

明 細 書

発明の名称：微細気泡発生装置、給湯器、及び、食器洗浄機

技術分野

[0001] 本明細書で開示する技術は、微細気泡発生装置、給湯器、及び、食器洗浄機に関する。

背景技術

[0002] 特開２０１８－８１９３号公報には、気体溶解水が流入する流入部と、気体溶解水が流出する流出部と、流入部と流出部との間に設けられている微細気泡生成部と、を備える微細気泡発生装置が開示されている。微細気泡生成部は、上流から下流に向かうにつれて流路径が縮径する縮径流路と、縮径流路よりも下流に設けられており、上流から下流に向かうにつれて流路径が拡張する拡張流路と、を備えている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 特開２０１８－８１９３号公報の微細気泡発生装置では、気体が溶解している水（以下では、「気体溶解水」と記載することがある）が、流入部を経由して、微細気泡生成部の縮径流路に流入する。気体溶解水は、縮径流路を通過することによって、流速が上昇し、その結果減圧される。気体溶解水が減圧されることにより、気泡が発生する。次いで、気体溶解水は、拡張流路を通過することによって、徐々に増圧される。減圧によって気泡が発生した後の気体溶解水が増圧されると、気体溶解水に含まれる気泡が分裂して微細気泡になる。このように、特開２０１８－８１９３号公報の微細気泡発生装置では、微細気泡生成部によって微細気泡が生成される。しかしながら、特開２０１８－８１９３号公報の微細気泡発生装置では、微細気泡発生装置によって生成される微細気泡の量が不十分な状況が発生する。

[0004] 本明細書では、微細気泡を大量に生成することができる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本明細書によって開示される微細気泡発生装置は、気体溶解水が流入する流入部と、前記気体溶解水が流出する流出部と、前記流入部と前記流出部との間に設けられている第1の微細気泡生成部と、前記第1の微細気泡生成部と前記流出部との間に設けられている第2の微細気泡生成部と、を備えており、前記第1の微細気泡生成部は、上流から下流に向かうにつれて流路径が縮径する縮径流路と、前記縮径流路よりも下流に設けられており、上流から下流に向かうにつれて流路径が拡張する拡張流路と、を有するベンチュリ部を備えており、前記第2の微細気泡生成部は、前記第2の微細気泡生成部の下流側中心軸方向に並んで配置される複数の旋回流生成部を備えており、前記複数の旋回流生成部のそれぞれは、前記下流側中心軸方向に延びる軸部と、前記軸部を囲んでいる外周部と、前記軸部と前記外周部との間に設けられており、前記軸部に対して所定の旋回方向に流れる旋回流を生成する複数の羽根部と、を備えている。

[0006] 上記の構成によると、微細気泡発生装置に流入する気体溶解水は、第1の微細気泡生成部に流入する。第1の微細気泡生成部に流入する気体溶解水は、縮径流路を通過することによって流速が上昇し、その結果減圧される。気体溶解水が減圧されることにより、気泡が発生する。次いで、気体溶解水は、拡張流路を通過することによって、徐々に増圧される。減圧によって気泡が発生した後の気体溶解水が増圧されると、気体溶解水に含まれる気泡が分裂して微細気泡になる。次いで、第1の微細気泡生成部を通過した気体溶解水は、第2の微細気泡生成部の旋回流生成部に流入する。旋回流生成部に流入した気体溶解水は、所定の旋回方向に流れる旋回流となる。気体溶解水内の微細気泡は、旋回流によるせん断力によって、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。気体溶解水が複数の旋回流生成部を通過することによって、気体溶解水が1個の旋回流生成部を通過する構成と比較して、気体溶解水が旋回流として流れる経路を長くすることができる。このため、気体溶解水内の微細気泡は、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡を大量に生成することができる。

[0007] 1つまたはそれ以上の実施形態において、所定の旋回方向とは逆方向を逆旋回方向とする。前記旋回流生成部における前記複数の羽根部のそれぞれについて、前記複数の羽根部のうちの特定の羽根部の旋回方向側の端部が、旋回方向において前記特定の羽根部と隣り合う羽根部の逆旋回方向側の端部よりも逆旋回方向側に配置されていてもよい。前記旋回流生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記旋回流生成部に複数の第1の開口部が設けられていてもよい。前記旋回流生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記複数の第1の開口部のそれぞれは、前記特定の羽根部の旋回方向側の端部と、前記隣り合う羽根部の逆旋回方向側の端部と、前記軸部と、前記外周部と、に囲まれていてもよい。前記第2の微細気泡生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記複数の旋回流生成部のうちの下流側旋回流生成部であって、最上流側に設けられた旋回流生成部とは異なる前記下流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のそれぞれが、前記下流側旋回流生成部の上流側において、前記下流側旋回流生成部に隣り合う上流側旋回流生成部の前記複数の第1の開口部のうちの対応する前記第1の開口部の少なくとも一部に重なるように配置されていてもよい。

[0008] 上記の構成によると、第2の微細気泡生成部を下流側中心軸方向に見た場合に、下流側旋回流生成部の複数の羽根部のそれぞれが、上流側旋回流生成部の複数の第1の開口部のうちの対応する第1の開口部に重なっていない構成と比較して、上流側旋回流生成部から流出した気体溶解水のうち、下流側旋回流生成部の羽根部を通過することなく、下流側旋回流生成部を通過する気体溶解水の量を少なくすることができる。即ち、下流側旋回流生成部の羽根部に到達する気体溶解水の量を多くすることができる。このため、旋回流として流れる気体溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0009] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記第2の微細気泡生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記下流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のそれぞれが、前記上流側旋回流生成部の前記複数の第1の開口部のう

ちの対応する前記第1の開口部の全体に重なるように配置されていてもよい。

[0010] 上記の構成によると、上流側旋回流生成部から流出する気体溶解水の多くが、下流側旋回流生成部の羽根部に流入する。このため、旋回流として流れる気体溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0011] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記旋回流生成部の下流端には、複数の第2の開口部が設けられていてもよい。前記複数の第2の開口部のそれぞれは、前記特定の羽根部の旋回方向側の端部と、前記隣り合う羽根部の旋回方向側の端部と、前記軸部と、前記外周部と、に囲まれていてもよい。前記第2の微細気泡生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記下流側旋回流生成部の複数の羽根部のそれぞれの逆旋回方向側の端部は、前記複数の第2の開口部のうちの対応する前記第2の開口部の旋回方向における中央部の近傍に位置していてもよい。

[0012] 上記の構成によると、上流側旋回流生成部から流出する気体溶解水の一部は、下流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部に衝突する。気体溶解水が下流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部に衝突することによって、気体溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、上流側旋回流生成部から流出する気体溶解水の一部は、下流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部を通過する際に、せん断される。気体溶解水がせん断されると、気体溶解水内の微細気泡がより微細な気泡になるとともに、微細気泡の量がより多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0013] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記第1の微細気泡生成部は、複数の前記ベンチュリ部を備えてもよい。前記複数のベンチュリ部は、前記第1の微細気泡生成部の中心軸である上流側中心軸の周りに配置されている複数の外側ベンチュリ部を含んでもよい。前記複数の外側ベンチュリ部の数は、前記複数の旋回流生成部の中で最も上流側に設けられている最上流側旋

回流生成部の前記複数の羽根部の数と同じであってもよい。前記複数の外側ベンチュリ部のそれぞれの前記拡張流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のうちの対応する前記羽根部に対向していてもよい。

[0014] 上記の構成によると、第1の微細気泡生成部から流出する気体溶解水の多くが、最上流側旋回流生成部の羽根部に流入する。このため、旋回流として流れる気体溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0015] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記第1の微細気泡生成部は、複数の前記ベンチュリ部を備えてもよい。前記複数のベンチュリ部は、前記第1の微細気泡生成部の中心軸である上流側中心軸の周りに配置されている複数の外側ベンチュリ部を含んでもよい。前記複数の外側ベンチュリ部の数は、前記複数の旋回流生成部の中で最も上流側に設けられている最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部の数と同じであってもよい。前記複数の外側ベンチュリ部のそれぞれの前記拡張流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のうちの対応する前記羽根部の逆旋回方向側の端部に対向していてもよい。

[0016] 上記の構成によると、第1の微細気泡生成部から流出する気体溶解水の一部は、最上流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部に衝突する。気体溶解水が最上流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部に衝突することによって、気体溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、第1の微細気泡生成部から流出する気体溶解水の一部は、最上流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部を通過する際に、せん断される。気体溶解水がせん断されると、気体溶解水内の微細気泡がより微細な気泡になるとともに、微細気泡の量がより多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0017] 1つまたはそれ以上の実施形態において、微細気泡発生装置は、さらに、前記第1の微細気泡生成部、及び、前記第2の微細気泡生成部を収容する本

体ケースを備えてもよい。前記本体ケースは、前記第 1 の微細気泡生成部と、前記本体ケースと、を位置決めするための第 1 の位置決め部と、前記第 2 の微細気泡生成部と、前記本体ケースと、を位置決めするための第 2 の位置決め部と、を備えてもよい。

[0018] 上記の構成によると、第 1 の位置決め部によって第 1 の微細気泡生成部と本体ケースとが位置決めされ、第 2 の位置決め部によって第 2 の微細気泡生成部と本体ケースとが位置決めされることによって、第 1 の微細気泡生成部の複数の外側ベンチュリ部と第 2 の微細気泡生成部の最上流側旋回流生成部の複数の羽根部とが位置決めされる。このため、第 1 の微細気泡生成部から流出する気体溶解水の多くを、最上流側旋回流生成部の羽根部に流入させること、又は、最上流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部に衝突させること、若しくは、最上流側旋回流生成部の羽根部の逆旋回方向側の端部を通過する際にせん断させることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0019] 1 つまたはそれ以上の実施形態において、前記複数の旋回流生成部のそれぞれにおいて、上流端には、上流側に突出する上流側凸部、又は、下流側に陥凹する上流側凹部が設けられており、下流端には、前記旋回流生成部の前記上流端に前記上流側凸部が設けられている場合には、上流側に陥凹する下流側凹部が設けられており、前記旋回流生成部の前記上流端に前記上流側凹部が設けられている場合には、下流側に突出する下流側凸部が設けられていてもよい。前記上流側凸部は、前記第 2 の位置決め部及び前記下流側凹部に対応する形状を有していてもよい。前記上流側凹部は、前記第 2 の位置決め部及び前記下流側凸部に対応する形状を有していてもよい。

[0020] 上記の構成によると、旋回流生成部の上流端の上流側凸部、又は、上流側凹部を利用して、本体ケースと、最上流側旋回流生成部と、を位置決めすることができ、かつ、下流側中心軸方向において隣り合う 2 個の旋回流生成部を位置決めすることができる。この場合、最上流側旋回流生成部の上流端に、本体ケースと最上流側旋回流生成部とを位置決めするために、上流側凸部

、又は、上流側凹部とは異なる構造を設けなくてもよい。このため、複数の旋回流生成部の構造を共通化することができる。

[0021] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記複数のベンチュリ部は、さらに、前記上流側中心軸に沿って延びている内側ベンチュリ部を含んでもよい。前記内側ベンチュリ部の前記拡径流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記軸部に対向していてもよい。前記内側ベンチュリ部の前記拡径流路の下流端の開口面積は、前記下流側中心軸方向に見た場合の前記最上流側旋回流生成部の前記軸部の面積よりも小さくてもよい。

[0022] 上記の構成によると、内側ベンチュリ部の拡径流路の下流端の開口面積が、最上流側旋回流生成部の軸部の面積よりも大きい構成と比較して、内側ベンチュリ部から流出する気体溶解水の多くを最上流側旋回流生成部の軸部に衝突させることができる。気体溶解水が軸部に衝突することによって、気体溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0023] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記開口面積は、前記下流側中心軸方向に見た場合の前記最上流側旋回流生成部の前記軸部の上流端の外形の面積よりも小さくてもよい。

[0024] 内側ベンチュリ部から流出する気体溶解水の一部は、最上流側旋回流生成部の軸部の外側方向に流れ得る。上記の構成によると、最上流側旋回流生成部の軸部（詳細には、上流端）に衝突する気体溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0025] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記最上流側旋回流生成部の前記軸部の前記上流端には、下流側に陥凹する凹部が設けられていてもよい。

[0026] 上記の構成によると、内側ベンチュリ部から流出する気体溶解水は、凹部に衝突する。そして、凹部に衝突した気体溶解水は、内側ベンチュリ部側に流れる。この場合、内側ベンチュリ部から流出する気体溶解水と、凹部に衝突して内側ベンチュリ部側に流れる気体溶解水と、が衝突する。気体溶解水同士が衝突することによって、気体溶解水内の微細気泡が分裂して、より微

細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0027] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記複数の羽根部の上流側の面には、上流側に突出する突出部が設けられていてもよい。

[0028] 上記の構成によると、複数の羽根部を流れる気体溶解水が突出部に衝突する。気体溶解水が突出部に衝突することによって、気体溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0029] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記複数の外側ベンチュリ部のそれぞれの前記拡径流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のうちの対応する前記羽根部に設けられている前記突出部に対向していてもよい。

[0030] 上記の構成によると、外側ベンチュリ部から流出する気体溶解水を突出部に確実に衝突させることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0031] 1つまたはそれ以上の実施形態において、前記微細気泡発生装置は、前記第2の微細気泡生成部と前記流出部との間に設けられており、前記第2の微細気泡生成部から流出される気体溶解水の流れを、旋回流から直進流に整流する整流器を備えていてもよい。

[0032] 第2の微細気泡生成部から流出する気体溶解水の流れは、旋回流（即ち乱流）である。気体溶解水の流れが旋回流である場合、気体溶解水の流れが直進流（即ち層流）である場合と比較して、気体溶解水が、整流器よりも下流側において気体溶解水が流れる流路を画定する壁面（以下では、単に「壁面」と記載する）に衝突し易い。このため、第2の微細気泡生成部から流出する気体溶解水の流れが旋回流から直進流に整流されない場合、比較的の多くの気体溶解水が壁面に衝突する。この場合、微細気泡発生装置内の圧力損失が大きくなり、微細気泡発生装置内を流れる気体溶解水の量が少なくなる。上記の構成によると、第2の微細気泡生成部から流出する気体溶解水が整流

器を通過することによって、気体溶解水の流れが、旋回流（即ち乱流）から直進流（即ち層流）に整流される。このため、壁面に衝突する気体溶解水の量を低減することができ、微細気泡発生装置内の圧力損失を低減することができる。従って、微細気泡発生装置を流れる気体溶解水の量を多くすることができる。

[0033] また、本明細書は、上記の微細気泡発生装置を備える給湯器を開示する。

[0034] 上記の構成によると、微細気泡発生装置を通過した気体溶解水が給湯箇所に供給される。即ち、多くの微細気泡を含む気体溶解水を給湯箇所に供給することができる。気体溶解水が多くの微細気泡を含むことによって、ユーザの身体を洗ったりするときの洗浄力が向上する。従って、給湯器を利用するユーザの利便性を向上させることができる。

[0035] また、本明細書は、上記の微細気泡発生装置を備える食器洗浄機を開示する。

[0036] 上記の構成によると、微細気泡発生装置を通過した気体溶解水が食器洗浄機の洗浄槽に供給される。即ち、多くの微細気泡を含む気体溶解水を洗浄槽に供給することができる。気体溶解水が多くの微細気泡を含むことによって、食器を洗浄するときの洗浄力が向上する。従って、食器洗浄機を利用するユーザの利便性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]第1実施例に係る微細気泡発生装置2の斜視図である。

[図2]第1実施例に係る微細気泡発生装置2の断面図である。

[図3]第1実施例に係る微細気泡発生装置2の本体ケース10を取外した状態の斜視図である。

[図4]第1実施例に係る第1の微細気泡生成部20を上流側から見た図である。

[図5]第1実施例に係る第1の微細気泡生成部20を下流側から見た図である。

[図6]第1実施例に係る第2の微細気泡生成部22の旋回流生成部50を上流

側から見た図である。

[図7]第1実施例に係る第2の微細気泡生成部22の旋回流生成部50を上流側から見た斜視図である。

[図8]図2のVIII-VIII線に沿った断面図である。

[図9]第1実施例に係る第2の微細気泡生成部22を上流側から見た図である。

[図10]第2実施例に係る微細気泡発生装置2の断面図である。

[図11]第3実施例に係る微細気泡発生装置2の断面図である。

[図12]第4実施例に係る第2の微細気泡生成部22の旋回流生成部350を上流側から見た図である。

[図13]第4実施例に係る微細気泡発生装置2の断面図である。

[図14]第4実施例に係る第2の微細気泡生成部22の旋回流生成部350を下流側から見た斜視図である。

[図15]第4実施例に係る第2の微細気泡生成部22の旋回流生成部350を下流側から見た図である。

[図16]図13のXIV-XIV線に沿った断面図である。

[図17]第4実施例に係る第2の微細気泡生成部22を上流側から見た図である。

[図18]図13のXVIII-XVIII線に沿った断面図である。

[図19]第1実施形態に係る給湯システム402の構成を模式的に示す図である。

[図20]第2実施形態に係る食器洗浄機510の構成を模式的に示す図である。

[図21]第5実施例に係る微細気泡発生装置2の断面図である。

[図22]第5実施例に係る本体ケース610を上流側から見た図である。

[図23]第5実施例に係る第1の微細気泡生成部620を下流側から見た斜視図である。

[図24]第5実施例に係る第2の微細気泡生成部622の旋回流生成部650

を上流側から見た斜視図である。

[図25]第5実施例に係る第2の微細気泡生成部622の旋回流生成部650を下流側から見た斜視図である。

[図26]図21のXXVI-XXVIに沿った断面図である。

[図27]第5実施例に係る第2の微細気泡生成部622を上流側から見た斜視図である。

[図28]第6実施例に係る微細気泡発生装置2の断面図である。

[図29]第6実施例に係る整流器770を上流側から見た斜視図である。

[図30]第7実施例に係る微細気泡発生装置2の断面図である。

発明を実施するための形態

[0038] (第1実施例)

図1に示すように、微細気泡発生装置2は、本体ケース10と、流入部12と、流出部14と、を備えている。本体ケース10は、略円筒形状を有している。流入部12は、本体ケース10の上流側端部10aにネジ止め固定されている。流入部12には、流入口12aが形成されている。流出部14は、本体ケース10の下流側端部10bにネジ止め固定されている。流出部14には、流出口14aが形成されている。以下では、微細気泡発生装置2の中心軸Aを、単に「中心軸A」と記載することがある。

[0039] 図2に示すように、本体ケース10には、第1の微細気泡生成部20と、第1の微細気泡生成部20の下流に設けられている第2の微細気泡生成部22と、が収容されている。第1の微細気泡生成部20、及び、第2の微細気泡生成部22は、中心軸Aに沿って設けられている。

[0040] (第1の微細気泡生成部20の構成；図2～図5)

図3に示すように、第1の微細気泡生成部20は、第1本体部30と、第1本体部30の下流に設けられている第2本体部32と、を備えている。第1本体部30は、下流方向に向かうにつれて、外径が縮径している。第2本体部32は、下流方向に向かうにつれて、外径が拡径している。第1の微細気泡生成部20の中心軸は、中心軸Aと一致する。

[0041] 図4に示すように、第1の微細気泡生成部20には、内側ベンチュリ部34と、6個の外側ベンチュリ部36と、が設けられている。内側ベンチュリ部34は、第1の微細気泡生成部20の中心部に設けられている。内側ベンチュリ部34は、中心軸A上に設けられている。図2に示すように、内側ベンチュリ部34は、上流から下流に向かうにつれて流路径が縮径する縮径流路38と、縮径流路38の下流に設けられており、上流から下流に向かうにつれて流路径が拡張する拡張流路40と、を備えている。縮径流路38は、第1本体部30に設けられている。縮径流路38の上流端の流路径は流入部12の流入口12aの流路径よりも小さい。拡張流路40は、第2本体部32に設けられている。

[0042] 図4に示すように、6個の外側ベンチュリ部36は、内側ベンチュリ部34に対して中心軸Aの径方向外側に設けられている。6個の外側ベンチュリ部36は、中心軸Aの円周方向に沿って等間隔に配置されている。6個の外側ベンチュリ部36のそれぞれには、内側ベンチュリ部34と同様に、縮径流路38及び拡張流路40（図5参照）が設けられている。図2に示すように、縮径流路38及び拡張流路40によって、第1の微細気泡生成部20内の上流側流路42が画定される。流入部12から第1の微細気泡生成部20に流入する水は、上流側流路42を経由して、第2の微細気泡生成部22に流入する。

[0043] （第2の微細気泡生成部22の構成；図2、図6～図9）

図2に示すように、第2の微細気泡生成部22は、4個の旋回流生成部50を備えている。4個の旋回流生成部50は、中心軸A方向に並んで配置されている。第2の微細気泡生成部22の中心軸は、中心軸Aと一致する。なお、以下で記載する「時計回り方向」、及び、「反時計回り方向」は、中心軸A方向において、微細気泡発生装置2を上流側から見たときの方向を意味している。

[0044] 図6に示すように、旋回流生成部50は、軸部52と、軸部52を囲んでいる外周部54と、軸部52と外周部54との間に設けられており、軸部5

2 に対して時計回り方向に流れる旋回流を生成する 6 枚の羽根部 5 6 と、を備えている。軸部 5 2 は、円柱形上を有している。外周部 5 4 は、円筒形状を有している。図 2 に示すように、外周部 5 4 の外径は、本体ケース 1 0 の内径と同じである。軸部 5 2 及び外周部 5 4 は、中心軸 A に沿って設けられている。このため、軸部 5 2 の中心軸及び外周部 5 4 の中心軸は、第 2 の微細気泡生成部 2 2 の中心軸と一致する。図 6 に示すように、羽根部 5 6 は、軸部 5 2 の外壁と外周部 5 4 の内壁とを接続している。図 7 に示すように、羽根部 5 6 は、時計回り方向に向かうにつれて、下流側に傾斜している。羽根部 5 6 の上流側の面には、上流側に突出する突出部 5 8 が設けられている。旋回流生成部 5 0 を中心軸 A 方向に見た場合に、突出部 5 8 は、六角形の断面形状を有している。なお、変形例では、突出部 5 8 の断面形状は、円形状、扇形状、三角形状、涙滴形状等であってもよい。羽根部 5 6 は、時計回り方向側の流出側端部 6 0 と、反時計回り方向側の流入側端部 6 2 と、を備えている。図 6 に示すように、旋回流生成部 5 0 を中心軸 A 方向に見た場合に、旋回流生成部 5 0 には、6 個の第 1 の開口部 6 4 (図 6 の太線部分) が設けられている。6 個の第 1 の開口部 6 4 のそれぞれは、6 個の羽根部 5 6 のうちの 1 個の羽根部 5 6 の流出側端部 6 0 と、時計回り方向において当該 1 個の羽根部 5 6 に隣り合う羽根部 5 6 の流入側端部 6 2 と、軸部 5 2 と、外周部 5 4 と、に囲まれている。以下では、4 個の旋回流生成部 5 0 を、上流側から下流側に並んでいる順に、「第 1 の旋回流生成部 5 0」、「第 2 の旋回流生成部 5 0」、「第 3 の旋回流生成部 5 0」、「第 4 の旋回流生成部 5 0」と記載することがある。また、図 3 では、見易くするために、第 2 の旋回流生成部 5 0 ~ 第 4 の旋回流生成部 5 0 の軸部 5 2、外周部 5 4、及び、羽根部 5 6 を示す符号を省略している。

[0045] 図 8 に示すように、第 1 の旋回流生成部 5 0 (即ち、最上流側の旋回流生成部 5 0) は、第 1 の微細気泡生成部 2 0 の 6 個の外側ベンチュリ部 3 6 のそれぞれの拡張流路 4 0 の下流端が、第 1 の旋回流生成部 5 0 の 6 枚の羽根部 5 6 のうちの対応する羽根部 5 6 に設けられている突出部 5 8 に対向する

位置に配置されている。また、第1の旋回流生成部50は、内側ベンチュリ部34の拡径流路40の下流端が、第1の旋回流生成部50の軸部52に対向する位置に配置されている。内側ベンチュリ部34の拡径流路40の下流端の開口面積は、中心軸A方向に見た場合の第1の旋回流生成部50の軸部52の上流端52aの外形の面積よりも小さい。

[0046] 図9を参照して、中心軸A方向において隣り合う2個の旋回流生成部50の関係について説明する。図9では、第1の旋回流生成部50と、第1の旋回流生成部50の下流側において、第1の旋回流生成部50に隣り合う第2の旋回流生成部50と、を示している。図9では、理解を容易にするために、第2の旋回流生成部50の6個の羽根部56を灰色で示している。また、第1の開口部64が、太線で囲まれている。第2の旋回流生成部50は、旋回流生成部50を中心軸A方向に見た場合に、第2の旋回流生成部50の6個の羽根部56のそれぞれが、第1の旋回流生成部50の6個の第1の開口部64のうちの対応する第1の開口部64の全体に重なるように配置されている。即ち、4個の旋回流生成部50は、旋回流生成部50を中心軸A方向に見た場合に、中心軸A方向において隣り合う2個の旋回流生成部50のうちの下流側の旋回流生成部50の6個の羽根部56のそれぞれが、上流側の旋回流生成部50の6個の第1の開口部64のうちの対応する羽根部56の全体に重なるように配置されている。

[0047] 続いて、微細気泡発生装置2によって生成される微細気泡について説明する。微細気泡発生装置2は、空気が溶解している水（以下では、「空気溶解水」と記載する）を利用して、微細気泡を生成する。空気溶解水は、上水道等の給水源等から供給される水（いわゆる水道水）であってもよいし、外部から取り込んだ空気を水に溶解させる空気溶解水生成装置によって生成される水であってもよい。なお、変形例では、空気に代えて、炭酸ガス、水素、酸素等の気体が水に溶解していてもよい。

[0048] 図2に示すように、微細気泡発生装置2へ流入した空気溶解水は、流入部12の流入口12aを経由して、第1の微細気泡生成部20内の上流側流路

4 2 に流入する。上流側流路 4 2 へ流入した空気溶解水は、内側ベンチュリ部 3 4、及び、外側ベンチュリ部 3 6 に流入する。内側ベンチュリ部 3 4 へ流入した空気溶解水は、縮径流路 3 8 に流入する。縮径流路 3 8 に流入した空気溶解水は、縮径流路 3 8 を通過することによって流速が上昇し、その結果減圧される。空気溶解水が減圧されることにより、気泡が発生する。縮径流路 3 8 を通過した空気溶解水は、拡径流路 4 0 に流入する。拡径流路 4 0 に流入した空気溶解水は、拡径流路 4 0 を通過することによって、流速が減少し、その結果増圧される。減圧によって気泡が発生した後の空気溶解水が増圧されると、空気溶解水に含まれる気泡が分裂して微細気泡になる。拡径流路 4 0 を通過した水は、第 2 の微細気泡生成部 2 2 に流入する。このように、空気溶解水が内側ベンチュリ部 3 4 を通過することによって、微細気泡が生成される。外側ベンチュリ部 3 6 を通過する空気溶解水についても、空気溶解水が外側ベンチュリ部 3 6 を通過することによって微細気泡が生成される。第 1 の微細気泡生成部 2 0 内の上流側流路 4 2 を通過した空気溶解水は、第 2 の微細気泡生成部 2 2 に流入する。

[0049] 第 1 の微細気泡生成部 2 0 から流出する空気溶解水は、第 2 の微細気泡生成部 2 2 の最上流側の第 1 の旋回流生成部 5 0 に流入する。図 8 に示すように、第 1 の微細気泡生成部 2 0 の内側ベンチュリ部 3 4 から流出する空気溶解水は、第 1 の旋回流生成部 5 0 の軸部 5 2 の上流端 5 2 a に衝突する。空気溶解水が上流端 5 2 a に衝突することによって、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、第 1 の微細気泡生成部 2 0 の外側ベンチュリ部 3 6 から流出する空気溶解水は、第 1 の旋回流生成部 5 0 の羽根部 5 6 の突出部 5 8 に衝突する。空気溶解水が突出部 5 8 に衝突することによって、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。空気溶解水は、突出部 5 8 に衝突した後に、羽根部 5 6 を通過する。空気溶解水は、羽根部 5 6 を通過することによって、時計回り方向に流れる旋回流となる。空気溶解水内の微細気泡は、旋回流によるせん断力によって、より微細

な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。図9に示すように、第1の旋回流生成部50の羽根部56の流出側端部60から流出する空気溶解水は、第2の旋回流生成部50の羽根部56に流入する。第2の旋回流生成部50の羽根部56に流入した空気溶解水の一部は、第2の旋回流生成部50の羽根部56の突出部58に衝突する。空気溶解水が、第1の旋回流生成部50の羽根部56と第2の旋回流生成部50の羽根部56とを連続的に流れることによって、旋回流によるせん断される空気溶解水の量多くなる。このため、空気溶解水内の微細気泡は、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。その後、図2に示すように、空気溶解水は、第2の旋回流生成部50よりも下流に設けられている第3の旋回流生成部50、及び、第4の旋回流生成部50を通過する。空気溶解水が、合計4個の旋回流生成部50を通過することによって、空気溶解水内の微細気泡が微細化され、大量の微細気泡が生成される。そして、第2の微細気泡生成部22から流入する空気溶解水は、流出口14aから外部に流出する。

[0050] 上述のように、図2に示すように、微細気泡発生装置2は、空気溶解水（「気体溶解水」の一例）が流入する流入部12と、空気溶解水が流出する流出部14と、流入部12と流出部14との間に設けられている第1の微細気泡生成部20と、第1の微細気泡生成部20と流出部14との間に設けられている第2の微細気泡生成部22と、を備えている。第1の微細気泡生成部20は、上流から下流に向かうにつれて流路径が縮径する縮径流路38と、縮径流路38よりも下流に設けられており、上流から下流に向かうにつれて流路径が拡径する拡径流路40と、を有する外側ベンチュリ部36を備えている。第2の微細気泡生成部22は、中心軸A方向に並んで配置される4個の旋回流生成部50を備えている。4個の旋回流生成部50のそれぞれの、中心軸A方向に延びる軸部52と、軸部52を囲んでいる外周部54と、軸部52と外周部54との間に設けられており、軸部52に対して時計回り方向（「所定の旋回方向」の一例）に流れる旋回流を生成する6個の羽根部56と、を備えている。このような構成によると、微細気泡発生装置2に流入

する空気溶解水は、第1の微細気泡生成部20に流入する。第1の微細気泡生成部20に流入する空気溶解水は、縮径流路38を通過することによって流速が上昇し、その結果減圧される。空気溶解水が減圧されることにより、気泡が発生する。次いで、空気溶解水は、拡径流路40を通過することによって、徐々に増圧される。減圧によって気泡が発生した後の空気溶解水が増圧されると、空気溶解水に含まれる気泡が分裂して微細気泡になる。次いで、第1の微細気泡生成部20を通過した空気溶解水は、第2の微細気泡生成部22の旋回流生成部50に流入する。旋回流生成部50に流入した空気溶解水は、時計回り方向に流れる旋回流となる。空気溶解水内の微細気泡は、旋回流によるせん断力によって、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。空気溶解水が4個の旋回流生成部50を通過することによって、空気溶解水が1個の旋回流生成部50を通過する構成と比較して、空気溶解水が旋回流として流れる経路を長くすることができる。このため、空気溶解水内の微細気泡は、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡を大量に生成することができる。

[0051] また、図6に示すように、旋回流生成部50における6個の羽根部56のそれぞれについて、6個の羽根部56のうちの1個の羽根部56の流出側端部60（「旋回方向側の端部」の一例）が、時計回り方向において1個の羽根部56と隣り合う羽根部56の流入側端部62（「逆旋回方向側の端部」の一例）よりも反時計回り方向（「逆旋回方向」の一例）側に配置されている。旋回流生成部50を中心軸A方向に見た場合に、旋回流生成部50に6個の第1の開口部64（図6の太線部分）が設けられている。旋回流生成部50を中心軸A方向に見た場合に、6個の第1の開口部64のそれぞれは、1個の羽根部56の流出側端部60と、隣り合う羽根部56の流入側端部62と、軸部52と、外周部54と、に囲まれている。そして、図9に示すように、第2の微細気泡生成部22を中心軸A方向に見た場合に、4個の旋回流生成部50のうちの第2の旋回流生成部50（「下流側旋回流生成部」の一例）の6個の羽根部56のそれぞれが、第1の旋回流生成部50（「上流

側旋回流生成部」の一例)の6個の第1の開口部64のうちの対応する第1の開口部64の少なくとも一部に重なるように配置されている。このような構成によると、第2の旋回流生成部50の6個の羽根部56のそれぞれが、第1の旋回流生成部50の6個の第1の開口部64のうちの対応する第1の開口部64に重なっていない構成と比較して、第1の旋回流生成部50から流出した空気溶解水のうち、第2の旋回流生成部50の羽根部56を通過することなく、第2の旋回流生成部50を通過する空気溶解水の量を少なくすることができる。即ち、第2の旋回流生成部50の羽根部56に到達する空気溶解水の量を多くすることができる。このため、旋回流として流れる空気溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0052] 特に、本実施例においては、第2の微細気泡生成部22を中心軸A方向に見た場合に、第2の旋回流生成部50の6個の羽根部56のそれぞれが、第1の旋回流生成部50の6個の第1の開口部64のうちの対応する第1の開口部64の全体に重なるように配置されている。上記の構成によると、第1の旋回流生成部50から流出する空気溶解水の多くが、第2の旋回流生成部50の羽根部56に流入する。このため、旋回流として流れる空気溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0053] また、図8に示すように、第1の微細気泡生成部20は、中心軸Aの周りに配置されている6個の外側ベンチュリ部36を備えている。外側ベンチュリ部36の数(即ち6個)は、第1の旋回流生成部50(「最上流側旋回流生成部」の一例)の羽根部56の数(即ち6個)と同じである。6個の外側ベンチュリ部36のそれぞれの拡径流路40の下流端は、第1の旋回流生成部50の6個の羽根部56のうちの対応する羽根部56に対向している。このような構成によると、第1の微細気泡生成部20から流出する空気溶解水の多くが、第1の旋回流生成部50の羽根部56に流入する。このため、旋回流として流れる空気溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気

泡をより大量に生成することができる。

[0054] また、図8に示すように、第1の微細気泡生成部20は、さらに、中心軸Aに沿って延びている内側ベンチュリ部34を備えている。内側ベンチュリ部34の拡径流路40の下流端は、第1の旋回流生成部50の軸部52に対向している。内側ベンチュリ部34の拡径流路40の下流端の開口面積は、中心軸A方向に見た場合の第1の旋回流生成部50の軸部52の面積よりも小さくなっている。このような構成によると、内側ベンチュリ部34の拡径流路40の下流端の開口面積が、第1の旋回流生成部50の軸部52の面積よりも大きい構成と比較して、内側ベンチュリ部34から流出する空気溶解水の多くを第1の旋回流生成部50の軸部52に衝突させることができる。空気溶解水が軸部52に衝突することによって、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。また、内側ベンチュリ部34の拡径流路40の下流端の開口面積が、中心軸A方向に見た場合の第1の旋回流生成部50の軸部52の面積よりも大きい構成と比較して、第1の旋回流生成部50の軸部52に衝突することなく、第1の開口部64を通して、第1の旋回流生成部50から流出する空気溶解水の量を少なくすることができる。即ち、第1の旋回流生成部50の軸部52に衝突する空気溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0055] また、図8に示すように、内側ベンチュリ部34の拡径流路40の下流端の開口面積は、中心軸A方向に見た場合の第1の旋回流生成部50の軸部52の上流端52aの外形の面積よりも小さい。内側ベンチュリ部34から流出する空気溶解水の一部は、第1の旋回流生成部50の軸部52の外側方向に流れ得る。上記の構成によると、第1の旋回流生成部50の軸部52（詳細には、上流端52a）に衝突する空気溶解水の量を多くすることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0056] また、図6に示すように、6個の羽根部56の上流側の面には、上流側に

突出する突出部 58 が設けられている。このような構成によると、6 個の羽根部 56 を流れる空気溶解水が突出部 58 に衝突する。空気溶解水が突出部 58 に衝突することによって、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0057] また、図 8 に示すように、6 個の外側ベンチュリ部 36 のそれぞれの拡径流路 40 の下流端は、第 1 の旋回流生成部 50 の 6 個の羽根部 56 のうちの対応する羽根部 56 に設けられている突出部 58 に対向している。このような構成によると、外側ベンチュリ部 36 から流出する空気溶解水を突出部 58 に確実に衝突させることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0058] (第 2 実施例)

図 10 を参照して、第 2 実施例の微細気泡発生装置 2 について説明する。なお、以下では、実施例間で共通する構成については同じ符号を付して、その説明を省略する。

[0059] 本実施例の微細気泡発生装置 2 は、4 個の旋回流生成部 150 の構造が、第 1 実施例の 4 個の旋回流生成部 50 (図 2 参照) の構造と異なる。特に、軸部 152 の構造が、第 1 実施例の軸部 52 (図 2 参照) の構造と異なる。軸部 152 の上流端 152a には、下流側に陥凹している凹部 152b が設けられている。凹部 152b は、円柱形状に対応する形状を有している。凹部 152b の直径は、内側ベンチュリ部 34 の下流端の流路径と略同じである。なお、変形例では、凹部 152b の直径は、内側ベンチュリ部 34 の下流端の流路径よりも大きくてもよいし、小さくてもよい。

[0060] 上述のように、図 10 に示すように、第 1 の旋回流生成部 150 の軸部 152 の上流端 152a には、下流側に陥凹する凹部 152b が設けられている。このような構成によると、内側ベンチュリ部 34 から流出する空気溶解水は、凹部 152b に衝突する。そして、凹部 152b に衝突した空気溶解水は、内側ベンチュリ部 34 側に流れる。この場合、内側ベンチュリ部 34

から流出する空気溶解水と、凹部 1 5 2 b に衝突して内側ベンチュリ部 3 4 側に流れる空気溶解水と、が衝突する。空気溶解水同士が衝突することによって、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0061] (第 3 実施例)

図 1 1 を参照して、第 3 実施例の微細気泡発生装置 2 について説明する。本実施例の微細気泡発生装置 2 は、4 個の旋回流生成部 2 5 0 の構造が、第 2 実施例の 4 個の旋回流生成部 1 5 0 (図 1 0 参照) の構造と異なる。特に、軸部 2 5 2 の構造が、第 2 実施例の軸部 2 5 2 (図 1 0 参照) の構造と異なる。軸部 2 5 2 の上流端 2 5 2 a には、下流側に陥凹している凹部 2 5 2 b が設けられている。凹部 2 5 2 b は、半球形状に対応する形状を有している。このような構成によると、第 2 実施例の構成と同様に、空気溶解水同士が衝突することによって、微細気泡をより大量に生成することができる。また、第 2 実施例の構成と比較して、凹部 2 5 2 b を通過する空気溶解水が滞留することを抑制することができる。

[0062] (第 4 実施例)

図 1 2 ~ 図 1 7 を参照して、第 4 実施例の微細気泡発生装置 2 について説明する。本実施例の微細気泡発生装置 2 は、4 個の旋回流生成部 3 5 0 の構造が、第 1 実施例の 4 個の旋回流生成部 5 0 (図 2 参照) の構造と異なる。

[0063] 図 1 2 に示すように、旋回流生成部 3 5 0 は、軸部 3 5 2 と、軸部 3 5 2 を囲んでいる外周部 3 5 4 と、6 個の羽根部 3 5 6 と、を備えている。軸部 3 5 2 は、円柱形状を有している。外周部 3 5 4 は、円筒形状を有している。図 1 3 に示すように、外周部 3 5 4 の外径は、本体ケース 1 0 の内径と同じである。軸部 3 5 2 及び外周部 3 5 4 は、中心軸 A に沿って設けられている。羽根部 3 5 6 は、軸部 3 5 2 の外壁と外周部 3 5 4 の内壁とを接続している。羽根部 3 5 6 は、時計回りの方向に向かうにつれて、下流側に傾斜している。図 1 2 に示すように、羽根部 3 5 6 は、時計回り方向側の流出側端

部 3 6 0 と、反時計回り方向側の流入側端部 3 6 2 と、を備えている。旋回流生成部 3 5 0 を中心軸 A 方向に見た場合に、旋回流生成部 3 5 0 には、6 個の第 1 の開口部 3 6 3 (図 1 2 の太線部分) が設けられている。6 個の第 1 の開口部 3 6 3 のそれぞれは、6 個の羽根部 3 5 6 のうちの 1 個の羽根部 3 5 6 の流出側端部 3 6 0 と、時計回り方向において当該 1 個の羽根部 3 5 6 に隣り合う羽根部 3 5 6 の流入側端部 3 6 2 と、軸部 3 5 2 と、外周部 3 5 4 と、に囲まれている。図 1 4 に示すように、旋回流生成部 3 5 0 の下流端には、6 個の第 2 の開口部 3 6 4 が設けられている。図 1 5 の太線部分に示されるように、6 個の第 2 の開口部 3 6 4 のそれぞれは、6 個の羽根部 3 5 6 のうちの 1 個の羽根部 3 5 6 の流出側端部 3 6 0 と、時計回り方向において当該 1 個の羽根部 3 5 6 に隣り合う羽根部 3 5 6 の流出側端部 3 6 0 と、軸部 3 5 2 と、外周部 3 5 4 と、に囲まれている。

[0064] 図 1 6 に示すように、第 1 の旋回流生成部 3 5 0 (即ち、最上流側の旋回流生成部 3 5 0) は、6 個の外側ベンチュリ部 3 6 のそれぞれの拡径流路 4 0 の下流端が、第 1 の旋回流生成部 3 5 0 の複数の羽根部 3 5 6 のうちの対応する羽根部 3 5 6 の流入側端部 3 6 2 に対向する位置に配置されている。また、第 1 の旋回流生成部 3 5 0 は、内側ベンチュリ部 3 4 の拡径流路 4 0 の下流端が、第 1 の旋回流生成部 3 5 0 の軸部 3 5 2 に対向する位置に配置されている。内側ベンチュリ部 3 4 の拡径流路 4 0 の下流端の開口面積は、中心軸 A 方向に見た場合の第 1 の旋回流生成部 3 5 0 の軸部 3 5 2 の上流端 3 5 2 a の外形の面積よりも小さい。

[0065] 図 1 7、図 1 8 を参照して、中心軸 A 方向において隣り合う 2 個の旋回流生成部 3 5 0 の関係について説明する。図 1 7、図 1 8 では、第 1 の旋回流生成部 3 5 0 と、第 2 の旋回流生成部 3 5 0 と、を示している。図 1 7、1 8 では、理解を容易にするために、第 2 の旋回流生成部 3 5 0 の 6 個の羽根部 3 5 6 を灰色で示している。図 1 7 に示すように、第 2 の旋回流生成部 3 5 0 は、旋回流生成部 3 5 0 を中心軸 A 方向に見た場合に、第 2 の旋回流生成部 3 5 0 の 6 個の羽根部 3 5 6 のそれぞれの一部 (詳細には、流入側端部

３６２の一部）が、第１の旋回流生成部３５０の６個の第１の開口部３６３のうちの対応する第１の開口部３６３に重なるように配置されている。即ち、旋回流生成部３５０を中心軸Ａ方向に見た場合に、第２の旋回流生成部３５０の羽根部３５６と、第１の旋回流生成部３５０の羽根部３５６と、は完全には重なり合っていない。図１８に示すように、第２の旋回流生成部３５０は、旋回流生成部３５０を中心軸Ａ方向に見た場合に、第２の旋回流生成部３５０の複数の羽根部３５６のそれぞれの流入側端部３６２が、第１の旋回流生成部３５０の複数の第２の開口部３６４（図１８の太線部分）のうちの対応する第２の開口部３６４の時計回り方向における中央部の近傍に位置するように配置されている。換言すると、第２の旋回流生成部３５０は、旋回流生成部３５０を中心軸Ａ方向に見た場合に、第２の旋回流生成部３５０の複数の羽根部３５６のそれぞれの流入側端部３６２が、第１の旋回流生成部３５０の複数の羽根部３５６のうちの１個の羽根部３５６の流出側端部３６０と、当該１個の羽根部３５６に隣り合う羽根部３５６の流出側端部３６０と、の間の時計周り方向における中央部の近傍に位置するように配置されている。

[0066] 続いて、本実施例の微細気泡発生装置２によって生成される微細気泡について説明する。第１の微細気泡生成部２０を通過する空気溶解水の流れは第１実施例と同じである。このため、以下では、本実施例の第２の微細気泡生成部２２を通過する空気溶解水の流れについて説明する。

[0067] 図１３に示すように、第１の微細気泡生成部２０から流出する空気溶解水は、第２の微細気泡生成部２２の最上流側の第１の旋回流生成部３５０に流入する。図１６に示すように、第１の微細気泡生成部２０の内側ベンチュリ部３４から流出する空気溶解水は、第１の旋回流生成部３５０の軸部３５２の上流端３５２ａに衝突する。これにより、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、第１の微細気泡生成部２０の外側ベンチュリ部３６から流出する空気溶解水は、第１の旋回流生成部３５０の羽根部３５６の流入側端部３６２に向かって

流れる。外側ベンチュリ部36から流出する空気溶解水の一部は、第1の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362に衝突する。これにより、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、外側ベンチュリ部36から流出する空気溶解水の一部は、第1の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362近傍を通過する際に、空気溶解水内の微細気泡がせん断される。これにより、空気溶解水内の微細気泡がより微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。そして、空気溶解水の一部は、第1の旋回流生成部350の羽根部356を通過する。空気溶解水は、羽根部356を通過することによって、時計回り方向に流れる旋回流となる。空気溶解水内の微細気泡は、旋回流によるせん断力によって、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。次いで、第1の旋回流生成部350から流出する空気溶解水は、第2の旋回流生成部350に流入する。図18に示すように、第1の旋回流生成部350の羽根部356の流出側端部360から流出する空気溶解水の一部は、第2の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362に衝突する。これにより、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、第1の旋回流生成部350の羽根部356の流出側端部360から流出する空気溶解水の一部は、第2の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362近傍を通過する際に、空気溶解水内の微細気泡がせん断される。これにより、空気溶解水内の微細気泡がより微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。そして、空気溶解水の一部は、第2の旋回流生成部350の羽根部356を通過する。その後、空気溶解水は、第2の旋回流生成部350よりも下流に設けられている第3の旋回流生成部350、及び、第4の旋回流生成部350を通過する。空気溶解水が、合計4個の旋回流生成部350を通過することによって、空気溶解水内の微細気泡が微細化され、大量の微細気泡が生成される。そして、図13に示すように、第2の微細気泡生成部22から流入する空気溶解水は、流出口14aから外部に流出する。

[0068] 上述のように、図15に示すように、旋回流生成部350の下流端には、6個の第2の開口部364が設けられている。6個の第2の開口部364のそれぞれは、6個の羽根部356のうちの1個の羽根部356の流出側端部360と、当該1個の羽根部356と隣り合う羽根部356の流出側端部360と、軸部352と、外周部354と、に囲まれている。図18に示すように、第2の微細気泡生成部22を中心軸A方向に見た場合に、第2の旋回流生成部350の複数の羽根部356のそれぞれの流入側端部362は、6個の第2の開口部364のうちの対応する第2の開口部364の時計回り方向における中央部の近傍に位置している。このような構成によると、第1の旋回流生成部350から流出する空気溶解水の一部は、第2の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362に衝突する。空気溶解水が第2の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362に衝突することによって、空気溶解水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、第1の旋回流生成部350から流出する空気溶解水の一部は、第2の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362を通過する際に、せん断される。空気溶解水がせん断されると、空気溶解水内の微細気泡がより微細な気泡になるとともに、微細気泡の量がより多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0069] また、図16に示すように、第1の微細気泡生成部20は、中心軸Aの周りに配置されている6個の外側ベンチュリ部36を備えている。外側ベンチュリ部36の数（即ち6個）は、第1の旋回流生成部350（「最上流側旋回流生成部」の一例）の羽根部356の数（即ち6個）と同じである。6個の外側ベンチュリ部36のそれぞれの拡径流路40の下流端は、第1の旋回流生成部350の6個の羽根部356のうちの対応する羽根部356の流入側端部362に対向している。上記の構成によると、第1の微細気泡生成部20から流出する空気溶解水の一部は、第1の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362に衝突する。空気溶解水が第1の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362に衝突することによって、空気溶解

水内の微細気泡が分裂して、より微細な気泡になるとともに、微細気泡の量が多くなる。また、第1の微細気泡生成部20から流出する空気溶解水の一部は、第1の旋回流生成部350の羽根部356の流入側端部362を通過する際に、せん断される。空気溶解水がせん断されると、空気溶解水内の微細気泡がより微細な気泡になるとともに、微細気泡の量がより多くなる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0070] 以下では、第1実施例～第4実施例の微細気泡発生装置2を利用する有用な実施形態について説明する。

[0071] (第1実施形態；微細気泡発生装置2を利用した給湯システム402の構成)

図19に示す給湯システム402は、上水道などの給水源404から供給される水を加熱して、所望の温度まで加熱された水を、台所等に設置されたカラン406や、浴室に配置された浴槽408に供給することができる。また、給湯システム402は、浴槽408の水の追い焚きを行うことができる。

[0072] 給湯システム402は、第1の熱源機410と、第2の熱源機412と、燃焼室414と、を備えている。第1の熱源機410は、カラン406への給湯や浴槽408への湯はりのために使用される熱源機である。第2の熱源機412は、浴槽408の追い焚きのために使用される熱源機である。燃焼室414の内部は、仕切り壁部416によって、第1の燃焼室418と第2の燃焼室420に区画されている。第1の燃焼室418には、第1の熱源機410が収容されており、第2の燃焼室420には、第2の熱源機412が収容されている。

[0073] 第1の熱源機410は、第1のバーナ422と、第1の熱交換器424と、を備えている。第2の熱源機412は、第2のバーナ426と、第2の熱交換器428と、を備えている。

[0074] 第1の熱源機410の第1の熱交換器424の上流端は、給水路430の下流端に接続している。給水路430の上流端には、給水源404から水が

供給される。第１の熱交換器４２４の下流端は、給湯路４３２の上流端に接続している。給水路４３０と給湯路４３２は、バイパス路４３４によって接続されている。給水路４３０とバイパス路４３４の接続箇所には、バイパスサーボ４３６が設けられている。バイパスサーボ４３６は、給水路４３０から第１の熱源機４１０に送られる水の流量と、給水路４３０からバイパス路４３４へ送られる水の流量の割合を調整する。バイパス路４３４と給湯路４３２の接続箇所において、給水路４３０、及び、バイパス路４３４を経由する低温水と、給水路４３０、第１の熱源機４１０、及び、給湯路４３２を経由する高温水とが混合される。バイパスサーボ４３６よりも上流側の給水路４３０には、水量センサ４３８と、水量サーボ４４０が設けられている。水量センサ４３８は、給水路４３０を流れる水の流量を検出する。水量サーボ４４０は、給水路４３０を流れる水の流量を調整する。バイパス路４３４との接続箇所よりも上流側の給湯路４３２には、熱交換器出口サーミスタ４４２が設けられている。

[0075] バイパス路４３４の接続箇所よりも下流側の給湯路４３２には、湯はり路４５０の上流端が接続している。給湯路４３２と湯はり路４５０との接続箇所には、給湯サーミスタ４４４が設けられている。給湯路４３２とバイパス路４３４との接続箇所と、給湯路４３２と湯はり路４５０との接続箇所と、の間には、微細気泡発生装置２が設けられている。なお、以下では、給湯路４３２のうち微細気泡発生装置２よりも上流側の水路を第１の給湯路４３２ａと記載し、給湯路４３２のうち微細気泡発生装置２よりも下流側の水路を第２の給湯路４３２ｂと記載することがある。

[0076] 湯はり路４５０の下流端は、追い焚き往路４６０の上流端、及び、第１の浴槽循環路４６２の下流端に接続している。追い焚き往路４６０の下流端は、第２の熱交換器４２８の上流端に接続している。第１の浴槽循環路４６２の上流端は、浴槽４０８に接続している。湯はり路４５０には、湯はり制御弁４５２と、逆止弁４５４と、が設けられている。湯はり制御弁４５２は、湯はり路４５０を開閉する。逆止弁４５４は、湯はり路４５０の上流側から

下流側へ向かう水の流れを許容し、湯はり路450の下流側から上流側へ向かう水の流れを禁止する。湯はり路450、追い焚き往路460、及び第1の浴槽循環路462の接続箇所には、浴槽戻りサーミスタ464が設けられている。追い焚き往路460には、循環ポンプ466が設けられている。

[0077] 第2の熱源機412の第2の熱交換器428の下流端は、第2の浴槽循環路468の上流端に接続している。第2の浴槽循環路468の下流端は、浴槽408に接続している。第2の浴槽循環路468には、浴槽行きサーミスタ470が設けられている。

[0078] 給湯システム402がカラン406への給湯を行う際には、湯はり制御弁452が閉じている状態で、第1の熱源機410の第1のバーナ422が燃焼する。この場合、給水源404から給水路430に供給される水は、第1の熱交換器424での熱交換によって加熱された後、給湯路432からカラン406へ供給される。第1の熱源機410の第1のバーナ422の燃焼量や、バイパスサーボ436の開度を調整することで、給湯路432を流れる水の温度を所望の温度に調整することができる。上述のように、微細気泡発生装置2が給湯路432に設けられている。そして、給水源404から供給される水には空気（酸素、二酸化炭素、窒素等）が溶解している。このため、微細気泡発生装置2を通過して、カラン406に供給される水は、多くの微細気泡を含む。

[0079] 給湯システム402が浴槽408への湯はりを行う際には、湯はり制御弁452が開いた状態で、第1の熱源機410の第1のバーナ422が燃焼する。この場合、給水源404から給水路430に供給される水は、第1の熱交換器424での熱交換によって加熱された後、給湯路432から湯はり路450に流入する。この際に、第1の熱源機410の第1のバーナ422の燃焼量の調整や、バイパスサーボ436の開度の調整によって、水の温度は所望の温度に調整される。湯はり路450へ流入した水は第1の浴槽循環路462を経由して、浴槽408へ流入するとともに、追い焚き往路460、第2の浴槽循環路468を経由して、浴槽408へ流入する。微細気泡発生

装置 2 が給湯路 4 3 2（詳細には、第 1 の給湯路 4 3 2 a）に設けられているために、浴槽 4 0 8 に供給される水は、多くの微細気泡を含む。

[0080] 給湯システム 4 0 2 が浴槽 4 0 8 の追い焚きを行う際には、湯はり制御弁 4 5 2 が閉じている状態で、循環ポンプ 4 6 6 が駆動し、第 2 の熱源機 4 1 2 の第 2 のバーナ 4 2 6 が燃焼する。この場合、浴槽 4 0 8 の水は第 1 の浴槽循環路 4 6 2 に流入し、追い焚き往路 4 6 0 を経由して、第 2 の熱源機 4 1 2 へ送られる。第 2 の熱源機 4 1 2 へ送られた水は、第 2 の熱交換器 4 2 8 での熱交換によって加熱された後、第 2 の浴槽循環路 4 6 8 へ流入する。この際に、第 2 の熱源機 4 1 2 の第 2 のバーナ 4 2 6 の燃焼量の調整によって、水の温度は所望の温度に調整される。第 2 の浴槽循環路 4 6 8 へ流入した水は、浴槽 4 0 8 へ戻される。

[0081] 上述のように、図 1 9 に示すように、給湯システム 4 0 2（「給湯器」の一例）は、微細気泡発生装置 2 を備える。このような構成によると、微細気泡発生装置 2 を通過した水（「気体溶解水」の一例）がカラン 4 0 6、浴槽 4 0 8 に供給される。即ち、多くの微細気泡を含む水をカラン 4 0 6、浴槽 4 0 8 に供給することができる。水が多くの微細気泡を含むことによって、ユーザの身体を洗ったりするときの洗浄力が向上する。従って、給湯システム 4 0 2 を利用するユーザの利便性を向上させることができる。

[0082]（第 2 実施形態；微細気泡発生装置 2 を利用した食器洗浄機 5 1 0 の構成）

図 2 0 は、食器洗浄機 5 1 0 の縦断面図である。食器洗浄機 5 1 0 は、引き出し式の食器洗浄機である。食器洗浄機 5 1 0 は、本体 5 1 2 と、洗浄槽 5 1 4 と、扉 5 1 5 と、コントローラ 5 6 0 と、を備えている。

[0083] 扉 5 1 5 には、操作パネル 5 1 6 と、排気経路 5 1 8 と、が設けられている。操作パネル 5 1 6 には、スタートボタン等の各種のボタンやランプ等が設けられている。排気経路 5 1 8 は、洗浄槽 5 1 4 の内側から外側に達している。

[0084] 洗浄槽 5 1 4 は、本体 5 1 2 と扉 5 1 5 とで形成される空間に收容されている。洗浄槽 5 1 4 は、本体 5 1 2 にスライド可能に支持されている。洗浄

槽 5 1 4 は、扉 5 1 5 に連結されている。洗浄槽 5 1 4 は、上部が開放された箱状に形成されている。洗浄槽 5 1 4 の上方には、蓋 5 5 6 が配置されている。蓋 5 5 6 は、図示しない昇降機構によって洗浄槽 5 1 4 と連結されている。

[0085] 洗浄槽 5 1 4 の内部には、洗浄ノズル 5 2 0、種々の食器 5 1 9 を保持する食器かご 5 6 1、残菜フィルタ 5 1 7、ヒータ 5 3 0、サーミスタ 5 5 5 等が収容されている。洗浄ノズル 5 2 0 は、上段ノズル 5 2 1 と下段ノズル 5 2 2 からなるタワーノズル部 5 2 3 と、水平ノズル部 5 2 4 と、から構成されている。洗浄ノズル 5 2 0 には、複数の噴射口 5 2 1 a、5 2 2 a、5 2 4 a が形成されている。洗浄槽 5 1 4 の底面 5 3 9 近傍には、洗浄水や洗浄槽 5 1 4 内の空気を加熱するための電気式のヒータ 5 3 0 が装着されている。洗浄槽 5 1 4 の底面 5 3 9 にはサーミスタ 5 5 5 が装着されている。

[0086] 洗浄槽 5 1 4 の前部外側の下部には、洗浄槽 5 1 4 内の水位を検出する水位検出ユニット 5 4 5 が設けられている。洗浄槽 5 1 4 に正常に洗浄水が給水された場合の水位（以下では、「洗浄水位」と記載する）を符号 5 5 4 の 2 点鎖線で示されている。洗浄槽 5 1 4 の底面 5 3 9 の下方には、ポンプ 5 2 7 が設けられている。ポンプ 5 2 7 は、内蔵する電気モータによってインペラ 5 2 8 を回転する。洗浄槽 5 1 4 の底面 5 3 9 には、洗浄ノズル 5 2 0 が回転可能に取付けられている。洗浄ノズル 5 2 0 とポンプ 5 2 7 の第 1 吐出口 5 1 1 は連通している。

[0087] 洗浄槽 5 1 4 の底部には、吸込凹部 5 3 1 が形成されている。吸込凹部 5 3 1 の上部開口部は、残菜フィルタ 5 1 7 によって覆われている。水位検出ユニット 5 4 5 と吸込凹部 5 3 1 とは、水位経路 5 5 0 によって接続されている。ポンプ 5 2 7 と吸込凹部 5 3 1 とは、第 1 吸込流路 5 3 2 によって接続されている。第 1 吸込流路 5 3 2 には、第 2 吸込流路 5 7 4 の一端が接続されている。第 2 吸込流路 5 7 4 の他端は、洗浄槽 5 1 4 の後方壁 5 5 1 の開口 5 7 2 に接続されている。第 1 吸込流路 5 3 2 と第 2 吸込流路 5 7 4 との接続部には、流路切換バルブ 5 7 6 が取付けられている。

- [0088] 洗浄槽 5 1 4 の後方壁 5 5 1 の外側には、乾燥ファン 5 5 2 が装着されている。乾燥ファン 5 5 2 は、内蔵するモータでファン 5 5 3 を回転駆動する。乾燥ファン 5 5 2 と洗浄槽 5 1 4 内は、乾燥経路 5 6 3 によって連通されている。乾燥ファン 5 5 2 は洗浄水位 5 5 4 よりも高く配置されている。
- [0089] 本体 5 1 2 の後方壁 5 3 3 には、排水ホース 5 3 4 が接続されている。排水ホース 5 3 4 とポンプ 5 2 7 の第 2 吐出口 5 3 5 は、排水流路 5 3 6 によって連通されている。排水流路 5 3 6 の途中と、洗浄槽 5 1 4 内は、エア抜き経路 5 3 7 によって連通されている。排水流路 5 3 6 の排水ホース 5 3 4 と接続されている箇所の近傍には、排水逆止弁 5 3 8 が装着されている。
- [0090] 本体 5 1 2 の後方壁 5 3 3 の中程に水平に形成された段部には、給水ホース 5 4 0 が接続されている。給水ホース 5 4 0 には、上水道などの給水源（図示省略）から供給される水が直接供給されることもあるし、加熱された温水が供給されることもある。後方壁 5 3 3 の内側には給水弁 5 4 1 が取付けられている。給水弁 5 4 1 の入口 5 4 4 と給水ホース 5 4 0 は、第 1 給水流路 5 4 2 によって連通されている。給水弁 5 4 1 の出口 5 6 4 と洗浄槽 5 1 4 内は、第 2 給水流路 5 4 3 によって連通されている。第 2 給水流路 5 4 3 の途中には、微細気泡発生装置 2 が取付けられている。
- [0091] コントローラ 5 6 0 は、CPU、ROM、RAM等を備えており、食器洗浄機 5 1 0 の動作を制御する。コントローラ 5 6 0 は、食器洗浄機 5 1 0 の動作を制御することによって、洗浄槽 5 1 4 内の食器 5 1 9 を洗浄する洗浄運転を実行する。
- [0092] （洗浄運転）
- コントローラ 5 6 0 は、ユーザによる操作パネル 5 1 6 への食器洗浄運転開始操作を受けると、洗浄工程、すすぎ工程、乾燥工程を順に実行する。
- [0093] コントローラ 5 6 0 は、洗浄工程において、給水弁 5 4 1 を開いて、給水ホース 5 4 0 から洗浄槽 5 1 4 へ洗浄水を供給する。コントローラ 5 6 0 は、洗浄工程において必要とされる量の洗浄水が洗浄槽 5 1 4 へ供給されたと判断すると、給水弁 5 4 1 を閉じる。次いで、コントローラ 5 6 0 は、ポン

プ527を駆動させ、インペラ528を正回転させるとともに、ヒータ530をオンにする。洗浄水は、吸込凹部531からポンプ527に吸込まれる。ポンプ527に吸込まれた洗浄水は、洗浄ノズル520に送り込まれ、噴射口521a、522a、524aから勢いよく噴出する。コントローラ560は、洗浄工程が開始されてから第1所定時間（例えば、5分）が経過すると洗浄工程を終了する。また、コントローラ560は、ポンプ527を駆動させ、インペラ528を逆回転させることによって、洗浄槽514内の洗浄水を排水する。上述のように、第2給水流路543の途中には、微細気泡発生装置2が取付けられている。そして、給水ホース540から供給される水には空気（酸素、二酸化炭素、窒素等）が溶解している。このため、微細気泡発生装置2を通過して、洗浄槽514に供給される水は、多くの微細気泡を含む。食器519に付着している汚れ成分は、洗浄水に含まれる微細気泡の表面に吸着される。洗浄水が多くの微細気泡を含むことによって、より多くの汚れ成分を吸着することができる。

[0094] コントローラ560は、すすぎ工程において、給水弁541を開いて、給水ホース540から洗浄槽514へ洗浄水を供給する。洗浄工程において必要とされる量の洗浄水が洗浄槽514へ供給されると、コントローラ560は、給水弁541を閉じる。コントローラ560は、ポンプ527を駆動させ、インペラ528を正回転させる。これによって、洗浄槽514内の洗浄水が、洗浄ノズル520から食器かご561内に収容された食器519に噴射され、食器519のすすぎが行われる。コントローラ560は、すすぎ工程が開始されてから第2所定時間（例えば、5分）が経過するとすすぎ工程を終了する。また、コントローラ560は、ポンプ527を駆動させ、インペラ528を逆回転させることによって、洗浄槽514内の洗浄水を排水する。

[0095] コントローラ560は、乾燥工程において、ヒータ530によって洗浄槽514内の空気を加熱して、食器519の乾燥を行う。食器519の乾燥を開始してからの経過時間が第3所定時間に達すると、コントローラ560は

、ヒータ５３０による加熱を終了して、乾燥工程を終了する。

[0096] 上述のように、図２０に示すように、食器洗浄機５１０は、微細気泡発生装置２を備える。このような構成によると、微細気泡発生装置２を通過した洗浄水（「気体溶解水」の一例）が洗浄槽５１４に供給される。即ち、多くの微細気泡を含む洗浄水を洗浄槽５１４に供給することができる。洗浄水が多くの微細気泡を含むことによって、食器５１９を洗浄するときの洗浄力が向上する。従って、食器洗浄機５１０を利用するユーザの利便性を向上させることができる。

[0097] 以下では、第５実施例～第７実施例に係る微細気泡発生装置２について説明する。

[0098] （第５実施例）

図２１～図２７を参照して、第５実施例の微細気泡発生装置２について説明する。本実施例の微細気泡発生装置２は、本体ケース６１０、流入部６１２、第１の微細気泡生成部６２０、第２の微細気泡生成部６２２の構造が、第４実施例の微細気泡発生装置２（図１３参照）と異なる。

[0099] 図２１に示すように、流入部６１２の下流端部の内壁６１２ｂは、上流から下流に向かうにつれて拡径している。流入部６１２の下流端の直径Ｄ１は、６個の外側ベンチュリ部３６の径方向外側の面を結んだ円の直径Ｄ２よりも大きい。このような構成によると、流入部６１２から流出する空気溶解水を、６個の外側ベンチュリ部３６に比較的均等に流入させることができる。なお、変形例では、流入部６１２の下流端の直径Ｄ１は、６個の外側ベンチュリ部３６の径方向外側の面を結んだ円の直径Ｄ２と同じであってもよい。

[0100] 図２２に示すように、本体ケース６１０は、本体ケース６１０の内壁６１０ｃから径方向内側に突出する第１の突出部６１６ａ～第６の突出部６１６ｆを備えている。図２１に示すように、第１の突出部６１６ａ～第６の突出部６１６ｆは、中心軸Ａ方向において、第１の微細気泡生成部６２０と第２の微細気泡生成部６２２との境界部分に配置されている。図２２に示すように、第１の突出部６１６ａ～第６の突出部６１６ｆは、円周方向に沿って配

置されている。第1の突出部616a、第3の突出部616c、第4の突出部616d、及び、第6の突出部616fの円周方向の幅は、第2の突出部616b、及び、第5の突出部616eの円周方向の幅よりも小さい。第1の突出部616aと第2の突出部616bとの間、第2の突出部616bと第3の突出部616cとの間、第4の突出部616dと第5の突出部616eとの間、及び、第5の突出部616eと第6の突出部616fの間には、第1の位置決め溝618aが形成されている。第1の突出部616aと第6の突出部616fとの間、及び、第3の突出部616cと第4の突出部616dとの間には、第2の位置決め溝618bが形成されている。第1の位置決め溝618aの円周方向の幅は、第2の位置決め溝618bの円周方向の幅よりも小さい。

[0101] 図23に示すように、第1の微細気泡生成部620の下流端には、下流側に突出する4個の位置決め凸部620aが設けられている。4個の位置決め凸部620aは、本体ケース610の4個の第1の位置決め溝618a（図22参照）に対応する位置に設けられており、4個の第1の位置決め溝618aに対応する形状を有している。

[0102] 図24に示すように、旋回流生成部650は、軸部352と、軸部352を囲んでいる外周部354と、6個の羽根部356と、を備えている。外周部354の上流端には、上流側に突出する2個の上流側凸部654aが設けられている。2個の上流側凸部654aは、本体ケース610の2個の第2の位置決め溝618b（図22参照）に対応する位置に設けられており、2個の第2の位置決め溝618bに対応する形状を有している。図25に示すように、外周部354の下流端には、上流側に陥凹する2個の下流側凹部654bが設けられている。2個の下流側凹部654bは、2個の上流側凸部654aに対応する位置に設けられており、2個の上流側凸部654aに対応する形状を有している。即ち、上流側凸部654a（図24参照）は、下流側凹部654b、及び、本体ケース610の第2の位置決め溝618b（図22参照）の両方に対応する形状を有している。

[0103] 図26に示すように、本体ケース10の4個の第1の位置決め溝618aには、第1の微細気泡生成部620の4個の位置決め凸部620aが嵌合する。即ち、第1の位置決め溝618a及び位置決め凸部620aは、本体ケース610に対して第1の微細気泡生成部620を、中心軸A方向及び円周方向に位置決めするための機構である。本体ケース10の2個の第2の位置決め溝618bには、第2の微細気泡生成部622（詳細には、最上流側旋回流生成部650）の2個の上流側凸部654aが嵌合する。即ち、第2の位置決め溝618b及び上流側凸部654aは、本体ケース610に対して第2の微細気泡生成部622（詳細には、最上流側旋回流生成部650）を、中心軸A方向及び円周方向に位置決めするための機構である。また、図27に示すように、中心軸A方向において隣り合う2個の旋回流生成部650のうちの下流側の旋回流生成部650の上流側凸部654aが、上流側の旋回流生成部650の下流側凹部654bに嵌合する。即ち、上流側凸部654a及び下流側凹部654bは、中心軸A方向において隣り合う2個の旋回流生成部650を、中心軸A方向及び円周方向に位置決めするための機構である。

[0104] 上述のように、図21に示すように、微細気泡発生装置2は、第1の微細気泡生成部620、及び、第2の微細気泡生成部622を収容する本体ケース610を備えている。図26に示すように、本体ケース610は、本体ケース610に対して第1の微細気泡生成部620を位置決めするための第1の位置決め溝618a（「第1の位置決め部」の一例）と、本体ケース610に対して第2の微細気泡生成部622を位置決めするための第2の位置決め溝618b（「第2の位置決め部」の一例）と、を備えている。このような構成によると、第1の位置決め溝618aによって第1の微細気泡生成部620と本体ケース610とが位置決めされ、第2の位置決め溝618bによって第2の微細気泡生成部622と本体ケース610とが位置決めされることによって、第1の微細気泡生成部620の6個の外側ベンチュリ部36と、第2の微細気泡生成部622の最上流側旋回流生成部650の6個の羽

根部 356 と、が位置決めされる。このため、第 1 の微細気泡生成部 620 から流出する気体溶解水の多くを、最上流側旋回流生成部 650 の羽根部 356 の流入側端部 362 に衝突させること、又は、最上流側旋回流生成部 650 の羽根部 356 の流入側端部 362 を通過する際にせん断させることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0105] 1 つまたはそれ以上の実施形態において、図 27 に示すように、複数の旋回流生成部 650 のそれぞれにおいて、上流端には、上流側に突出する上流側凸部 654a が設けられており、下流端には、上流側に陥凹する下流側凹部 654b が設けられている。上流側凸部 654a は、第 2 の位置決め溝 618b 及び下流側凹部 654b に対応する形状を有している。上記の構成によると、旋回流生成部 650 の上流側凸部 654a を利用して、本体ケース 610 と、最上流側旋回流生成部 650 と、を位置決めすることができ、かつ、中心軸 A 方向において隣り合う 2 個の旋回流生成部 650 を位置決めすることができる。この場合、最上流側旋回流生成部 650 の上流端に、本体ケース 610 と最上流側旋回流生成部 650 とを位置決めするために、上流側凸部 654a とは異なる構造を設けなくてもよい。このため、複数の旋回流生成部 650 の構造を共通化することができる。

[0106] (第 6 実施例)

図 28、図 29 を参照して、第 6 実施例の微細気泡発生装置 2 について説明する。本実施例の微細気泡発生装置 2 は、本体ケース 10 内の構造が、第 1 実施例の微細気泡発生装置 2 (図 2 参照) と異なる。

[0107] 図 28 に示すように、第 2 の微細気泡生成部 722 は、3 個の旋回流生成部 50 を備えている。第 2 の微細気泡生成部 722 と流出部 14 との間の流路 760 には、整流器 770 が設けられている。流路 760 は、本体ケース 10 によって画定される。流路 760 の流路軸は、中心軸 A と一致する。図 29 に示すように、整流器 770 は、軸部 772 と、軸部 772 を囲んでいる外周部 774 と、6 個の第 1 整流壁 776 と、6 個の第 2 整流壁 778 と、を備えている。図 28 に示すように、外周部 774 の外径は、本体ケース

10の内径と同じである。軸部772及び外周部774は、中心軸Aに沿って設けられている。図29に示すように、第1整流壁776、及び、第2整流壁778は、外周部774の内壁から径方向内側に延びている。第1整流壁776、及び、第2整流壁778は、径方向、及び、中心軸A方向に沿った平板形状を有している。第1整流壁776の径方向内側の端部は、軸部772に接続されている。6個の第1整流壁776は、中心軸Aの円周方向に沿って等間隔に配置されている。第2整流壁778の径方向内側の端部は、軸部772の外壁よりも径方向外側に位置している。第2整流壁778は、円周方向において隣り合う2個の第1整流壁776の間に設けられている。なお、変形例では、本体ケース10内に2個以上の整流器770が設けられていてもよい。

[0108] 上述のように、図28に示すように、微細気泡発生装置2は、第2の微細気泡生成部722と流出部14との間に設けられており、第2の微細気泡生成部722から流出される空気溶解水の流れを、時計回り方向に流れる旋回流から直進流に整流する整流器770を備えている。第2の微細気泡生成部722から整流器770に流出する空気溶解水の流れは、時計回り方向に流れる旋回流（即ち乱流）である。空気溶解水の流れが乱流である場合、空気溶解水の流れが直進流（即ち層流）である場合と比較して、空気溶解水が、整流器770よりも下流側において空気溶解水が流れる流路を画定する流出部14の内壁14b（「壁面」の一例）に衝突し易い。このため、第2の微細気泡生成部722から流出する空気溶解水の流れが旋回流から直進流に整流されない場合、比較的の多くの空気溶解水が流出部14の内壁14bに衝突する。この場合、微細気泡発生装置2内の圧力損失が大きくなり、微細気泡発生装置2内を流れる空気溶解水の量が少なくなる。上記の構成によると、第2の微細気泡生成部722から流出する空気溶解水が整流器770を通過することによって、空気溶解水の流れが、旋回流から直進流に整流される。このため、流出部14の内壁14bに衝突する空気溶解水の量を低減することができ、微細気泡発生装置2内の圧力損失を低減することができる。従

って、微細気泡発生装置２を流れる空気溶解水の量を多くすることができる。

[0109] （第７実施例）

図３０を参照して、第７実施例の微細気泡発生装置２について説明する。本実施例の微細気泡発生装置２は、流出部８１４の構造、及び、第１の微細気泡生成部８２０の構造が、第１実施例の微細気泡発生装置２（図２参照）と異なる。

[0110] 図３０に示すように、流出部８１４は、第１の流出流路８１６と、第２の流出流路８１８と、を備えている。第１の流出流路８１６は、中心軸Ａに沿って延びる流路である。第２の流出流路８１８は、中心軸Ａに直交する第２中心軸Ａ２方向に沿って延びる流路である。以下では、図３０の左方向、右方向を、それぞれ、「第１上流方向」、「第１下流方向」と記載し、図３０の下方向、上方向を、それぞれ、「第２上流方向」、「第２下流方向」と記載することがある。

[0111] 第１の流出流路８１６の上流端は、第２の微細気泡生成部２２の下流端に接続されており、第１の流出流路８１６の下流端は、第２の流出流路８１８の上流端に接続されている。第２の流出流路８１８の下流端には、流出口８１８ａが形成されている。第１の流出流路８１６の下流端と第２の流出流路８１８の上流端との接続部には、第１下流方向側に突出する段差部８１９が設けられている。上記の構成によると、第１の流出流路８１６から第２の流出流路８１８に向かって流れる空気溶解水の流れが、段差部８１９によって阻害される。これにより、第１の流出流路８１６の内壁８１６ａの近傍において、空気溶解水の流れが乱流となる。この結果、内壁８１６ａに衝突する空気溶解水の量を増やすことができ、微細気泡の量を増やすことができる。

[0112] 第１の微細気泡生成部８２０は、第１本体部８３０と、第２本体部８３２と、を備えている。第１本体部８３０の外壁８３０ａは、第１上流方向から第１下流方向に向かうにつれて縮径している。第１本体部８３０の外壁８３０ａの第１上流方向側の端部には、上流側フランジ部８３４が設けられてい

る。上流側フランジ部834は、第1本体部830の外壁830aの第1上流方向側の端部から径方向外側に拡がっており、周方向全体にわたって形成されている。上流側フランジ部834の外周面は、本体ケース10の内壁10cに当接する。上流側フランジ部834には、径方向内側に窪んだ形状を有する第1凹部834aが設けられている。第1凹部834aは、上流側フランジ部834の中心軸A方向における中央部に設けられており、周方向全体にわたって形成されている。第2本体部832の外壁832aは、第1の上流方向から第1下流方向に向かうにつれて拡径している。第2本体部832の外壁832aの第1下流方向側の端部には、下流側フランジ部836が設けられている。下流側フランジ部836は、第2本体部832の外壁832aの第1下流方向側の端部から径方向外側に拡がっており、周方向全体にわたって形成されている。下流側フランジ部836の外周面は、本体ケース10の内壁10cに当接する。下流側フランジ部836には、内側に窪んだ形状を有する第2凹部836aが設けられている。第2凹部836aは、下流側フランジ部836の中心軸A方向における中央部に設けられており、周方向全体にわたって形成されている。第1凹部834a内、及び、第2凹部836a内には、シール部材838が配置されている。本体ケース10の内壁10cと、第1本体部830の外壁830a及び第2本体部832の外壁832aと、の間には、空間Sが形成されている。

[0113] 第1の微細気泡生成部820がシール部材838を有していない構成の場合、流入部12から第1の微細気泡生成部820に流入する空気溶解水が、空間Sに浸入し、空間S内に水が溜まったままになることがある。空間S内に溜まっている空気溶解水が凍結すると、体積が増加することによって、本体ケース10が破損し得る。上記の構成によると、空間Sに水が浸入することを抑制することができる。従って、本体ケース10が破損することを抑制することができる。

[0114] 以上、各実施例について詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、請求の範囲を限定するものではない。請求の範囲に記載の技術には、以上に例示

した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

- [0115] (第1変形例) 第2の微細気泡生成部22が有する旋回流生成部50、150、250、350の数は、4個に限定されず、2個、3個、又は、5個以上であってもよい。
- [0116] (第2変形例) 旋回流生成部50、150、250、350の羽根部56、356の数は6個に限定されず、2個～5個、又は、7個以上であってもよい。
- [0117] (第3変形例) 旋回流生成部50、150、250、350の羽根部56、356が、反時計回り方向に向かうにつれて、下流側に傾斜していてもよい。本変形例では、反時計回り方向、時計回り方向が、それぞれ、「所定の旋回方向」、「逆旋回方向」の一例である。
- [0118] (第4変形例) 第1の微細気泡生成部20の外側ベンチュリ部36の数が、第2の微細気泡生成部22の旋回流生成部50の羽根部56の数よりも多くてもよいし、少なくてもよい。
- [0119] (第5変形例) 第1実施例において、旋回流生成部50を中心軸A方向に見た場合に、第2の旋回流生成部50の6個の羽根部56と、第1の旋回流生成部50の6個の羽根部56と、が完全に重なり合っているもよい。第2実施例～第4実施例についても同様である。
- [0120] (第6変形例) 第1の微細気泡生成部20は、6個の外側ベンチュリ部36を備えておらず、内側ベンチュリ部34のみを備えていてもよい。また、別の変形例では、第1の微細気泡生成部20は、内側ベンチュリ部34を備えておらず、1個又は複数の外側ベンチュリ部36のみを備えていてもよい。
- [0121] (第7変形例) 中心軸A方向において、第1の微細気泡生成部20の6個の外側ベンチュリ部36の下流端が、第2の微細気泡生成部22の第1の旋回流生成部50の第1の開口部64に対向していてもよい。この場合、6個の外側ベンチュリ部36は、中心軸A方向に対して傾斜しているとよい。
- [0122] (第8変形例) 第2の微細気泡生成部22の第1の旋回流生成部50の軸部

52の上流端52aの面積が、第1の微細気泡生成部20の内側ベンチュリ部34の下流端の開口面積よりも小さくてもよい。なお、本変形例では、旋回流生成部50の軸部52は、中心軸A方向に見たときの軸部52の面積が、第1の微細気泡生成部20の内側ベンチュリ部34の下流端の開口面積よりも大きいことが好ましい。例えば、軸部52の上流端部が半球形状を有していてもよい。また、軸部52が、上流から下流に向かうにつれて拡径していてもよい。

- [0123] (第9変形例) 第1実施形態の給湯システム402において、微細気泡発生装置2は、給水路430、湯はり路450、追い焚き往路460、第1の浴槽循環路462、又は、第2の浴槽循環路468に設けられていてもよい。
- [0124] (第10変形例) 第1実施形態の食器洗浄機510において、微細気泡発生装置2は、第1吸込流路532、又は、第2吸込流路574に設けられていてもよい。
- [0125] (第11変形例) 第5実施例において、旋回流生成部650の上流端に、下流側に陥凹する上流側凹部が設けられており、下流端に、下流側に突出する下流側凸部が設けられていてもよい。上流側凹部は、下流側凸部に対応する形状を有している。本変形例では、本体ケース10は、第1の突出部616a～第6の突出部616fに代えて、本体ケース610の内壁610cから径方向内側に突出する円環部を有しているとよい。そして、円環部の下流側の面には、下流側に突出し、上流側凹部に対応する形状を有する突出部(「第2の位置決め部」の一例)が設けられているとよい。このような構成によっても、最上流側旋回流生成部650の上流端に、本体ケース610と最上流側旋回流生成部650とを位置決めするために、上流側凹部とは異なる構造を設けなくてもよい。このため、複数の旋回流生成部650の構造を共通化することができる。
- [0126] (第12変形例) 第5実施例の複数の旋回流生成部650のうちの最上流側旋回流生成部650の上流側凸部654aが、本体ケース610の第2の位置決め溝618bに対応する形状を有しているが、旋回流生成部650の下

流側凹部 654b に対応する形状を有していなくてもよい。

[0127] (第 13 変形例) 第 1 実施例の本体ケース 10 (図 2 参照) が、本体ケース 10 に対して第 1 の微細気泡生成部 20 を位置決めする第 1 の位置決め部と、本体ケース 10 に対して第 2 の微細気泡生成部 22 を位置決めする第 2 の位置決め部と、を備えていてもよい。このような構成によると、第 1 の位置決め部によって第 1 の微細気泡生成部 20 と本体ケース 10 とが位置決めされ、第 2 の位置決め部によって第 2 の微細気泡生成部 22 と本体ケース 10 とが位置決めされることによって、第 1 の微細気泡生成部 20 の 6 個の外側ベンチュリ部 36 と、第 2 の微細気泡生成部 22 の最上流側旋回流生成部 50 の 6 個の羽根部 56 と、が位置決めされる。このため、第 1 の微細気泡生成部 20 から流出する気体溶解水の多くを、最上流側旋回流生成部 50 の羽根部 56 に流入させることができる。従って、微細気泡をより大量に生成することができる。

[0128] 本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

請求の範囲

[請求項1]

微細気泡発生装置であって、
気体溶解水が流入する流入部と、
前記気体溶解水が流出する流出部と、
前記流入部と前記流出部との間に設けられている第1の微細気泡生成部と、
前記第1の微細気泡生成部と前記流出部との間に設けられている第2の微細気泡生成部と、を備えており、
前記第1の微細気泡生成部は、上流から下流に向かうにつれて流路径が縮径する縮径流路と、前記縮径流路よりも下流に設けられており、上流から下流に向かうにつれて流路径が拡径する拡径流路と、を有するベンチュリ部を備えており、
前記第2の微細気泡生成部は、
前記第2の微細気泡生成部の下流側中心軸方向に並んで配置される複数の旋回流生成部を備えており、
前記複数の旋回流生成部のそれぞれは、
前記下流側中心軸方向に延びる軸部と、
前記軸部を囲んでいる外周部と、
前記軸部と前記外周部との間に設けられており、前記軸部に対して所定の旋回方向に流れる旋回流を生成する複数の羽根部と、を備えている、
微細気泡発生装置。

[請求項2]

前記所定の旋回方向とは逆方向を逆旋回方向としたとき、
前記旋回流生成部における前記複数の羽根部のそれぞれについて、
前記複数の羽根部のうち特定の羽根部の旋回方向側の端部が、旋回方向において前記特定の羽根部と隣り合う羽根部の逆旋回方向側の端部よりも逆旋回方向側に配置されており、
前記旋回流生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記旋回

流生成部に複数の第 1 の開口部が設けられており、

前記旋回流生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記複数の第 1 の開口部のそれぞれは、前記特定の羽根部の旋回方向側の端部と、前記隣り合う羽根部の逆旋回方向側の端部と、前記軸部と、前記外周部と、に囲まれており、

前記第 2 の微細気泡生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記複数の旋回流生成部のうちの下流側旋回流生成部であって、最上流側に設けられた旋回流生成部とは異なる前記下流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のそれぞれが、前記下流側旋回流生成部の上流側において、前記下流側旋回流生成部に隣り合う上流側旋回流生成部の前記複数の第 1 の開口部のうちの対応する前記第 1 の開口部の少なくとも一部に重なるように配置されている、請求項 1 に記載の微細気泡発生装置。

[請求項3]

前記第 2 の微細気泡生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記下流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のそれぞれが、前記上流側旋回流生成部の前記複数の第 1 の開口部のうちの対応する前記第 1 の開口部の全体に重なるように配置されている、請求項 2 に記載の微細気泡発生装置。

[請求項4]

前記旋回流生成部の下流端には、複数の第 2 の開口部が設けられており、

前記複数の第 2 の開口部のそれぞれは、前記特定の羽根部の旋回方向側の端部と、前記隣り合う羽根部の旋回方向側の端部と、前記軸部と、前記外周部と、に囲まれており、

前記第 2 の微細気泡生成部を前記下流側中心軸方向に見た場合に、前記下流側旋回流生成部の複数の羽根部のそれぞれの逆旋回方向側の端部は、前記複数の第 2 の開口部のうちの対応する前記第 2 の開口部の旋回方向における中央部の近傍に位置している、請求項 2 に記載の微細気泡発生装置。

- [請求項5] 前記第1の微細気泡生成部は、複数の前記ベンチュリ部を備え、
前記複数のベンチュリ部は、前記第1の微細気泡生成部の中心軸である上流側中心軸の周りに配置されている複数の外側ベンチュリ部を含み、
前記複数の外側ベンチュリ部の数は、前記複数の旋回流生成部の中で最も上流側に設けられている最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部の数と同じであり、
前記複数の外側ベンチュリ部のそれぞれの前記拡径流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のうちの対応する前記羽根部に対向している、請求項1から4のいずれか一項に記載の微細気泡発生装置。
- [請求項6] 前記第1の微細気泡生成部は、複数の前記ベンチュリ部を備え、
前記複数のベンチュリ部は、前記第1の微細気泡生成部の中心軸である上流側中心軸の周りに配置されている複数の外側ベンチュリ部を含み、
前記複数の外側ベンチュリ部の数は、前記複数の旋回流生成部の中で最も上流側に設けられている最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部の数と同じであり、
前記複数の外側ベンチュリ部のそれぞれの前記拡径流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のうちの対応する前記羽根部の逆旋回方向側の端部に対向している、請求項1から4のいずれか一項に記載の微細気泡発生装置。
- [請求項7] 前記微細気泡発生装置は、さらに、
前記第1の微細気泡生成部、及び、前記第2の微細気泡生成部を収容する本体ケースを備え、
前記本体ケースは、
前記本体ケースに対して前記第1の微細気泡生成部を位置決めするための第1の位置決め部と、

前記本体ケースに対して前記第2の微細気泡生成部を位置決めするための第2の位置決め部と、を備える、請求項5又は6に記載の微細気泡発生装置。

[請求項8]

前記複数の旋回流生成部のそれぞれにおいて、

上流端には、上流側に突出する上流側凸部、又は、下流側に陥凹する上流側凹部が設けられており、

下流端には、

前記旋回流生成部の前記上流端に前記上流側凸部が設けられている場合には、上流側に陥凹する下流側凹部が設けられており、

前記旋回流生成部の前記上流端に前記上流側凹部が設けられている場合には、下流側に突出する下流側凸部が設けられており、

前記上流側凸部は、前記第2の位置決め部及び前記下流側凹部に対応する形状を有しており、

前記上流側凹部は、前記第2の位置決め部及び前記下流側凸部に対応する形状を有している、請求項7に記載の微細気泡発生装置。

[請求項9]

前記複数のベンチュリ部は、さらに、前記上流側中心軸に沿って延びている内側ベンチュリ部を含み、

前記内側ベンチュリ部の前記拡径流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記軸部に対向しており、

前記内側ベンチュリ部の前記拡径流路の下流端の開口面積は、前記下流側中心軸方向に見た場合の前記最上流側旋回流生成部の前記軸部の面積よりも小さい、請求項5から8のいずれか一項に記載の微細気泡発生装置。

[請求項10]

前記開口面積は、前記下流側中心軸方向に見た場合の前記最上流側旋回流生成部の前記軸部の上流端の外形の面積よりも小さい、請求項9に記載の微細気泡発生装置。

[請求項11]

前記最上流側旋回流生成部の前記軸部の前記上流端には、下流側に陥凹する凹部が設けられている、請求項10に記載の微細気泡発生装

置。

[請求項12] 前記複数の羽根部の上流側の面には、上流側に突出する突出部が設けられている、請求項1から11のいずれか一項に記載の微細気泡発生装置。

[請求項13] 前記複数の外側ベンチュリ部のそれぞれの前記拡径流路の下流端は、前記最上流側旋回流生成部の前記複数の羽根部のうちの対応する前記羽根部に設けられている前記突出部に対向している、請求項5から11のいずれか一項に従属する請求項12に記載の微細気泡発生装置。

[請求項14] 前記微細気泡発生装置は、さらに、
前記第2の微細気泡生成部と前記流出部との間に設けられており、
前記第2の微細気泡生成部から流出される気体溶解水の流れを、旋回流から直進流に整流する整流器を備えている、請求項1から13のいずれか一項に記載の微細気泡発生装置。

[請求項15] 請求項1から14のいずれか一項に記載の微細気泡発生装置を備える給湯器。

[請求項16] 請求項1から14のいずれか一項に記載の微細気泡発生装置を備える食器洗浄機。