての第 1 偏心供給路 131 と第 2 偏心供給路 132 を有したが、2 個に限られず、3 個以上の旋回流形成部を有してもよい。

[0086] また、上記実施形態において、水に、気体として空気のウルトラファインバブルを形成したが、空気以外に、水素、酸素、オゾン、窒素、二酸化炭素、その他の各種の気体のウルトラファインバブルを形成してもよい。

[0087] また、水以外に、微酸性電解水や、その他の各種の液体にウルトラファインバブルを形成してもよい。

[0088] 第 1 乃至第 3 実施形態のウルトラファインバブル水製造装置 1, 101, 103 や、これらのウルトラファインバブル水製造装置 1, 101, 103 で製造したバブル水は、ウルトラファインバブル及び／又はマイクロバブルを利用する種々の用途に用いることができる。例えば、環境関連業、農業及び畜産業、食品関連業、水産業、電子工業、医療及び医療関連業、エネルギー関連産業、日用品関連業、製紙業、造船業及び機械製造業等の業種において、種々の処理や、製品の構成要素として、ウルトラファインバブル水製造装置 1, 101, 103 やバブル水を利用することができる。

[0089] 環境関連業における用途の例として、土壌の浄化、水の浄化、排水処理、汚泥減容化、有機物分解、藻類の除去、凝集浮遊物質の除去等を挙げることができる。

- [0090] 農業及び畜産業における用途の例として、農産物及び畜産物の成長促進、収量増加及び品質向上、鮮度保持、飲用水及び液肥への利用等を挙げることができる。
- [0091] 食品関連業における用途の例として、鮮度保持、酸化防止、風味の付与、食感の改善、香りの付与等を挙げることができる。
- [0092] 水産業における用途の例として、水産物の成長促進、収量増加、品質の向上、養殖環境の改善、鮮度保持等を挙げることができる。
- [0093] 電子工業における用途の例として、精密剥離、シリコンウェハ等の各種材料や部品の洗浄等を挙げることができる。
- [0094] 医療及び医療関連業における用途の例として、消毒、滅菌、培養、薬品の製造又は処理等を挙げることができる。
- [0095] エネルギー関連産業における用途の例として、原料又は燃料の浄化、燃料の効率向上等を挙げることができる。
- [0096] 日用品関連業における用途の例として、洗剤、風呂用品及び台所用品、給湯装置、空気調和装置、化粧品等を挙げることができる。
- [0097] 製紙業における用途の例として、スラッジ処理等を挙げることができる。
- [0098] 造船業における用途の例として、航行水域の水質改善、バラスト水の浄化、エンジンに供給する気液混合燃料の作製等を挙げることができる。
- [0099] 機械製造業における用途の例として、部品の浄化、各種の浄化装置、気液混合燃料の製造装置等を挙げることができる。
- [0100] 上記業種及び用途は例示に過ぎず、本発明は、ウルトラファインバブル及び／又はマイクロバブルの性質を利用する種々の物や用途について適用できる。
- [0101] 本発明は、以上説明した実施の形態又は実施例に限定されるものではなく、多くの変形が、本発明の技術的思想内で当分野において通常の知識を有する者により可能である。

符号の説明

- [0102] 1, 101, 103 ウルトラファインバブル水製造装置

- 2 A 第1ウルトラファインバブル製造器
- 2 B 第2ウルトラファインバブル製造器
- 3 渦巻ポンプ
- 4 エジェクタ
- 5 空気量調整弁
- 6 カスケードポンプ
- 7 戻し経路
- 8 排出経路
- 9 流量調整弁
- 10 濃度計
- 11 第1圧力計
- 12 第2圧力計
- 13, 113 制御装置
- 15, 115 入力部
- 24 ケーシング
- 25 供給管
- 26 排出管
- 28 微細化ブロック
- 31 第1旋回室
- 32 第1吐出孔
- 33 第2旋回室
- 34 第2吐出孔
- 35 第1導入路
- 36 第2導入路
- 38 衝突室
- 39 排出通路
- 114 制御装置のテーブル
- 126 ウルトラファインバブル製造器

- 1 0 5 温度計
- 2 8 1 第 1 ブロック部品
- 2 8 2 第 2 ブロック部品

請求の範囲

- [請求項1] 水中に含有された気体のウルトラファインバブルを製造するためのウルトラファインバブル製造器であって、
- 円形断面を有するケーシングと、
- 上記ケーシングの一端に接続され、上記ケーシングと同軸上に延在し、水と気体の混合流体を供給する供給管と、
- 上記ケーシング内に少なくとも一部が収容され、上記供給管からケーシング内に供給された上記混合流体の旋回流を形成する複数の旋回流形成部を含み、これらの旋回流形成部で形成された旋回流を互いに衝突させて、上記混合流体の気体を微細化してウルトラファインバブル水を生成する微細化ブロックと、
- 上記ケーシングの他端側に配置され、上記微細化ブロックで生成されたウルトラファインバブル水を上記ケーシングの外に排出する排出管と
- を備えることを特徴とするウルトラファインバブル製造器。
- [請求項2] 請求項1に記載のウルトラファインバブル製造器において、
- 上記微細化ブロックが、上記ケーシングと同軸の旋回軸回りに混合流体の旋回流を形成する上記旋回流形成部としての第1旋回室と、この第1旋回室よりも上記供給管から遠い側に形成され、上記ケーシングと同軸の旋回軸回りに、上記第1旋回室で形成される旋回流と反対向きに旋回する混合流体の旋回流を形成する上記旋回流形成部としての第2旋回室と、上記第1旋回室で形成された混合流体の旋回流と上記第2旋回室で形成された混合流体の旋回流とを衝突させる衝突室と、この衝突室で混合流体の旋回流が衝突してなるウルトラファインバブル水を排出管側に導く排出通路とを含み、
- 上記排出管は、上記排出通路に連通するように上記微細化ブロックに連結され、上記微細化ブロックを上記ケーシング内に支持していることを特徴とするウルトラファインバブル製造器。

[請求項3]

請求項2に記載のウルトラファインバブル製造器において、
上記微細化ブロックが、

上記第1旋回室と、この第1旋回室の一端側ヘケーシング内の混合流体を第1旋回室の接線方向に導入する第1導入路と、上記第1旋回室の他端に形成されて旋回流を吐出する第1吐出孔とを有する第1ブロック部品と、

上記第1ブロック部品に結合され、上記第2旋回室と、この第2旋回室の一端側ヘケーシング内の混合流体を第2旋回室の接線方向に導入する第2導入路と、上記第2旋回室の他端に形成されて上記第1ブロック部品の第1吐出孔と対向して旋回流を吐出する第2吐出孔と、上記第1ブロック部品に結合されて第1ブロック部品との間に形成される衝突室に面する衝突室表面と、この衝突室表面に形成され、上記衝突室のウルトラファインバブル水を上記排出通路に流入させる流入口と、上記第1ブロック部品が連結された側と反対側の端面に形成され、上記排出通路を流れたウルトラファインバブル水を排出する排出口とを有する第2ブロック部品と
を含んで形成されていることを特徴とするウルトラファインバブル製造器。

[請求項4]

請求項3に記載のウルトラファインバブル製造器において、

上記第1導入路と第2導入路は、上記微細化ブロックの軸直角面に対して傾斜して形成されていることを特徴とするウルトラファインバブル製造器。

[請求項5]

請求項1に記載のウルトラファインバブル製造器において、

上記微細化ブロックが、上記ケーシングと同軸方向に形成されて上記混合流体が導かれる処理流路と、この処理流路の上流端に上記混合流体を中心軸の偏心方向に導入して旋回流を形成する上記旋回流形成部としての第1偏心供給路と、上記処理流路の上記第1偏心供給路よりも下流側に上記混合流体を中心軸の上記第1偏心供給路と反対向き

の偏心方向に導入し、上記第 1 偏心供給路で形成された旋回流に反対向きの旋回流を生成して衝突させる上記旋回流形成部としての第 2 偏心供給路とを含み、

上記排出管は、上記微細化ブロックの処理流路の下流端に連結されている

ことを特徴とするウルトラファインバブル製造器。

[請求項6]

請求項 1 に記載のウルトラファインバブル製造器を用いて形成されたウルトラファインバブル水製造装置であって、

原料水を圧送する第 1 ポンプと、

上記第 1 ポンプから圧送された原料水に気体を混合して混合流体を形成する混合器と、

上記混合器の下流側に設けられた第 2 ポンプと、

上記第 2 ポンプの下流側で混合流体を 2 つの経路に分岐する分岐部と、

上記分岐部に接続され、流量調整弁と、第 1 の上記ウルトラファインバブル製造器とが介設され、この第 1 ウルトラファインバブル製造器で製造された気体のウルトラファインバブルを含有する水を上記混合器と第 2 ポンプの間に戻す戻し経路と、

上記分岐部に接続され、第 2 の上記ウルトラファインバブル製造器が介設され、この第 2 ウルトラファインバブル製造器で製造された気体のウルトラファインバブルを含有する水を排出する排出経路とを備えることを特徴とするウルトラファインバブル水製造装置。

[請求項7]

請求項 1 に記載のウルトラファインバブル製造器を用いて形成されたウルトラファインバブル水製造装置であって、

気体が原料水に混合されてなる混合流体を圧送する第 1 ポンプと、

上記第 1 ポンプの吐出側と吸入側との間に接続され、上記第 1 ポンプから吐出された混合流体に気体を混合して上記第 1 ポンプの吸入側に戻す混合器と、

上記第 1 ポンプの下流側に設けられた上記ウルトラファインバブル製造器と、

上記ウルトラファインバブル製造器の下流側に接続された第 2 ポンプと、

上記第 2 ポンプの下流側に接続された気液分離器と、

上記気液分離器で分離された液体を排出する排出経路とを備えることを特徴とするウルトラファインバブル水製造装置。

[請求項 8] 請求項 6 又は 7 に記載のウルトラファインバブル水製造装置において、

上記第 2 ポンプが、カスケードポンプであることを特徴とするウルトラファインバブル水製造装置。

[請求項 9] 請求項 6 に記載のウルトラファインバブル水製造装置において、

上記混合器が原料水又は混合流体へ混合する気体の量を調整する気体量調整弁を備えることを特徴とするウルトラファインバブル水製造装置。

[請求項 10] 請求項 9 に記載のウルトラファインバブル水製造装置において、

上記排出経路から排出される水のウルトラファインバブル濃度を測定する濃度計と、

上記濃度計の測定値に基づいて、上記気体量調整弁と、上記第 2 ポンプと、上記流量調整弁を制御する制御装置とを備えることを特徴とするウルトラファインバブル水製造装置。

[請求項 11] 請求項 9 に記載のウルトラファインバブル水製造装置において、

上記排出経路から排出されるべきバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが入力される入力部と、

上記入力部に接続されていると共に、上記第 1 ポンプと、上記第 2 ポンプと、上記流量調整弁と、上記気体量調整弁に接続された制御装置と、

上記制御装置に格納され、上記第 1 ポンプの負荷と、上記第 2 ポン

プの負荷と、上記流量調整弁の開度と、上記気体量調整弁の開度とが夫々取り得る値と、これらの値に対応して、上記排出経路から排出されるバブル水のバブルの径及び濃度と流量とが格納されたテーブルとを備え、

上記制御装置は、上記入力部に入力された値に基づいて、上記テーブルを参照して上記第1ポンプの負荷と、上記第2ポンプの負荷と、上記流量調整弁の開度と、上記気体量調整弁の開度との目標値を抽出し、これらの目標値となるように、上記第1ポンプと、上記第2ポンプと、上記流量調整弁と、上記気体量調整弁とを制御することを特徴とするウルトラファインバブル水製造装置。