

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7115753号
(P7115753)

(45)発行日 令和4年8月9日(2022.8.9)

(24)登録日 令和4年8月1日(2022.8.1)

(51)Int. Cl.	F I
B 0 1 F 35/214 (2022.01)	B 0 1 F 35/214
B 0 1 F 23/2373 (2022.01)	B 0 1 F 23/2373
B 0 1 F 25/10 (2022.01)	B 0 1 F 25/10
B 0 1 F 25/434 (2022.01)	B 0 1 F 25/434
B 0 1 F 35/21 (2022.01)	B 0 1 F 35/21

請求項の数 23 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2019-114980(P2019-114980)	(73)特許権者	509089340 株式会社塩
(22)出願日	令和1年6月20日(2019.6.20)		東京都八王子市式分方町705番1号
(65)公開番号	特開2021-599(P2021-599A)	(74)代理人	100137969 弁理士 岡部 憲昭
(43)公開日	令和3年1月7日(2021.1.7)	(74)代理人	100104824 弁理士 穉場 仁
審査請求日	令和3年3月3日(2021.3.3)	(74)代理人	100121463 弁理士 矢口 哲也
		(72)発明者	小方 聡 東京都八王子市南大沢1-1 首都大学東 京 南大沢キャンパス内
		(72)発明者	駒澤 増彦 東京都八王子市美山町1236 株式会 社塩内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流体システム及びその検査装置、検査方法並びに流体システムの制御方法及び制御プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査装置であって、

流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する圧力損失計測手段と、

流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とを切り替えて流路に供給する切り替え手段と、

を有し、切り替え手段によって、切り替え供給される、流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とについて得られる、圧力損失計測手段からの圧力損失の値を比較して、流体特性変化素子の稼働状態を検査するようにしたことを特徴とする、

流体システムの検査装置。

【請求項2】

圧力損失計測手段は、流路の2点の圧力測定孔の流圧の差を検出する差圧計を有することを特徴とする請求項1に記載の流体システムの検査装置。

【請求項3】

圧力損失計測手段は、流路の2点の圧力測定孔の流圧をそれぞれ計測する一組の圧力計を有し、圧力計の夫々で計測される圧力の差の値を求めるようにしたことを特徴とする請求項2に記載の流体システムの検査装置。

【請求項 4】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査装置であって、
流体特性変化素子を通す前の流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する第1の圧力損失計測手段と、
流体特性変化素子を通した後の前の流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する第2の圧力損失計測手段と、
を有し、第1の圧力損失計測手段からの流体特性変化素子を通す前の流体の圧力損失の値と、第2の圧力損失計測手段からの流体特性変化素子を通した後の流体の圧量損失の値とを比較して、流体特性変化素子の稼働状態を検査するようにしたことを特徴とする、
流体システムの検査装置。

10

【請求項 5】

第1及び第2の圧力損失計測手段は、各々、流路の2点に圧力測定孔を設けて、夫々の圧力の差を検出するようにしたことを特徴とする請求項4に記載の流体システムの検査装置。

【請求項 6】

第1及び第2の圧力損失計測手段は、各々、流路の2点の圧力測定孔の流圧の差を検出する差圧計を有することを特徴とする請求項5に記載の流体システムの検査装置。

【請求項 7】

第1及び第2の圧力損失計測手段は、各々、流路の2点の圧力測定孔の流圧をそれぞれ計測する一組の圧力計を有し、圧力計にて計測される圧力の差の値を求めるようにしたことを特徴とする請求項5に記載の流体システムの検査装置。

20

【請求項 8】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、
流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、
から成る流体システムにおいて、
流体変化特性素子の稼働状態を検査するために請求項1乃至7のいずれかの検査装置が設けられていることを特徴とする流体システム。

30

【請求項 9】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、
流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、
から成る流体システムにおいて、
流体特性変化素子の稼働状態を流体の流路における圧力損失にて検出する圧力損失計測手段が設けられ、
圧力損失計測手段からの圧力損失の値に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御手段を更に有してなり、
流体システムは、更に
流路を流れる流体の流量を検査する流量検査手段と、
流路を流れる流体の温度を測定する温度測定手段とを有し、
制御手段は、圧力損失計測手段からの圧力損失の値と流体検査手段で検査された流体の流量と温度測定手段からの測定温度とに基づき、流体特性変化素子からの流体システムへの流体の供給を制御するようにしたことを特徴とする流体システム。

40

【請求項 10】

流体特性変化素子は、
収納体と、
収納体に収納されて、流体に流動特性を与える内部構造体と、
を有することを特徴とする請求項8又は9に記載の流体システム。

50

【請求項 1 1】

内部構造体は、
 共通の軸部材上に、拡散部分と、流動特性付与部分とを有し、
 拡散部分は、錐体形又はドーム形であって、流体を特定方向に拡散し、
 流動特性付与部分には、軸部材上の外周面に多数の突出部が設けられている、
 ことを特徴とする請求項 1 0 に記載の流体システム。

【請求項 1 2】

内部構造体は、共通の軸部材上の拡散部分と流動特性付与部分との間に、更に渦巻発生部分を有し、渦巻発生部分は、拡散部分によって拡散された流体に渦巻流を発生させるようにし、流動特性付与部分には、渦巻発生部分からの渦巻流となった流体が与えられることを特徴とする請求項 1 1 に記載の流体システム。

10

【請求項 1 3】

利用装置は、流体特性変化素子からの流体の特性が変化した流体を利用する機器であることを特徴とする請求項 8 乃至 1 2 のいずれかに記載の流体システム。

【請求項 1 4】

利用装置は、熱交換器であって、流体特性変化素子からの流体の熱量をもって、対象機器から流れてくる流体の持つ熱量との交換を行い、チラーを經由して流体特性変化素子に対して流体を循環することを特徴とする請求項 8 乃至 1 2 のいずれかに記載の流体システム。

【請求項 1 5】

利用装置は、洗浄及び/又は冷却を行う機器であって、流体特性変化素子からのファインバブルを含む流体が供給され、機器から回収された流体は濾過器を經由し循環することを特徴とする請求項 8 乃至 1 2 のいずれかに記載の流体システム。

20

【請求項 1 6】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査方法であって、

流体が通過する流路の 2 点間の圧力損失を検出する圧力損失計測手段を準備するステップと、

流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とを切り替えて流路に供給するステップと、

流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とが切り替え供給されて得られる、圧力損失計測手段からの圧力損失の値を比較するステップと

圧力損失の値を比較により、流体特性変化素子の稼働状態を検査するステップと、
 から成ることを特徴とする、

流体システムの検査方法。

30

【請求項 1 7】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査方法であって、

流体特性変化素子を通す前の流体が通過する流路の 2 点間の圧力損失を検出する第 1 の圧力損失計測手段を準備するステップと、

流体とする変化素子を通した後の流体が通過する流路の 2 点間の圧力損失を検出する第 2 の圧力損失計測手段を準備するステップと、

第 1 の圧力損失計測手段からの圧力損失の値と、第 2 の圧力損失計測手段からの圧力損失の値とを比較して、流体特性変化素子の稼働状態を検査するステップと、

から成ることを特徴とする流体システムの検査方法。

40

【請求項 1 8】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、

50

流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、
 流体特性変化素子の稼働状態を流体の流路における圧力損失にて検出する圧力損失計測手段とから成る流体システムの制御方法において、
 圧力損失計測手段からの圧力損失の値に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御ステップを有してなり、
圧力損失計測手段から出力される、流体特性素子を通す前の流体の流路における圧力損失の値を基準値として記憶する記憶ステップと、
圧力損失計測手段から出力される、流体特性変化素子を通した後の流体の流路における圧力損失の値と基準値とを比較する比較ステップと、を更に有し、
制御ステップは、比較ステップの比較結果に基づき、流体特性変化素子からの流体システムへの流体の供給を制御するようにしたようにしたことを特徴とする流体システムの制御方法。

10

【請求項 19】

比較ステップにより、流体特性変化素子を通した流体の流路における圧力損失の値が基準値より一定程度大きいことを検査した場合に、制御ステップによって、流体特性変化素子からの流体システムへの流体の供給を許可するようにした請求項 18 の流体システムの制御方法。

【請求項 20】

記憶ステップにより、流体特性素子を通さない流体の流路における圧力損失の値に基づき求められる基準値として上限基準値と下限基準値を記憶するようにし、
 比較ステップにより、流体特性変化素子を通した流体の流路における圧力損失の値が上限基準値と下限基準値との間にあることを検査した場合に、制御ステップによって、流体特性変化素子からの流体システムへの流体の供給を許可するようにした請求項 19 の流体システムの制御方法。

20

【請求項 21】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、
流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、
流体特性変化素子を通す前の流路の圧力損失を検出する第 1 の圧力損失計測手段と、
流体特性変化素子を通した後の流路の圧力損失を検出する第 2 の圧力損失計測手段と、
第 1、第 2 の圧力損失計測手段による圧力損失の比較により、流体特性変化素子の稼働状態を検出する検出手段と、
から成る流体システムの制御方法において、
検出手段により検出された流体特性変化素子の稼働状態に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御ステップを有することを特徴とする、流体システムの制御方法。

30

【請求項 22】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、
流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、
流体特性変化素子の稼働状態を流体の流路における圧力損失にて検出する圧力損失計測手段と、
から成る流体システムの制御プログラムであって、
制御プログラムは、圧力損失計測手段からの圧力損失の値に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御ステップを有してなり、
圧力損失計測手段から出力される、流体特性素子を通す前の流体の流路における圧力損失の値を基準値として記憶する記憶ステップと、
圧力損失計測手段から出力される、流体特性変化素子を通した後の流体の流路における圧力損失の値と基準値とを比較する比較ステップと、を更に有し、
制御ステップは、比較ステップの比較結果に基づき、流体特性変化素子からの流体システ

40

50

ムへの流体の供給を制御するようにしたことを特徴とする流体システムの制御プログラム

【請求項 2 3】

供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、
流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、
流体特性変化素子を通す前の流路の圧力損失を検出する第 1 の圧力損失計測手段と、
流体特性変化素子を通した後の流路の圧力損失を検出する第 2 の圧力損失計測手段と、
第 1、第 2 の圧力損失計測手段による圧力損失の比較により、流体特性変化素子の稼働状態を検出する検出手段と、
から成る流体システムの制御プログラムであって、
制御プログラムは、検出手段により検出された流体特性変化素子の稼働状態に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御ステップを有することを特徴とする流体システムの制御プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体の特性を変化させる流体特性変化素子を備えた流体システムの検査装置、検査方法、制御方法及び制御プログラムに関する。流体特性変化素子は、供給流体に対してマイクロバブルやウルトラファインバブルなどの微細気泡（ファインバブル）を発生する素子や、供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる素子であって、流体の分子間の連結構造に変化をもたらすと考えられている素子を含む。本発明の流体システムは、ファインバブル利用機器、熱交換器、洗浄・冷却装置などの各種システムに適用可能である。

20

【背景技術】

【0002】

従来より、ファインバブル発生のための装置として、本願出願人により、特許第 6 2 4 5 3 9 7 号、第 6 2 4 5 4 0 1 号に係る発明が提案されている。更には、他の特許出願人によって、WO 2 0 1 4 / 2 0 4 3 9 9 号や特表 2 0 1 6 - 5 3 6 1 3 9 号に係る発明が提案されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 6 2 4 5 3 9 7 号

【特許文献 2】特許第 6 2 4 5 4 0 1 号

【特許文献 3】WO 2 0 1 4 / 2 0 4 3 9 9 号

【特許文献 4】特表 2 0 1 6 - 5 3 6 1 3 9 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

これらの特許文献 1 ~ 4 に開示された発明によれば、供給される流体について、流体特性変化素子によって、流体の特性が変化していることの定量的な確認が難しい場合がある。流体特性変化素子によって、例えばファインバブルを発生できるものの、発生しているファインバブルの発生を定量的に測定するための計測装置は、高倍率のカメラ等の静止画や動画の画像撮影の設備が必要となる。更には、ウルトラファインバブル（1 マイクロメートル以下のサイズのバブル、従来はナノバブルと称されていた微細気泡）を検査するには、光学的な検査はできないため、ナノ粒子ブラウン運動追跡法などによらなければならない。装置が大規模なものとなる。また、ファインバブルが含まれているであろう流体を採取してそれを検査装置にかけることで時間がかかり、流体特性素子の動作をリアルタイムで確認すること、つまり本来のレベルでの稼働がなされているのか否かをリアルタイムで判

40

50

定することは、極めて困難であった。

【0005】

本発明は、このような事情に鑑みて開発されたものである。本発明の目的は、流体の特性を変化させる流体特性変化素子を含む流体システムにおいて、流体特性変化素子が本来の機能を実現しているのかを簡便に検査する、具体的には、流体の圧力損失の検出手段（流体特性変化素子からの流体が通る管の摩擦係数の検出手段としても同義である）によって検査する検査装置を実現することにある。そして、このような検査に基づき、流体特性変化素子から供給される流体を利用する利用装置の動作を、最適にリアルタイムで制御する制御方法や制御プログラムを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題を解決するために、次のような構成にしてある。即ち、その一実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査装置である。検査装置は、流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する圧力損失計測手段と、流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とを切り替えて流路に供給する切り替え手段と、を有する。切り替え手段によって、切り替え供給される、流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とについて得られる、圧力損失計測手段からの圧力損失の値を比較して、流体特性変化素子の稼働状態を検査する。

【0007】

本発明の他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査装置である。検査装置は、流体特性変化素子を通す前の流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する第1の圧力損失計測手段と、流体特性変化素子を通した後の前の流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する第2の圧力損失計測手段と、を有する。第1の圧力損失計測手段からの流体特性変化素子を通す前の流体の圧力損失の値と、第2の圧力損失計測手段からの流体特性変化素子を通した後の流体の圧力損失の値とを比較して、流体特性変化素子の稼働状態を検査する。

【0008】

本発明の他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、から成る流体システムである。流体システムには、流体特性変化素子の稼働状態を流体の流路における圧力損失にて検出する圧力損失計測手段が設けられ、圧力損失計測手段からの圧力損失の値に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御手段を更に体の供給を制御するようにした制御手段を更に有してなる。流体システムは、更に流路を流れる流体の流量を検査する流量検査手段と、流路を流れる流体の温度を測定する温度測定手段とを有し、制御手段は、圧力損失計測手段からの圧力損失の値と流体検査手段で検査された流体の流量と温度測定手段からの測定温度とに基づき、流体特性変化素子からの流体システムへの流体の供給を制御する。

【0009】

本発明の他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査方法である。検査方法は、流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する圧力損失計測手段を準備するステップと、流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とを切り替えて流路に供給するステップと、流体特性変化素子を通す前の流体と、流体特性変化素子を通した後の流体とが切り替え供給されて得られる、圧力損失計測手段からの圧力損失の値を比較するステップと圧力損失の値を比較により、流体特性変化素子の稼働状態を検査するステップと、から成

10

20

30

40

50

る。

本発明の他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態を検査する流体システムの検査方法である。検査方法は、流体特性変化素子を通す前の流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する第1の圧力損失計測手段を準備するステップと、流体とする変化素子を通した後の流体が通過する流路の2点間の圧力損失を検出する第2の圧力損失計測手段を準備するステップと、第1の圧力損失計測手段からの圧力損失の値と、第2の圧力損失計測手段からの圧力損失の値とを比較して、流体特性変化素子の稼働状態を検査するステップと、から成る。

【0010】

本発明の他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、流体特性変化素子の稼働状態を流体の流路における圧力損失にて検出する圧力損失計測手段とから成る流体システムの制御方法である。制御方法は、圧力損失計測手段からの圧力損失の値に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御ステップを有してなり、圧力損失計測手段から出力される、流体特性素子を通す前の流体の流路における圧力損失の値を基準値として記憶する記憶ステップと、圧力損失計測手段から出力される、流体特性変化素子を通した後の流体の流路における圧力損失の値と基準値とを比較する比較ステップと、を更に有し、制御ステップは、比較ステップの比較結果に基づき、流体特性変化素子からの流体システムへの流体の供給を制御するようにしたようにする。

本発明の他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、流体特性変化素子を通す前の流路の圧力損失を検出する第1の圧力損失計測手段と、流体特性変化素子を通した後の流路の圧力損失を検出する第2の圧力損失計測手段と、第1、第2の圧力損失計測手段による圧力損失の比較により、流体特性変化素子の稼働状態を検出する検出手段とから成る流体システムの制御方法である。制御方法は、検出手段により検出された流体特性変化素子の稼働状態に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御ステップを有する。

【0011】

本発明の更に他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、流体特性変化素子の稼働状態を流体の流路における圧力損失にて検出する圧力損失計測手段と、から成る流体システムの制御プログラムである。制御プログラムは、圧力損失計測手段からの圧力損失の値に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制御するようにした制御ステップを有してなり、圧力損失計測手段から出力される、流体特性素子を通す前の流体の流路における圧力損失の値を基準値として記憶する記憶ステップと、圧力損失計測手段から出力される、流体特性変化素子を通した後の流体の流路における圧力損失の値と基準値とを比較する比較ステップと、を更に有し、制御ステップは、比較ステップの比較結果に基づき、流体特性変化素子からの流体システムへの流体の供給を制御するようにする。

本発明の更に他の実施形態によれば、供給流体に対してファインバブルを発生するか、又は供給流体を攪拌・拡散或いはせん断して、流体の特性を変化させる流体特性変化素子と、流体特性変化素子からの流体を利用する利用装置と、流体特性変化素子を通す前の流路の圧力損失を検出する第1の圧力損失計測手段と、流体特性変化素子を通した後の流路の圧力損失を検出する第2の圧力損失計測手段と、第1、第2の圧力損失計測手段による圧力損失の比較により、流体特性変化素子の稼働状態を検出する検出手段と、から成る流体システムの制御プログラムである。制御プログラムは、検出手段により検出された流体特性変化素子の稼働状態に応じて、流体特性変化素子からの利用装置への流体の供給を制

10

20

30

40

50

御するようにした制御ステップを有する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、流体の特性を変化させる流体特性変化素子の稼働状態（期待されている機能の実現の状態）を、流体特性変化素子を通した流体の流路の圧力損失に従って検査できることになる。具体的には、例えば、流体特性変化素子を通す前の流体が通過する流路の2点間の圧力損失と、流体特性変化素子を通した後の流体が通過する流路の2点間の圧力損失との値を比較することで検査することができる。その結果、流体特性変化素子を通した流体を利用する利用装置への供給の制御が簡便に、つまり装置が大型化をまねくことなく、しかも検査に多大な時間を要することなく行える。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

以下の詳細な記述が以下の図面と合わせて考慮されると、本願のより深い理解が得られる。これらの図面は例示に過ぎず、本発明の範囲を限定するものではない。

【図1】本発明の原理を説明するための模式図である。

【図2】本発明の原理を説明するための円管路と圧力損失を示す図である。

【図3】本発明の流体システムの検査装置の第1の構成例を示す図である。

【図4】検査装置に用いられる流体特性変化素子の一例の側面透視図である。

【図5】流体特性変化素子の内部構造体の3次元斜視図である。

【図6】流体特性変化素子の内部構造体の側面分解図である。

20

【図7】流体特性変化素子の内部構造体の突出部の配列状態を説明する図である。

【図8】検査装置にて検出された流体特性変化素子を通す前の流体の圧力損失と、流体特性変化素子を通した後の流体の圧力損失とを比較したグラフを示す図である。

【図9】流体特性変化素子を通す前の流体の圧力損失及び流体特性変化素子を通した後の流体の圧力損失の理論値との差を示す図である。

【図10】本発明による第1の実施形態に係る流体システムを示す図である。

【図11】第1実施形態に係る流体システムの制御装置の動作フローを示す図である。

【図12】本発明による第2の実施形態に係る流体システムを示す図である。

【図13】本発明による第3の実施形態に係る流体システムを示す図である。

【図14】本発明の流体システムの検査装置の第2の構成例を示す図である。

30

【図15】本発明による第4の実施形態に係る流体システムを示す図である。

【図16】第4実施形態に係る流体システムの制御装置の動作フローを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

まず、本発明の原理を、図1を参照して説明する。水平におかれた円管路Cに図面の左から右に流体、例えば水を流すと特定の距離Lで、圧力損失Pが生じることがわかっている。このような円管路Cの中央に、流体の特性を変化させる流体特性変化素子Sを配置して、この流体特性変化素子Sを通す前の流体と、流体特性変化素子Sを通した後の流体の圧力損失P1とP2に注目する。なお、P1の大きさは、流体特性変化素子Sに至る前は同じ大きさとなるため、P1の傾きの直線として、距離（横軸）と圧力（縦軸）の関係をグラフに描くことができる。そして、流体特性変化素子Sの間では、より大きな圧力損失がかかると考えられるため、距離と圧力の関係に変化が生じる。流体特性変化素子Sを通った後の流体は、流体特性変化素子Sの影響を受けていないとするならば、同じ距離Lでの圧力損失P2は、流体特性変化素子Sの通過前の圧力損失P1と同じになるはずである。つまり、同じ傾きの直線で距離と圧力の関係はグラフに描けるはずである。しかし、後ほど述べるとおり、P2は、P1よりも大きくなり、直線の傾きはより大きいものとなる（図1の $P2 > P1$ ）。

40

【0015】

図1の円管路Cでの流体の圧力損失P1とP2の差分を検討する前に、まずはシンプルなモデルでの検討を進める。図2は、円管路Cに流した流体の圧力損失をマノメータ

50

(液柱形圧力計)で測定する場合を示したものである。この場合において、ダルシー・ワイスバッハ(Darcy-Weisbach)の式によると、

【数1】

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho V^2}{2} \quad \text{式(1)}$$

となることが知られている。ここで、円管路Cの内径(直径)をd、2つのマンメータM1、M2の間の直線距離をL、流体の密度を ρ とし、流体の速度(流速)をV、管摩擦係数を λ とする。図2のように、水柱の位置にて示される圧力(静圧)を p_1 、 p_2 とした場合、圧力損失 ΔP は、 $\Delta P = p_1 - p_2$ である。

10

【0016】

なお、円管路Cを流れる流体の流量Qは、流速Vに比例し、円管路Cの断面積に流速Vを乗じたものとなる。つまり、次式の関係となる。

【数2】

$$Q = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot V \quad \text{式(2)}$$

【0017】

そして、流体の流れが、乱流領域にあり、円管路Cの内壁が滑らかな場合に適用できるブラジウス(Blasius)の実験式では、管摩擦係数 λ は次の通り、レイノルズ数(Reynolds number)Reの $-1/4$ 乗に比例する(Reが 3×10^3 の3乗～ 1×10^5 の5乗の範囲に限る)。

20

【数3】

$$\lambda = 0.3164 \text{Re}^{-1/4} \quad \text{式(3)}$$

ここで、レイノルズ数は、次のように定義されている。 μ は、流体の粘度である。

【数4】

$$\text{Re} = \frac{\rho d V}{\mu} \quad \text{式(4)}$$

従って、これらの式から、圧力損失 ΔP を次のように記載することができる。

【数5】

$$\Delta P = C_1 \cdot V^{1.75} \quad \text{式(5)}$$

但し、この係数 C_1 は、

【数6】

$$C_1 = 0.3164 \left(\frac{\rho d}{\mu} \right)^{-0.25} \frac{L}{d} \frac{\rho}{2} \quad \text{式(6)}$$

40

となる。その結果、理論的には、圧力損失 $\Delta P (= p_1 - p_2)$ は、流速Vの1.75乗に比例することになる。式(2)によって、流速Vと流量Qは比例関係にあるため、圧力損失 ΔP は、流量Qの1.75乗に比例することになる。

また、管摩擦係数 λ に着目すると、

【数 7】

$$\lambda = C_2 \cdot V^{-0.25} \quad \text{式 (7)}$$

となる。但し、この係数 C_2 は、

【数 8】

$$C_2 = 0.3164 \left(\frac{\rho d}{\mu} \right)^{-0.25} \quad \text{式 (8)}$$

となる。従って、管摩擦係数 λ は、理論的には、流速 V の -0.25 乗に比例することとなる。よって、管摩擦係数 λ は、式 (7) によって、流量 Q の -0.25 乗に比例することになる。

【0018】

以上の考察から、図 1 において、流体が流体特性変化素子 S を通る前の圧力損失 P_1 は、流速 V 或いは流量 Q の 1.75 乗に従った値となることが予測される。一方、流体が流体特性変化素子 S を通った後の圧力損失 P_2 は、流体の特性が変化することで、 P_1 とは、異なる値となること、或いは、流速 V や流量 Q について、その 1.75 乗に比例しない異なる変化をするものと考えられる。例えば流体特性変化素子 S によって、流体にファインバブル（マイクロバブルやウルトラファインバブル）などの微細気泡が含まれるようになると、流体の乱れが増えることで、実際に、 P_2 は、 P_1 よりも大きな値となる（ $P_2 > P_1$ ）。この点については、後述の通り実験にて証明されている。

20

【0019】

以上が、本発明の原理であるが、流体の流体特性変化素子 S を通す前の圧力損失 P_1 と流体特性変化素子 S を通した後の圧力損失 P_2 とを実際に計測し、流体特性変化素子 S の稼働状態を検査する流体システムの検査装置の第 1 の構成例につき、図 3 を参照して説明する。1 は、流体を溜めるタンク（水槽）である。このタンク 1 の流体を、循環して使用することとする。勿論、流体特性変化素子 S を通した流体は消費されて、新たな流体を順次供給し続ける流体システムを想定した場合は、流体を循環して使用する必要はない。このタンク 1 から、流体は、ポンプ 2 によって吸い上げられ、配管を通り、バルブ 3 を

30

【0020】

經由し、切替弁 4 を通して、流体特性変化素子 S に供給される。流体特性変化素子 S において、流体の特性に変化が加えられ圧力損失計測装置 5 に供給される。切替弁 4 によって、流体特性変化素子 S を經由することなく、つまり、流体特性変化素子 S を通す前の流体を圧力損失計測装置 5 に供給することもできる。

圧力損失計測装置 5 には、フランジ 5 - 1、5 - 2 の間に円管路 C が設けられ、流体特性変化素子 S を經由した流体または、切替弁 4 からの流体特性変化素子 S を經由しない流体（つまり、流体特性変化素子 S を通過する前の流体）が供給される。円管路 C には、円管路 C を流れる流体の流量を測るための流量計 5 - 3 が設置され、更に、円管路 C の距離 L を隔てた 2 点の圧力（静圧又は静圧力：static pressure）の差分を測るための差圧計（マノメータ）5 - 4 が設けられている。この差圧計 5 - 4 は、円管路 C の表面に小穴（圧力測定孔）を開けて、流体の流れる面の流体の静圧を計測するもので、差圧トランスジューサーとマノメータの組み合わせでもよく、2 点の圧力をそれぞれ計測する一組の圧力計（圧力トランスジューサーなどを含む）の差を取る機器でもよい。いずれにしても、距離 L を隔てた円管路 C の圧力損失 P を計測する。そして、フランジ 5 - 2 を經由した流体は、バルブ 6 を經由して、流体を利用する利用装置 7 を經由してタンク 1 に戻る。バルブ 3 にて、流体特性変化素子 S 或いは圧力損失計測装置 5 に供給する流体の流量の大きさ（従って流体の速度）を大小制御することができ、バルブ 6 にて、利用装置 7 に供給する流体の流量を加減することができる。また、タンク 1 に蓄えられる流体の

40

温度を計測する温度計 8 が設けられている。

【 0 0 2 1 】

本発明において、流体特性変化素子 S は、いかなるタイプのもので適用可能であり、上述した特許文献 1 ~ 4 のいずれか或いはそれ以外のタイプの流体特性変化素子を用いることができる。この流体特性変化素子は、流体にファインバブルを発生するものや、流体を攪拌・拡散あるいはせん断して、流体の特性を変更する素子で、流体の分子間の連結構造に変化をもたらすと考えられる素子を含む。ここでは、特許文献 1 にて開示したファインバブル発生機能を持つ流体供給管 10 を用いる。図 4 は流体供給管 10 の側面透視図、図 5 は流体供給管 10 の内部構造体 20 の 3 次元斜視図であり、図 6 は、流体供給管 10 の側面分解図である。流体供給管 10 は、内部構造体 20 及び管本体 30 を備える。

10

【 0 0 2 2 】

管本体 30 は、流入側部材 31 と、流出側部材 34 から構成される。流入側部材 31 と流出側部材 34 とは、円筒形の中が空いている管の形態を有する。流入側部材 31 は、一端部に所定の直径の流入口 38 を有し、他の端部側には流出側部材 34 との接続のために内周面をねじ加工することによって形成された雌ねじ 32 を含む。流入口 38 側にはナット 11 が一体として形成される。流入側部材 31 は両端部の内径、即ち、流入口 38 の内径と雌ねじ 32 との内径とが違い、流入口 38 の内径が雌ねじ 32 の内径より小さい。流入口 38 と雌ねじ 32 との間にはテーパ部 33 が形成されている。

【 0 0 2 3 】

流出側部材 34 は、一端部に所定の直径の流出口 39 を有し、他の端部側には流入側部材 31 との接続のために外周面をねじ加工することによって形成された雄ねじ 35 を備える。流出側部材 34 の雄ねじ 35 の外周面の直径は流入側部材 31 の雌ねじ 32 の内径と同一である。流出口 39 側にはナット 12 が一体として形成される。ナット 12 と雄ねじ 35 との間には筒形部 36 及びテーパ部 37 が形成される。流出側部材 34 は両端部の内径、即ち、流出口 39 の内径と雄ねじ 35 との内径が違い、流出口 39 の内径が雄ねじ 35 の内径より小さい。流入側部材 31 の内周面の雌ねじ 32 と流出側部材 34 の外周面の雄ねじ 35 とのねじ結合によって流入側部材 31 と流出側部材 34 が連結されることで、管本体 30 が形成される。

20

【 0 0 2 4 】

管本体 30 の上記構成は一実施形態に過ぎない。例えば、流入側部材 31 と流出側部材 34 との連結は上記したねじ結合に限定されないし、当業者に知られた機械部品の結合方法はどれでも適用可能である。また、流入側部材 31 と流出側部材 34 との形態は、図 6 の形態に限定されないし、設計者が任意に選択したり、流体供給管 10 の用途によって変更したりすることができる。流入側部材 31 又は流出側部材 34 は、例えば、スチールのような金属、又はプラスチックから成る。

30

【 0 0 2 5 】

図 4 乃至図 6 を一緒に参照すれば、流体供給管 10 は、内部構造体 20 を流出側部材 34 に収納した後に、流出側部材 34 の外周面の雄ねじ 35 と流入側部材 31 の内周面の雌ねじ 32 とを結合させることによって構成されることが理解される。内部構造体 20 は、例えば、スチールのような金属からなった円柱部材を切削や研削等により加工する方法又はプラスチックを成形する方法等によって形成される。内部構造体 20 は、円錐形の流体拡散部 22 と、渦巻発生部 24 と、バブル発生部 26 と、ドーム形の誘導部 28 を備える。

40

【 0 0 2 6 】

本実施形態において流体拡散部 22 は上記円柱部材の一端部を円錐の形態に加工（例えば、スピニング）することで形成されることができ。流体拡散部 22 は流入口 38 を経て流入側部材 31 に流入される流体を管の中心部から外側へ、即ち、半径方向へ拡散させる。

【 0 0 2 7 】

渦巻発生部 24 は、上記円柱部材の一部を加工して形成されたものであり、図 5 に示さ

50

れたように、断面が円形である軸部分と、3個の螺旋状に形成された翼とからなる。図6を参照すれば、本実施形態において、渦巻発生部24の長さa2は流体拡散部22の長さa1よりは長くて、バブル発生部26の長さa4よりは短いことが理解される。また、流体拡散部22の断面積が最大である部分の半径は渦巻発生部24の半径（渦巻発生部24の軸部分の中心から翼の先端までの距離）より小さい。渦巻発生部24の翼の各々は、その先端が軸部分の円周方向に互いに120°ずつずらし、軸部分の一端から他端まで外周面に所定の間隔をあけて反時計まわりに螺旋状に形成されている。本実施形態では翼の個数を3個にしたが、このような実施形態に限定されない。また、渦巻発生部24の翼の形態は、流体拡散部22を過ぎながら拡散されて渦巻発生部24に進入した流体が、各翼の間を通過する間に渦巻流を起こすことができる形態であれば特に制限されない。本実施形態では、渦巻発生部24は、内部構造体20を管本体30に収納した時に、管本体30の流出側部材34の内周面に近接する程度の外径を有する。

10

【0028】

バブル発生部26は、円柱部材の下流側、即ち、流体拡散部22及び渦巻発生部24を形成した後の下流側部分を加工して形成する。本実施形態では、渦巻発生部24とバブル発生部26との間には、長さa3の連結部25が存在する。この場合、渦巻発生部24の直径はバブル発生部26の直径と同一であるので、連結部25は同一の直径をもつが、渦巻発生部24の軸部の直径が小さく、バブル発生部の軸部の直径が大きい場合は、テーパをつければよい。

【0029】

図5に示されたように、バブル発生部26の円形の断面を有する軸部分の外周面に多数の突出部（凸部）が網状に形成されている。突出部を外周面から見ると（平面的に見た場合）ほぼ菱形形状となっている。それぞれの突出部は、軸部分の外周面から外側へ向かって突出するように、例えば、円柱部材を切削加工、研削加工、旋削加工、エンドミル加工を単独または組み合わせて遂行することによって形成されることができる。より具体的に説明するならば、それぞれの突出部の形成方法は、例えば、図7に図示されたように、円柱部材の長さ方向に対して90度の方向に一定の間隔を持つ複数のライン51と、上記長さ方向に対して所定の角度（例えば、60度）を持つ一定の間隔のライン52を交差させ、ライン51とライン51との間を一回ずつ飛ばして切削すると共に、傾いたライン52とライン52との間を一回ずつ飛ばして切削する。このようにして、軸部分の外周面から突出する外周面がほぼ菱形の複数の突出部が上下（円周方向）、左右（軸部分の長さ方向）に一つずつ飛ばして規則的に形成される。また、本実施形態では、バブル発生部26は、内部構造体20を管本体30に収納した時、管本体30の流出側部材34の内周面に近接する程度の外径を有する。

20

30

【0030】

更に、内部構造体20の下流側の末端の部分をドーム形に加工して誘導部28を形成する。流体は、誘導部28によって中心に向かって誘導される。その後、流体はテーパ部37を過ぎて流出口39を通じて流出される。

【0031】

次に、流体が流体供給管10を通過する間の流動について説明する。インペラ（羽根車）が右折又は左折する（時計回り又は反時計回りに回転する）ポンプ2によってタンク1から吸い上げられた流体は、配管（図3参照）を経て流入口38を通じて流入された流体は、流体供給管10に供給される。流体は、図4乃至図6の流体供給管10の流入側部材31のテーパ部33の空間を過ぎて流体拡散部22にぶつかり、流体供給管10の中心から外側に向かって、即ち、半径方向へ拡散される。流体拡散部22は流入された流体が効果的に渦巻発生部24に進入するように流体を誘導する作用を行う。拡散された流体は渦巻発生部24の反時計方向に螺旋状に形成された3個の翼の間を通過して行く。流体は渦巻発生部24の各翼によって強烈な渦巻流になって、連結部25を過ぎてバブル発生部26に送られる。

40

【0032】

50

そして、流体はバブル発生部 26 の軸部分の外周面に規則的に形成された複数の突出部の間を通る。これらの複数の菱形突出部は複数の狭い流路を形成する。図 7 にて説明したように、ライン 51 で規定される流路は、軸部分に、例えば 12 本形成（軸部分の円周について 30 度間隔となる）されている螺旋流路となり、ライン 52 で規定される流路は、例えば軸部分に、14 本形成されている円環の閉流路となる。そして、この 2 系統の流路は軸体上で交差する交差流路となる。この場合、上流の渦巻発生部 24 からたとえば、反時計周りの渦巻流として流体が供給されるため、ライン 52 で規定される螺旋流路に流れる流体の勢い（速度）が、ライン 52 で規定される円環の閉流路に流れる流体の勢い（速度）に比べて大となる。そして、狭い交差流路を上流から下流に流れる中で、流体は衝突を繰り返す。そして、このような流路を経由することで、流体の攪拌・拡散或いはせん断を誘発する。

10

【0033】

また、内部構造体 20 は、流体が、断面積が大きい上流（渦巻発生部 24）から断面積が小さい下流（バブル発生部 26 の複数の突出部の間に形成された交差流路）へ流れる構造を有する。この構造は以下に説明するように流体の圧力を変化させる。流体に外部エネルギーが加えられない状態での圧力、速度、及び位置エネルギーの関係は次のようなベルヌーイ方程式（Bernoulli's equation）として表される。

【数 9】

$$P + \frac{\rho V^2}{2} + \rho g h = K \quad \text{式 (9)}$$

ここで、P は流線内の一点での圧力、つまり、静圧又は静圧力、 ρ は流体の密度、V はその点での流動の速度、g は重力加速度、h は基準面に対するその点の高さ、K は定数である。上記方程式として表現されるベルヌーイ定理は、エネルギー保存法則を流体に適用したものであり、第 1 項は、圧力のエネルギー（静圧）、第 2 項は運動エネルギー（動圧）、第 3 項は位置エネルギーに相当し、流れる流体に対して流線上ですべての形態のエネルギーの合計はいつも一定であるということを説明する。ベルヌーイ定理によると、断面積が大きい上流では、流体の速度が遅くて静圧は高い。これに対して、断面積が小さい下流では、流体の速度が速くなり静圧は低くなる。

【0034】

流体が液体である場合、低くなった静圧が液体の飽和蒸気圧に到達すると液体の気化が始まる。このようにほぼ同一の温度において静圧 P がきわめて短い時間内に飽和蒸気圧 P_v より低くなって（水の場合、3000 - 4000 Pa）液体が急激に気化する現象をキャビテーション（cavitation）と称する。流体供給管 10 の内部構造はこのようなキャビテーション現象を誘発する。キャビテーション現象によって液体のうちに存在する 100 ミクロン以下の微小な気泡核を核として液体が沸騰したり溶存気体の遊離によって小さい気泡が多数生じたりする。すなわち、流体がバブル発生部 26 を通じながら多数のマイクロバブルやウルトラファインバブルを含むファインバブル（微細気泡）が発生する。

30

【0035】

また、流体が、水の場合、1 つの水分子が他の 4 個の水分子と水素結合を形成するが、この水素結合ネットワークを破壊することは容易ではない。そのために、水は水素結合を形成しない他の液体に比べて沸点や融点が非常に高く、高い粘度を示す。水の沸点が高い性質は優秀な冷却効果をもたらすので、加工装置分野あるいは工作機械分野では、冷却水として頻りに用いられるが、水分子の大きさが大きくて加工箇所への浸透性や潤滑性は良くないという問題がある。そこで、通常は水でない特殊な潤滑油（例えば、切削油）を単独に、または、水と混合して用いる場合も多い。ところで、流体供給管 10 を用いれば、上記したキャビテーション現象によって水の気化が起き、その結果、水の水素結合ネットワークが破壊されると考えられる。また、気化によって発生するファインバブルは流体（

40

水)の浸透性及び潤滑性を向上させる。浸透性の向上は結果的に冷却効率を増加させる。

【0036】

バブル発生部26を通過した流体は、下流側に設けられたドーム形の誘導部28によって流体供給管10の中心に向かって誘導される。その後、流体はテーパ部37を過ぎて流出口39を通じて流出される。流体供給管10などの流体特性素子Sを経由した流体は、ファインバブルを含むため、冷却効果や洗浄効果を上げる効果がある。従って、利用装置7では、流体のそのような効果を利用することができる。

なお、内部構造体20の形状は、上述した図5に示すものに限らず、例えば、共通の軸体上に拡散部分と、流体特性付与部分とを有するものであればよい。拡散部分の形状は、錐体形状であればよく、円錐形のほか角錐形も含まれ、流体を特定方向に、例えば流体の流入方向に対して一定の角度をもった方向に誘導するものであればよい。流体特性付与部分は、軸部材の外周面に多数の突出部が配列され、流体が繰り返し衝突を起こし、流体を攪拌・拡散或いはせん断する流路(或いは交差流路)が設けられておればよく、その形状も、突出部の形状も、平面上で見たときにほぼ菱形となるものに限られるものではない。例えば、特許文献3のようにエーロフォイル形(翼形)であってもよい。また、内部構造体は、特許文献4のように、シャフトにより、ノッチ(切り欠き)が形成された円盤状要素を複数(多数)つないだものでもよい。内部構造体は、このように種々変形、変更できる。

10

【0037】

次に、図3の検査装置で、流体特性変化素子Sとして、次の諸元をもつ流体供給管10

20

や円管路C等を用いて、実証実験を行った結果について述べる。

流体供給管10の諸元：

型番：本特許出願人の製造販売に係る流体せん断装置SIO(3/8インチ)

管本体30の入側径：38mm

管本体30の出側径：26mm

管本体の全長：141.8mm

管本体30の材質：SUS

内部構造体20の材質：砲金

円管路Cの諸元：

管の内径：15mm

管の外径：25mm

管の長さ(フランジ5-1、5-2の間の長さ)：1000mm

差圧計5-4の取付位置(静圧の計測箇所)：流入口から600mm、900mm

管の計測穴の直径：0.5mm

30

流体の諸元：

流体：水道水

水温：21.6~22.0度

流量：0~22.5リッター/分(L/min)

【0038】

以上のような条件で、流体特性変化素子Sを通さない場合の流体の圧力損失 P1と流体特性変化素子Sを通した場合の流体の圧力損失 P2(図1参照)の計測を、切替弁4の切換え操作により流路の切り替えを実現し、更に、バルブ3の調整で、円管路Cに流れる流体の流量Qを変化させながら行う。

40

図8は、その結果を示すグラフであり、横軸に流量Q(リッター/分：L/min)、縦軸に圧力損失 P(パスカル：Pa)をとる。図の白丸は、流体特性変化素子Sを通さない場合の流体 P1であり、これは、次のべき乗関数のグラフ上に乗っている。

【数10】

$$\Delta P1 (=p1-p2) = \text{Const} \cdot Q^{1.75} \quad \text{式(10)}$$

この式の定数 (Const) は、グラフのフィッティング操作で、3.85と求まっている。ところで、この式(10)は、式(2)の通り、流体の流量Qと速度Vとは比例関係にあるので、式(5)で求めた関係と同義のことを言っている。

つまり、流体特性変化素子Sを通さない場合の流体の圧力損失 P1は、流速V又は流量Qの1.75乗に比例する結果となり、完全に理論式と合致している。

【0039】

一方、図8にある通り、流体特性変化素子Sを通した場合の流体の圧力損失 P2は、図の黒丸で示されており、特に流量Qが11L/minを超えると式(10)で示すグラフと差がひらいている。つまり、実験したサイズの流体供給管10は、流量Qが11L/min以上で、流体特性の変化が顕著に起きている、具体的には、ファインバブルが発生している又はキャビテーション現象によって、飽和蒸気圧に達した(その結果、流体の分子間の連結構造に変化が生じている可能性がある)ことを示すものと考えられる。

そして、圧力損失 P1、P2と理論値との差は、図9からも明らかなどおり、流量Qが11L/minを超えると、P2については大きく出てくる(20Pa~140Pa:圧力損失Pの値の10%程度)ことがわかる。P1の理論値との差は、流量Qにかかわらずほぼない。

【0040】

このように、流体特性変化素子Sを通した場合には、圧力損失 P2が、流体特性変化素子Sを通さない場合の圧力損失 P1に比較して大きくずれが生じてくることから、P1を、流量Qや必要なら温度Tの関数 P1(Q, T)として、基準値テーブルに数値データのセットとして、或いは基準値を定める関数のパラメータとして求めておく。そして、流体特性変化素子Sを動作させたときに、測定される圧力損失 P2(Q, T)の値の大きさを基準値(P1(Q, T))と比較すれば、流体特性変化素子Sの稼働状態の検査ができる。この場合、基準値は、理論値(式(5)、式(6))から求めてもよい。つまり、流体特性変化素子Sが本来の機能状態を保って機能しているのか、それとも何らかの原因によって、稼働していないのかが、基準値との比較で確認でき、従って必要な制御や管理ができることになる。

【0041】

以上の知見に基づいて、流体特性変化素子Sが含まれる流体システムの制御について、以下説明する。図10は、流体システムの第1実施形態である。本システムでは、流体は流体供給システム300の中のタンク1に蓄えられ、流体特性変化素子Sにて流体の特性が変化されたのちに、図3の利用装置7に対応する対象機器400で使用され消費される(流体は循環しない)。従って、タンク1には、流体供給が常になされることになるが、タンク1は必ずしも必要なく、例えば、水道管に直結され流体(水道水)が常に供給されるようにしたものでもよい。このような水道水を直接利用する流体システムとしては、家庭内の洗面・風呂・洗濯・洗浄等の流体システムなどがある。同様に、工場やオフィス、店舗でも水道水を直接利用する流体システムに適用できる。あるいは、ファインバブルを含む水を利用する農業、水産分野あるいはその他の分野の水処理のための流体システムに適用できる。また、食材、例えば米や農作物、鮮魚などの洗浄にも用いられる。更には、地下水や井戸水、汚染水の浄化など水処理システムに適用できる。加えて、特定の流体を使用する流体システムであれば、タンク1に適宜、当該流体を補給しながら利用することになる。そのような対象機器は、種々の製造・生産機械であり、種々の物品(食品、薬品、エマルジョン燃料など)の製造や生産に流体特性変化素子Sからの流体を利用することができる。

【0042】

タンク1からは、ポンプ2にて流体は汲み上げられ、流量計5-3にて流量が計測されてから圧力損失計測装置5に供給されて、バルブ6を経由して対象機器400に流体が与えられる。また、タンク1の流体の温度は温度計8にて計測される。流体供給システム300は、上述のタンク1、ポンプ2、流体特性変化素子S、流量計5-3、圧力損失計測装置5、温度計8を含み、図3で示した流体システム検査装置と同様の構成をもっている

(同じ機能を実現する箇所には同じ符号を付している)。勿論、対象機器 400 で必要とする水量などに応じて、夫々の機器の処理能力や機器サイズを変更することは当然である。

そして、本実施形態では、制御装置 301 を備えていて、内部には、図示をしないがマイクロコンピュータなどの処理プロセッサやメモリを含んでいて、流量計 5-3 からの流量 Q 、圧力損失計測装置 5 からの圧力損失 P_2 、温度計 8 からの温度 T が与えられ、適切な数値が得られたならば、バルブ 6 を開放し、流体特性変化素子 S を経た流体を対象機器 400 に供給するが、不適切な数値が得られた場合、特に圧力損失計測装置 5 からの圧力損失 P_2 が適切でない場合は、バルブ 6 を閉めて流体の供給を停止し、その旨をランプ 302 で示すようにする。勿論、ランプ 302 の代わりに、或いは同時にブザーで知らせるようにしてもよく、異常の内容(例えば、温度 T と、圧力損失 P_2 の異常や、流量 Q の異常などの内容)まで表示するディスプレイを設けるようにして使用者(管理者)に知らせるようにしてもよい。

【0043】

この場合、制御装置 301 内の内部メモリには、流体の使用温度範囲で許容される圧力損失 P_2 についての基準値(これは、流体特性変化素子 S を通す前の円管路 C における圧力損失 P_1 の値を基準値としてもよく、或いは上述した理論式で求めてもよい)が予め求められて数値テーブルとして記憶されている。基準値につき、より具体的に説明すると、所定の温度範囲毎に、流量 Q に対して圧力損失 P_2 の許容範囲を示す閾値が一枚ずつテーブル化されている。この閾値は、特性変化素子 S を通していない圧力損失値 P_1 (或いは図 9 にて示した理論値)との差(開き)を示す許容範囲の下限値(下限基準値)のみであってもよく、又は、この下限値に対して、ある比率をかけるなどして求める上限値(上限基準値)とのセットでもよい。このほか、所定の温度範囲毎の理論値を求めるための上述した式(10)の係数 $C o n s t$ などのパラメータを記憶しておいて、関数計算で基準値を求めるようにしてもよい。

【0044】

図 11 は、制御装置 301 に含まれる処理プロセッサの動作フローを示しており、ステップ S_1 では、基準値として、圧力損失 P_2 の許容範囲の閾値(上述の下限基準値或いは、下限基準値と上限基準値)がテーブルに入っているならその読み出しの準備をする。基準値として、記憶されたパラメータにより圧力損失 P_2 の許容範囲の閾値(上述の下限基準値或いは、下限基準値と上限基準値)を数式に基づき計算して求めるならば、その算出の準備をする。続くステップ S_2 では、流量計 5-3 から流量 Q 、圧力損失計測装置 5 から圧力損失値 P_2 、温度計 8 から温度 T がサンプリングして求められる。続くステップ S_3 では、入力された温度 T のもと、流量 Q についての圧力損失 P_2 が、基準値と比較される。つまり、流体特性変化素子 S が本来の機能を実現しているか否かを、圧力損失値 P_2 でチェックして、良ければ(OKならば)バルブ 6 を開けて(開けたままとし)ステップ S_2 にもどり、この処理を繰り返す。もしステップ S_3 で許容範囲内から外れたとしたら、NG の判断をし、ステップ S_4 に進み、ランプ 302 を点灯して異常状態を使用者(管理者)に知らせるとともに、バルブ 6 をしめて流体特性変化素子 S を経た流体が対象機器 400 に供給されないようにして、ステップ S_5 に進む。ステップ S_5 では、異常の原因を探り、対策を施して(人為的な操作も含む)、ステップ S_2 に戻る。

【0045】

図 12 は、流体システムの第 2 実施形態である。第 1 実施形態と同じ箇所には同じ符号を付して説明を省略する。本システムでは、対象機器 500 の発する熱を熱交換器 501 で熱交換する流体システムに流体特性変化素子 S を適用したものである。バルブ 6 を経由した流体特性変化素子 S からの流体(ファイバブルを含み、温度変化の効果が期待される)を熱交換器 501 内のパイプに通す。この熱交換器 501 内で、対象機器 500 からの循環してくる流体が別のパイプを通る中で熱交換を行い、対象機器 500 に戻る流体は、冷却(冷房時)或いは加熱(暖房時)されて戻る。熱交換器 501 を経た流体は、チラー(Chiller) 502 にて、本来の温度に戻して、タンク 1 に循環供給される。

【 0 0 4 6 】

したがって、対象機器 5 0 0、熱交換器 5 0 1 には、各種暖房・冷房機器が含まれる。また、エアコン、冷蔵庫、自動車のラジエーター、各種ボイラーにも適用できる。あるいは工業用の製造プロセスでの空調などにも利用できる。この場合、対象機器 5 0 0 から熱交換器 5 0 1 へ流入する流体は、液体のほか気体でもよい。

【 0 0 4 7 】

図 1 3 は、流体システムの第 3 実施形態である。第 1 実施形態、第 2 実施形態と同じ箇所には同じ符号を付して説明を省略する。本システムでは、対象機器 6 0 0 に流体特性変化素子 S からの流体を供給し、使用後の流体を、濾過器 6 0 1 により不要物や不純物を濾過した後、タンク 1 に循環供給する。流体特性変化素子 S からの流体は、ファインバブルを含むため、冷却効果や洗浄効果がある。従って、対象機器 6 0 0 としては、工作機械であって、ワークや砥石やドリルなどの刃物に、ノズルから流体を吐出し照射する。あるいは、対象機器 6 0 0 を工場の生産ライン（特に精密機器）の洗浄システムとすることができる。同様に、対象機器 6 0 0 を、ピンや容器、機材の洗浄装置とすることもできる。さらには、タンク 1 にオゾンを加えて蓄え、或いはタンクからの水にオゾンを混合した後（混合装置は図示せず）、流体特性変化素子 S にてオゾンファインバブル水に特性変化して、対象機器 6 0 0 において目的とするプロダクトにオゾンバブル水を照射する。このようにすれば、脱臭・脱色・殺菌効果が得られる。

【 0 0 4 8 】

図 1 4 は、流体システムの検査装置の第 2 の構成例を示し、図 3 の流体システムの検査装置の第 1 の構成例と同じ箇所には同じ符号を付してその説明を省略する。バルブ 3 を経由したタンク 1 からの流体は、第 1 圧力損失計測装置 7 0 1 に供給される。第 1 圧力損失計測装置 7 0 1 内には、一組のフランジ 7 0 1 - 1、7 0 1 - 2 と、その間の円管路 C ' があり、円管路 C ' の所定の距離 L の圧力損失 P_1 が差圧計 7 0 1 - 4 で計測される。これらの構成は、検査装置の第 1 の構成例（図 3）の圧力損失計測装置 5 と、流量計 5 - 3 を除き同様である。そして、流体特性変化素子 S に流体が供給されて、流体特性に変化があった後に、第 2 圧力損失計測装置 7 0 2 に供給される。この第 2 圧力損失計測装置 7 0 2 は、検査装置の第 1 の構成例（図 3）の圧力損失計測装置 5 と同じであり、一組のフランジ 7 0 2 - 1 と 7 0 2 - 2 の間の円管路 C に流量計 7 0 2 - 3 と、所定の距離 L の圧力損失 P_2 を計測する差圧計 7 0 2 - 4 とが設けられる。従って、第 2 の構成例では、流体特性変化素子 S を通す前の流体の圧力損失 P_1 が第 1 圧力損失計測装置 7 0 1 の差圧計 7 0 1 - 4 から、流体特性変化素子 S を通した後の流体の圧力損失 P_2 が第 2 圧力損失計測装置 7 0 2 の差圧計 7 0 2 - 4 から、同時に求められることになる。このような構成によれば、リアルタイムで、圧力損失 P_1 と圧力損失 P_2 とが得られることにより、両者の値の比較で、流体特性変化素子 S の稼働状態の検査、つまり、流体特性変化素子 S の機能実現動作の適否判定が行えることになる。

この第 2 の構成例の差圧計 7 0 1 - 4、7 0 2 - 4 も、夫々円管路 C、C ' の表面に所定距離（L）離れた一組の小穴である圧力測定孔を設け、流体の静圧を差圧トランスジューサーとマンメータの組み合わせで計測するようにしてもよいし、各圧力測定孔の静圧を個別の圧カトランスジューサーで計測してその差分を求めて差圧を得るようにしてもよい。

【 0 0 4 9 】

図 1 5 は、流体システムの第 4 実施形態を示す構成例である。本システムでは、第 1 の実施形態（図 1 0）と同様の流体システムを、図 1 4 の流体システムの検査装置の第 2 の構成例の考え方を適用して構成したものである。第 1 の実施形態と同様の箇所には同じ符号を付し説明を省略する。本第 4 実施形態においては、流体供給システム 8 0 0 内の第 1 圧力損失計測装置 7 0 1 から流体特性変化素子 S を通る前の圧力損失 P_1 が、第 2 圧力損失 7 0 2 から流体特性変化素子 S を通った後の圧力損失 P_2 が、流量計 7 0 2 - 3 から流量 Q、温度計 8 から温度 T が制御装置 8 0 1 に供給される。制御装置 8 0 1 の内部には、図示をしないがマイクロコンピュータなどの処理プロセッサやメモリを含んでいる。

流量計からの流量 Q 、第1圧力損失計測装置701からの圧力損失 P_1 、第2圧力損失計測装置からの圧力損失 P_2 、温度計8からの温度 T が、適切な数値であるならば、バルブ6を開放し、流体特性変化素子 S を経た流体を対象機器400に供給するが、不適切な数値が得られた場合、特に第1圧力損失計測装置701からの圧力損失 P_1 と第2の圧力損失計測装置702からの圧力損失 P_2 の値の差分がある値以上になっていない場合は、バルブ6を閉めて流体の供給を停止し、その旨をランプ302などで警告するようにする。

【0050】

図16は、制御装置801に含まれる処理プロセッサの動作フローを示しており、ステップS11では、流量計702-3からの流量 Q 、温度計8からの温度 T をサンプリングする。次に、ステップS12で第1圧力損失計測装置701から流体特性変化素子 S を通る前の圧力損失 P_1 がサンプリングされ、ステップS13に進み、第2圧力損失計測装置702から流体特性変化素子 S を通った後の圧力損失 P_2 がサンプリングされる。ステップS14では、圧力損失 P_2 が圧力損失 P_1 と一定程度以上離れている(大きい)か否かを判定する。勿論、このとき、流量 Q や温度 T に依存して、比較アルゴリズムや閾値に補正をかけるようにすれば精度があがる。そして、流体特性変化素子 S が本来の機能を実現していると判断して、良ければ(OKならば)バルブ6を開けて(開けたままとして)、ステップS11にもどり、この処理を繰り返す。もしステップS14で閾値を超えた、許容範囲内を外れたとしたら、NGの判断をし、ステップS15に進み、ランプ302を点灯して異常状態を使用者(管理者)に知らせるとともに、バルブ6をしめて流体特性変化素子 S を経た流体を対象機器400に供給されないようにして、ステップS16に進む。ステップS16では、異常の原因を探り、対策を施して(人為的な操作も含む)、ステップS11に戻る。

【0051】

図14の流体システムの検査装置の第2の構成例の考え方を適用して、第4の実施形態と同様に、第2の実施形態(図12)や第3の実施形態(図13)を変形することもできるが、その構成は自明であるので説明を省略する。

【0052】

以上の説明では、流体特性変化素子 S を通す前の流体の円管路での圧力損失 P_1 と流体特性変化素子 S を通した後の流体の円管路での圧力損失 P_2 との値の比較で、流体特性変化素子 S の稼働状態の検査を行ったが、両者の円管路の管摩擦係数(式(7)による)の比較でも、同様に流体特性変化素子 S の稼働状態を検知することができる。この場合、流体特性変化素子 S が本来の機能を実現しているならば、流速 V 、或いは流量 Q の 0.25 乗のカーブからずれが生じることになる。

また、圧力損失 P_1 、 P_2 を計測するのを円管路 C 、 C' としたが、矩形状の断面形状をもつものなど非円形断面をもつ管路であってもよい。また、円管路や非円形断面をもつ管路の長さ、管の径、差圧計を取り付ける位置については、適宜変更でき、流体システム(利用装置や対象機器)で必要とする流体の流量などに依存して変更可能である。

また、流体特性変化素子 S は、ファインバブルを発生するものや、流体を攪拌・拡散あるいはせん断するものとして説明したが、流体の特性に何らかの変化をもたらすものであれば、本発明を適用可能である。このときに、流体特性変化素子 S を通した流体にあっては、流速 V や流量 Q に対する圧力損失 P_2 が、理論式から(或いは、流体特性変化素子 S を経由する前の流体の圧力損失 P_1)からずれを生じているものとする。

【0053】

以上、本発明を、いくつかの構成例や、複数の実施形態を利用して説明したが、本発明はこのような例示の形態に限定されることではない。本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者は、上記説明及び関連図面から本発明の多くの変形及び他の実施形態を導出することができる。本明細書では、複数の特定用語が使われているが、これらは一般的な意味として単に説明の目的のために使われただけであり、発明を制限する目的で使われたものではない。添付の特許請求の範囲及びその均等物により定義される一般的な発

明の概念及び思想を抜け出さない範囲で多様な変形が可能である。

【符号の説明】

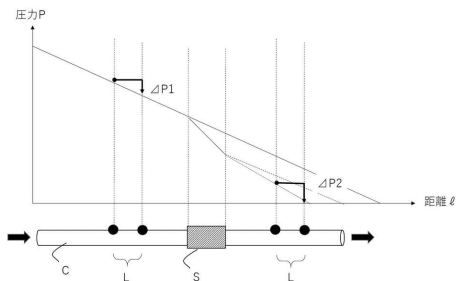
【 0 0 5 4 】

C、C'	円管路	
S	流体特性変化素子	
3、6	バルブ	
4	切替弁	
5	圧力損失計測装置	
5 - 3、7 0 2 - 3	流量計	
5 - 4、7 0 1 - 4、7 0 2 - 4	差圧計 (マノメータ)	10
7	利用装置	
8	温度計	
1 0	流体供給管	
3 0 0、8 0 0	流体供給システム	
4 0 0、5 0 0、6 0 0	対象機器	
5 0 1	熱交換器	
3 0 1、8 0 1	制御装置	
7 0 1	第 1 圧力損失計測装置	
7 0 2	第 2 圧力損失計測装置	

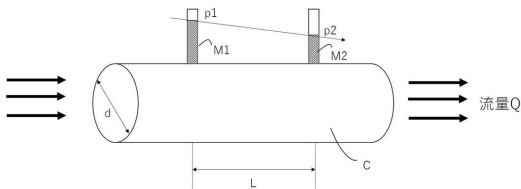
10

20

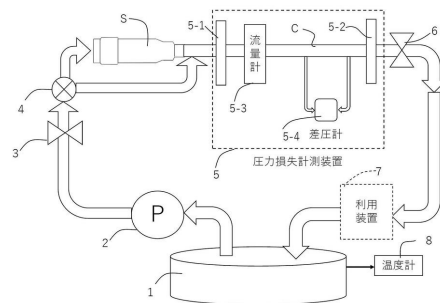
【 図 1 】



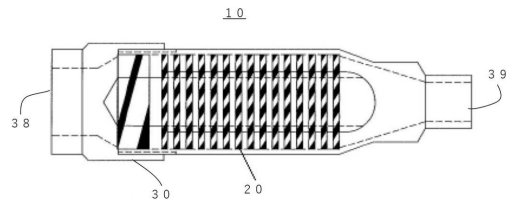
【 図 2 】



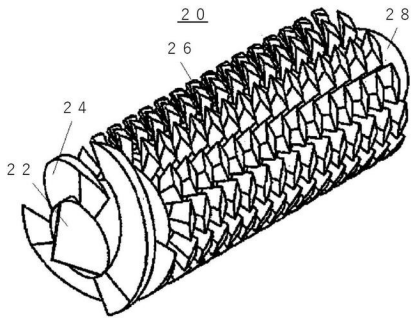
【 図 3 】



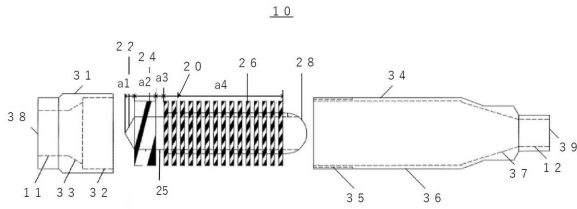
【 図 4 】



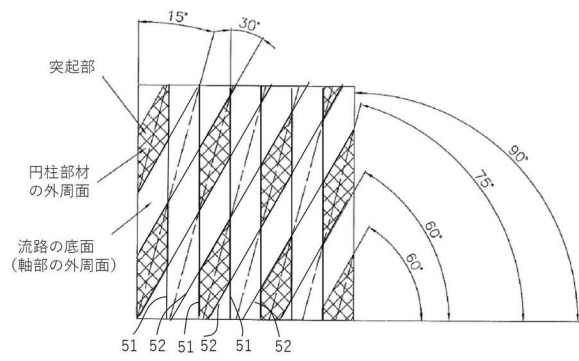
【図5】



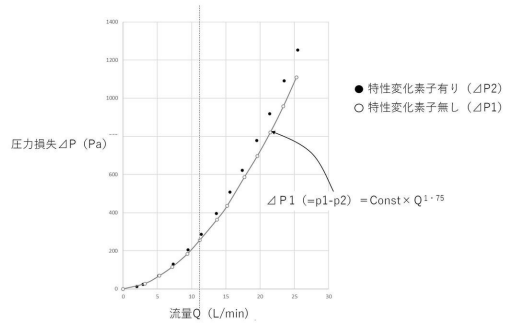
【図6】



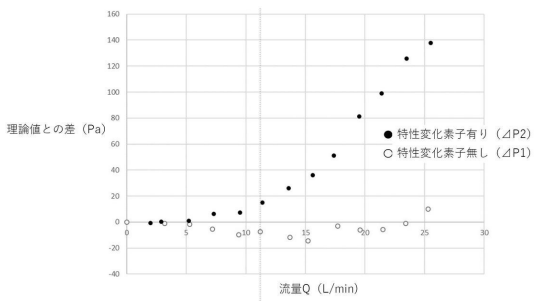
【図7】



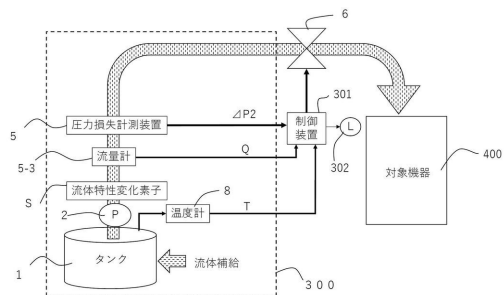
【図8】



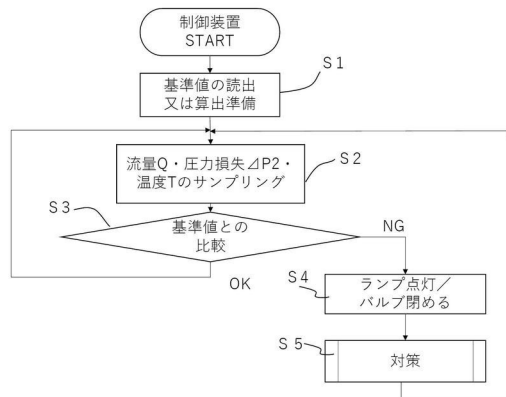
【図9】



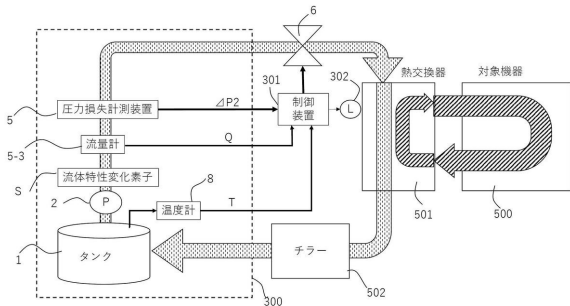
【図10】



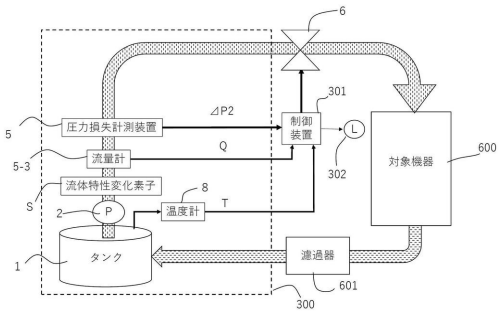
【図11】



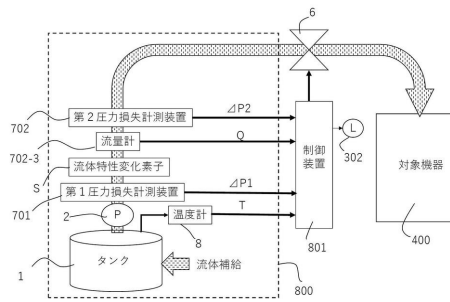
【図12】



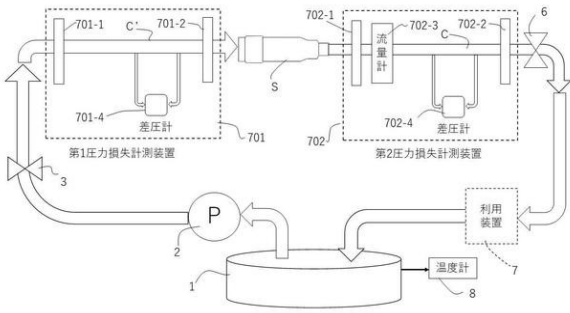
【図13】



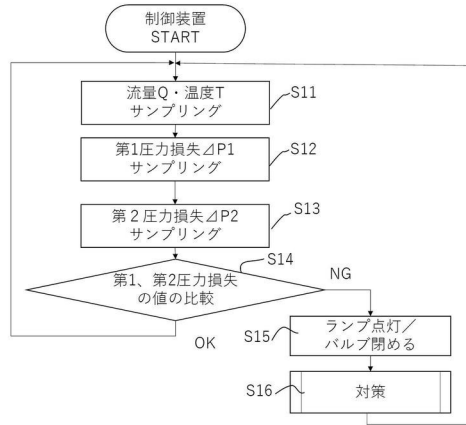
【図15】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 F 2 8 F 27/00 (2006.01) F 2 8 F 27/00 5 1 1 J
 G 0 1 L 13/00 (2006.01) G 0 1 L 13/00 C

(72)発明者 木下 れい 一
 東京都八王子市美山町 1 2 3 6 株式会社塩内

(72)発明者 大木 勝
 東京都八王子市美山町 1 2 3 6 株式会社塩内

(72)発明者 駒澤 心
 東京都八王子市美山町 1 2 3 6 株式会社塩内

(72)発明者 真鍋 啓
 東京都八王子市美山町 1 2 3 6 株式会社塩内

審査官 河野 隆一郎

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 0 1 F 1 / 0 0 - 5 / 2 6
 B 0 1 F 1 5 / 0 0 - 1 5 / 0 6
 B 0 5 B 1 / 0 0 - 3 / 1 8
 B 0 5 B 7 / 0 0 - 9 / 0 8
 G 0 1 F 1 / 0 0 - 1 / 3 0
 G 0 1 F 1 / 3 4 - 1 / 5 4
 G 0 1 F 3 / 0 0 - 9 / 0 2
 G 0 1 N 1 / 0 0 - 1 / 4 4
 G 0 1 L 7 / 0 0 - 2 3 / 3 2
 G 0 1 L 2 7 / 0 0 - 2 7 / 0 2
 G 0 5 D 7 / 0 0 - 7 / 0 6
 G 0 5 D 1 1 / 0 0 - 1 1 / 1 6
 J a p i o - G P G / F X