

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年10月5日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号

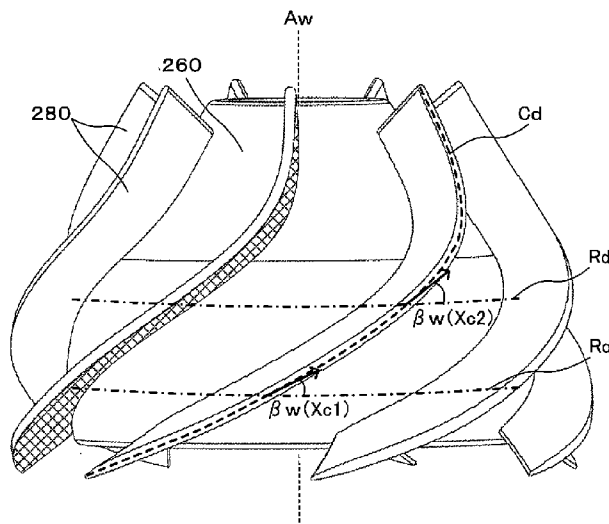
WO 2017/170640 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 11/00 (2006.01) F04D 29/44 (2006.01)
F04D 1/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012812
- (22) 国際出願日: 2017年3月29日(29.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-066008 2016年3月29日(29.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 平本 和也 (HIRAMOTO, Kazuya); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 大淵 真志 (OBUCHI, Masashi); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 前田 毅 (MAEDA, Tsuyoshi); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小野 新次郎, 外 (ONO, Shinjiro et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 206 区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: DIFFUSER AND MULTISTAGE PUMP

(54) 発明の名称: ディフューザ、及び多段ポンプ装置



(57) Abstract: This diffuser (250) is provided with: a case part (260, 270) for demarcating a cylindrical passage so that the diameter thereof is narrowed from a fluid inflow side toward an outflow side; and a plurality of diffuser blade parts (280) for helicoidally partitioning the cylindrical passage, the plurality of diffuser blade parts (280) being disposed in the cylindrical passage. In the plurality of diffuser blade parts (280), the angle formed by a circumferential direction and the blade surface tangential direction of the diffuser parts with respect to a revolving shaft at a discretionary meridian position of the case part (260, 270) is defined as a diffuser blade angle β_w . This diffuser blade angle $\beta_w(^{\circ})$ changes by a change amount $\Delta\beta_w$ that satisfies the relationship $\Delta\beta_w < 2.4 \times \Delta X_c$ with respect to the unit change amount ΔX_c (mm) of the meridian position. Also, the diffuser blade angle β_w is less than 90° in all areas.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/170640 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ディフューザ (250) は、流体の流入側から流出側に向けて径が細くなるように円筒状の流路を画定するケース部 (260、270) と、円筒状の流路に複数配置され、円筒状の流路を螺旋状に区画する複数のディフューザ翼部 (280) と、を備える。複数のディフューザ翼部について (280)、ケース部 (260、270) の任意の子午面位置において、回転軸に対する周方向とディフューザ翼部の翼面接線方向とのなす角度をディフューザ翼角度 β_w と定義する。このディフューザ翼角度 β_w (°) は、子午面位置の単位変化量 ΔX_c (mm) に対して、 $\Delta\beta_w < 2.4 \cdot \Delta X_c$ の関係を満たす変化量 $\Delta\beta_w$ で変化する。また、ディフューザ翼角度 β_w は、すべての領域において、90°より小さくなっている。

明 細 書

発明の名称： ディフューザ、及び多段ポンプ装置

技術分野

[0001] 本発明は、ディフューザ、及び多段ポンプ装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、流体を移送するために多段ポンプが広く用いられている。多段ポンプは、駆動軸に沿って配置された複数段の羽根車が、流体の流路を画定するディフューザに收容されて構成される。ディフューザは、羽根車が昇圧した流体を螺旋状に案内して整流し、次の段の羽根車へと移送する。多段ポンプでは、羽根車とディフューザとの段数を変更することにより、所望の揚程を得ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1： 特開平 6－3 2 3 2 9 1 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 多段ポンプ装置では、所定の定格吐出量で運転するときに最もエネルギー効率が高くなるようにディフューザの形状が設計される。例えば一般に、ディフューザは、内部の流路を区画するディフューザ翼の角度 β_w が、出口流れの旋回速度成分を除去して軸方向に向かうように設計される。しかし、ディフューザ内の流れの剥離を抑制しながら出口流れの旋回速度成分を除去するためには、ディフューザの軸方向長さを大きくする必要があり、ポンプ全長が大きくなるという問題がある。

[0005] また、軸方向の長さの短いディフューザで、出口流れの旋回速度成分をなくすためには、ディフューザ翼の角度 β_w を大きくする必要があり、入口から出口にかけて翼角度 β_w の増加も大きくなる。この場合には、ディフューザ内の流れに剥離が発生しやすくなり、ディフューザ内の二次流れ（流れの

乱れ)によってディフューザの効率が低下してしまう。さらに、羽根車とディフューザとを複数段重ねた場合には、前段のディフューザで発生した剥離が次段以降の羽根車およびディフューザに影響し、エネルギー効率が低下してしまう。

[0006] 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、ディフューザが複数段重ねられる多段ポンプ装置において、小型でエネルギー効率が低いディフューザ、及び多段ポンプ装置を提案することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明のディフューザは、多段ポンプに用いられ、回転軸回りに回転する羽根車と同心上に配置されて羽根車の回転に伴って誘引される流体を案内する。このディフューザは、流体の流入側から流出側に向けて径が細くなるように円筒状の流路を画定するケース部と、円筒状の流路に複数配置され、円筒状の流路を螺旋状に区画する複数のディフューザ翼部と、を備える。複数のディフューザ翼部について、ケース部の任意の子午面位置において、回転軸に対する周方向とディフューザ翼部の翼面接線方向とのなす角度をディフューザ翼角度 β_w と定義する。このディフューザ翼角度 β_w ($^\circ$)は、子午面位置の単位変化量 ΔX_c (mm)に対して、 $\Delta \beta_w < 2.4 \cdot \Delta X_c$ の関係を満たす変化量 $\Delta \beta_w$ で変化する。また、ディフューザ翼角度 β_w は、すべての領域において、 90° より小さくなっている。これにより、ディフューザの出口流れに旋回速度成分が残り、ポンプ流量によらず各ディフューザの出口流れを安定させることができ、小型でエネルギー効率の高い多段ポンプ装置を実現することができる。

[0008] また、ケース部が画定する流路の最大外径 ϕD_c と、ディフューザ翼部の外周側の子午面翼長さ L_c とは、 $L_c / \phi D_c < 0.64$ の関係を満たすことが好ましい。

[0009] また、ケース部が画定する流路の最大内径 ϕD_h と、ディフューザ翼部の内周側の子午面翼長さ L_h とは、 $L_h / \phi D_h < 0.63$ の関係を満たすことが好ましい。

- [0010] また、ディフューザ翼部は、内周側の子午面翼長さ L_h が外周側の子午面翼長さ L_c 以下であることが好ましい。
- [0011] また、ケース部の流出側端部における内周側の壁面は、流路の内径が最大となる位置よりも下流側において、回転軸となす角の最大値 θ_o が比速度 N_s に対して、 $\theta_o > 1500 \cdot N_s^{-0.6}$ の関係を満たすことが好ましい。ここで、比速度 N_s は、ポンプの回転速度 (min^{-1}) を N_p 、吐出し量 (m^3/min) を Q_p 、全揚程 (m) を H_p として、 $N_s = (N_p \cdot Q_p^{1/2}) / H_p^{3/4}$ で表される。
- [0012] 本発明の多段ポンプ装置は、上記の本発明のディフューザと、このディフューザと同心円状に配置され、ディフューザに流体を誘引する羽根車と、を複数段備える。
- [0013] この多段ポンプ装置によれば、本発明のディフューザと同様の効果を奏することができる。
- [0014] また、多段ポンプ装置は、羽根車を回転させる動力源を、更に備えてもよい。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本実施形態の多段ポンプ装置を模式的に示す縦断面図である。
- [図2]本実施形態のディフューザ周辺を拡大して示す模式図である。
- [図3]外側ケース部を省略してディフューザの内側ケース部とディフューザ翼部とを示す模式図である。
- [図4]多段ポンプの吐き出し量に対する羽根車の効率曲線を示す図である。
- [図5]多段ポンプの吐き出し量に対するディフューザの効率曲線を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0016] 以下、本願発明の一実施形態に係るディフューザ及び多段ポンプ装置を図面に基づいて説明する。以下の実施形態では、一例として、水中ポンプを備える深井戸水中モータポンプについて説明するが、本発明は、こうした例に限定されず種々の多段ポンプ装置およびディフューザに適用することができる。

る。

[0017] 図1は、本実施形態の多段ポンプを模式的に示す縦断面図である。図中、太線矢印は、流体の流れを模式的に示すものである。図1に示すように、多段ポンプ装置10は、動力源としてのモータ100と、モータ100の上部に取り付けられるポンプ部200とを備える。

[0018] モータ100は、電気ケーブル102を介して図示しない外部電源に接続されている。モータ100は、その駆動軸104が、継手106を介してポンプ部200の主軸230に接続されている。本実施形態では、モータ100の駆動軸104およびポンプ部200の主軸230は、軸線（回転軸）Aw方向に伸びて同心に配置されている。モータ100は、ポンプ部200の主軸230を回転させることができるものであれば、如何なるものを用いてもよい。モータ100は、本発明の中核をなさないため、詳細な構成については説明を省略する。

[0019] ポンプ部200は、吸込ケース210と、吐出ケース220と、主軸230と、羽根車240と、ディフューザ250と、を備える。

[0020] 吸込ケース210は、モータ100の上部に設けられ、ポンプ部200の最下段として配置される。吸込ケース210は、下部の組付部212とモータ100のケース108とがビス214により締結されて、モータ100に固定される。吸込ケース210は、略円筒状に形成され、流体を吸い込むための吸込口216が組付部212の上部に形成されている。吸込ケース210の上部の組付部218には、ディフューザ250の組付部252がビス253により締結されて、ディフューザ250が固定される。

[0021] 吐出ケース220は、ディフューザ250の上部に設けられ、ポンプ部200の最上段として配置される。吐出ケース220は、下部の組付部222とディフューザ250の組付部254とがビス255により締結されて、ディフューザ250に固定される。吐出ケース220は、略円筒状に形成され、上部の組付部224が図示しない吐出配管に取り付けられる。吐出ケース220は、流体が逆流するのを抑制する逆止弁226を内部に備える。

- [0022] 主軸 230 は、モータ 100 に継手 106 を介して接続され、吸込ケース 210 およびディフューザ 250 の内部を挿通する。主軸 230 は、ディフューザ 250 の軸受スリーブ 268 によって軸支される。主軸 230 には、複数の羽根車 240 が取り付けられ、主軸 230 の回転に伴って複数の羽根車 240 が回転する。
- [0023] 羽根車 240 は、主軸 230 を挿入するための円筒状の挿入部と、挿入部の外周面に取り付けられた複数の羽根と、を有する。羽根車 240 は、主軸 230 と一体に回転し、複数の羽根により流体を上流（図中下方）から下流（図中上方）に圧送する。
- [0024] ディフューザ 250 は、金属または樹脂などにより形成され、羽根車 240 の回転軸（主軸 230）と同心に配置されている。図 2 は、本実施形態のディフューザ周辺を拡大して示す模式図である。なお、図 2 は、軸線 Aw に沿った断面を示しているが、ディフューザ翼部 280 については、翼面に沿って 1 枚のディフューザ翼部 280 を示している。また、ディフューザ翼部 280 については、断面ではないが理解が容易となるように網掛けを付している。以下、軸線 Aw に沿った断面を「子午面」という。
- [0025] ディフューザ 250 は、この実施形態では、主軸 230 と、羽根車 240 とを收容し、流体の流路を画定する。ディフューザ 250 は、流体の逆流を防ぐために、羽根車 240 との間にライナリング 258 を備える。ディフューザ 250 は、上下に組付部 252、254 を有し、吸込ケース 210 および吐出ケース 220 との固定が可能である。また、ディフューザ 250 は、ディフューザ 250 と羽根車 240 との組を 1 段として、複数段を積層可能に形成されている（図 1 の例では、2 段が積層されている）。
- [0026] 図 3 は、外側ケース部を省略してディフューザの内側ケース部とディフューザ翼部とを示す模式図である。なお、図 3 では、図 2 と対応するように、1 枚のディフューザ翼部 280 の翼面に網掛けを付している。図 2 及び図 3 に示すように、ディフューザ 250 は、流路の内壁を画定する内側ケース部 260 と、流路の外壁を画定する外側ケース部 270 と、内側ケース部 26

０と外側ケース部２７０とを接続する複数のディフューザ翼部２８０と、を備える。なお、内側ケース部２６０、外側ケース部２７０、およびディフューザ翼部２８０は、例えば金属の鋳造などにより一体に形成されてもよいし、別々に形成されて接続されてもよい。

[0027] 内側ケース部２６０には、主軸２３０が挿入される軸受スリーブ２６８が設けられる（図１参照）。図１～図３に示すように、内側ケース部２６０は、上方（下流）に向かうほど径が小さくなる略円筒形状に形成されている。外側ケース部２７０は、内側ケース部２６０との間に流路が画定されるように、内側ケース部２６０の外郭に対応した形状の空間を内部に有する。つまり、外側ケース部２７０は、中空の形状に形成され、上方に向かうほど径が小さくなる略円筒形状に形成されている。内側ケース部２６０と外側ケース部２７０とは、互いに離間して配置されることにより、羽根車２４０から誘引される流体が通過する円筒状の流路Ｆｃを画定する。

[0028] 内側ケース部２６０と外側ケース部２７０とは、互いに離間した状態で複数（本実施形態では、７つ）のディフューザ翼部２８０によって接続されている。複数のディフューザ翼部２８０は、軸線Ａｗに対して周方向に均等な位置関係で円筒状の流路Ｆｃに配置され、それぞれ滑らかな曲面状の板面（翼面）を有する板状に形成されている。

[0029] ディフューザ翼部２８０は、図２及び図３に示すように、周方向に回転しながら、内側ケース部２６０と外側ケース部２７０とにより画定される円筒状の流路Ｆｃを翼面によって区画するように配置されている。ディフューザ翼部２８０は、下端部（流路の流入側の端部）では、板面が主軸２３０の軸方向と略垂直となり、上端部（流路の流出側の端部）では、板面が主軸２３０の軸方向と略並行となるように設けられている。これにより、ディフューザ翼部２８０は、内側ケース部２６０と外側ケース部２７０とにより画定される空間が複数の螺旋状の流路となるように区画する。

[0030] 本実施形態では、ディフューザ翼部２８０は、翼角度 β_w が小さい変化量 $\Delta\beta_w$ で変化するように構成されている。ここで、翼角度 β_w は、流体の流

路に沿ったディフューザ翼部 280 の翼厚中心線 C d における接線と、当該接線に対する軸線 A w 回りの周方向の接線 R d とのなす角度 (°) である。

また、本実施形態では、ディフューザ翼部 280 の厚さは略一定であり、翼厚の中心線 C d における接線は、翼面における接線と略同一となる。ただし、翼角度 β_w は、翼厚の中心線 C d に代えて、ディフューザ翼部 280 の上流側 (図中、下側) または下流側 (図中、上側) における翼面の接線と、軸線 A w 回りの周方向の接線 R d とのなす角度 (°) としてもよい。この翼角度 β_w は、内側ケース部 260 および外側ケース部 270 の子午面の位置 X c (mm) に応じて変化している (図中、位置 X c 1 に対する翼角度 β_w (X c 1) および位置 X c 2 に対する翼角度 β_w (X c 2) 参照)。具体的には、翼角度 β_w は、ディフューザ 250 の入口付近 (図中、下方) では小さく、出口付近 (図中、上方) では大きくなっている。これにより、羽根車 240 から誘引された周方向の流れ成分が多く含まれる流体を整流して下流 (図中、上方) へ案内することができる。そして、本実施形態のディフューザ翼部 280 は、子午面の位置 X c の単位変化量 ΔX_c に対する翼角度 β_w の変化量 $\Delta \beta_w$ が、すべての領域において、次式 (1) に示す関係を満たす。

換言すれば、翼角度 β_w は、子午面位置 X c で微分した導関数がすべての領域において値 2.4 (°/mm) 未満となっている。また、ディフューザ翼角度 β_w は、すべての領域において、90° より小さく形成される。これにより、ディフューザ 250 の出口から吐出される流体に意図的に旋回速度成分が残る。このように、翼角度 β_w を定めてディフューザ翼部 280 を設計することにより、子午面の長さを小さくしてもディフューザ 250 内の流れに剥離が生じるのを抑制することができる。また、2 段目以降のディフューザ 250 に誘引される流体の流れを安定させることができる。これにより、特に 2 段目以降のディフューザ 250 においてエネルギー効率を向上させることができ、多段ポンプ装置 10 のエネルギー効率を向上することができる。

$$\Delta \beta_w < 2.4 \cdot \Delta X_c \quad \dots (1)$$

[0031] 一般に、ディフューザ 250 は、出口側から吐出される流体の流れ成分に

旋回速度成分ができるだけ含まれないようにディフューザ翼部 280 が設計される。このために、従来のディフューザ 250 は、ディフューザ翼部 280 の翼角度 β_w が 90° より大きい部分を有すると共に、翼角度 β_w が大きい変化量 $\Delta\beta_w$ で変化する。しかし、翼角度 β_w が 90° より大きい部分を有したり大きい変化量 $\Delta\beta_w$ で変化すると、ディフューザ 250 内の流れに剥離が生じやすく、特に 2 段目以降のディフューザ 250 においてエネルギー効率が低下することが分かった。このため、本実施形態では、すべての領域において式 (1) の関係を満たすと共にディフューザ翼角度 β_w を 90° より小さい角度とし、ディフューザ 250 の出口から吐出される流体に意図的に旋回速度成分が残るように設計している。これにより、ディフューザ 250 内の流れに剥離が生じるのを抑制できるとともに、2 段目以降のディフューザ 250 に誘引される流体の流れを安定させることができ、多段ポンプ装置 10 のエネルギー効率を向上することができる。

[0032] さらに、ディフューザ 250 は、外側ケース部 270 が画定する流路 F_c の最大外径 ϕD_c と、ディフューザ翼部 280 の外周側の子午面翼長さ L_c とが次式 (2) の関係を満たしている。また、ディフューザ 250 は、内側ケース部 260 が画定する流路 F_c の最大内径 ϕD_h と、ディフューザ翼部 280 の内周側の子午面翼長さ L_h とが次式 (3) の関係を満たしている。ここで、ディフューザ翼部 280 の外周側および内周側の子午面翼長さ L_c 、 L_h は、外側ケース部 270 および内側ケース部 260 の子午面におけるディフューザ翼部 280 が設けられている領域の長さである (図 2 参照)。さらに、この子午面翼長さ L_c 、 L_h は、内周側の子午面翼長さ L_h が外周側の子午面翼長さ L_c 以下となっている (次式 (4) の関係を満たしている)。こうした関係を満たすことにより、軸線 A_w 方向の長さが小さいディフューザ 250 とすることができ、式 (1) の関係を示すことで、小型でエネルギー効率の高い多段ポンプ装置 10 を実現することができる。

$$L_c / \phi D_c < 0.64 \quad \dots (2)$$

$$L_h / \phi D_h < 0.63 \quad \dots (3)$$

$$L_h \leq L_c \quad \dots (4)$$

[0033] そして、内側ケース部260の子午断面における外周面は、流路F_cの内径が最大(=φD_h)となる位置よりも吐出し側に位置する部分において、軸線A_wとなす角の最大値θ_oが比速度N_sに対して、次式(5)の関係を満たしている。ここで、比速度N_sは、ポンプ(モータ)の回転速度(m i n⁻¹)をN_p、吐出し量(m³/m i n)をQ_p、全揚程(m)をH_pとして、次式(6)で表される。こうした関係を満たすことにより、軸線A_w方向の長さが小さいディフューザ250とすることができ、式(1)の関係を示すことで、小型でエネルギー効率の高い多段ポンプ装置10を実現することができる。なお、本実施形態では、内側ケース部260の外周面は、流出側端部(図中、上側端部)において、軸線A_wとのなす角が最大(=θ_o)となっている(図2参照)。ただし、こうした例に限定されず、内側ケース部260の外周面は、流出側端部ではない場所において、軸線A_wとのなす角が最大となってもよい。

$$\theta_o > 1500 \cdot N_s^{-0.6} \quad \dots (5)$$

$$N_s = (N_p \cdot Q_p^{1/2}) / H_p^{3/4} \quad \dots (6)$$

[0034] 図4は、多段ポンプの吐き出し量に対する羽根車の効率曲線を示す図であり、図5は、多段ポンプの吐き出し量に対するディフューザの効率曲線を示す図である。ここで、図4および図5中の太い実線は、上記した式(1)～(5)の関係をすべて満たす本実施形態の多段ポンプ装置10について1段目の羽根車240およびディフューザ250を示すグラフである。また、図中の太い破線は、本実施形態の多段ポンプ装置10について2段目の羽根車240およびディフューザ250を示すグラフである。図中の細い実線は、上記した式(1)～(5)の関係をいずれも満たさない比較例の多段ポンプ装置について1段目の羽根車およびディフューザを示すグラフである。また、図中の細い破線は、比較例の多段ポンプ装置について2段目の羽根車およびディフューザを示すグラフである。図4および図5に示すように、多段ポンプ装置10は、特定の吐き出し量を定格M_dとして、最も効率がよくなる

ようにディフューザ翼部280の角度が設計されている。そして、吐き出し量が定格Mdから離れると流体の流れとディフューザ翼部280の角度が合わなくなってエネルギー効率が低下する。

[0035] 一般に、ディフューザ250は、同一の物が複数段重ねられ、そのエネルギー効率については1段のディフューザ250を対象として最も効率がよくなるように設計される。しかし、この場合には、図4および図5の比較例に示すように、1段目の羽根車およびディフューザについては高いエネルギー効率を実現できるが（図中、細い実線参照）、2段目の羽根車およびディフューザについてはエネルギー効率が低下してしまう（図中、細い破線参照）。これは、1段目の羽根車およびディフューザを通過した流体の流れに乱れが含まれ、この流れの乱れが2段目以降の羽根車およびディフューザに影響するためである。特に、ポンプの吐き出し量が大いときにはディフューザ内の流れに剥離が生じ、羽根車およびディフューザのエネルギー効率の低下が顕著になる。また、ディフューザの子午面が短いほど、つまりディフューザの軸線Aw方向の長さが短いほど、ディフューザ内の流れに乱れが生じやすく、2段目以降の羽根車およびディフューザのエネルギー効率が低下する。

[0036] 一方、本実施形態の多段ポンプ装置10では、上記した式(1)～(5)の関係を満たすようにディフューザ250が設計されている。これにより、図4および図5中の太い実線および破線に示すように、軸線Aw方向の長さが小さいディフューザ250において2段目の羽根車240およびディフューザ250のエネルギー効率を高くすることができる。これは、ディフューザ250の出口から吐出される流体に意図的に旋回速度成分が残されることに基づく。これにより、2段目以降の羽根車240およびディフューザ250に誘引される流体の流れを安定させることができ、比較例の多段ポンプ装置に比べてエネルギー効率を向上させることができる。なお、吐き出し量に対するエネルギー効率は、ディフューザ250と羽根車240との段数を変更した場合にも、図4及び図5に示す関係と同様の結果が得られた。また、ディフューザ250と羽根車240との段数を3段以上にした場合、3段目以降の

羽根車 240 およびディフューザ 250 の効率曲線については、図 4 及び図 5 に示す 2 段目の効率曲線（図中、太い破線参照）と同様であった。

[0037] 以上説明した本実施形態の多段ポンプ装置 10 では、複数のディフューザ翼部 280 の翼角度 β_w が、外周側または内周側における子午面位置の単位変化量 ΔX_c (mm) に対して、すべての領域において、式 (1) の関係を満たす変化量 $\Delta \beta_w$ で変化する。また、ディフューザ翼部 280 の翼角度 β_w は、すべての領域において、 90° より小さく形成される。これにより、ディフューザ 250 の出口流れに旋回速度成分が残り、ポンプ流量によらず各ディフューザ 250 の出口流れを安定させることができ、小型でエネルギー効率の高い多段ポンプ装置 10 を実現することができる。

[0038] また、外側ケース部 270 および内側ケース部 260 が画定する流路の最大外径 ϕD_c 及び最大内径 ϕD_h と、ディフューザ翼部 280 の外周側および内周側の子午面翼長さ L_c 、 L_h とが式 (2) ~ (4) に示す関係を満たすものとした。さらに、内側ケース部 260 の流出側端部における外周面は、軸線 A_w となす角 θ_o が比速度 N_s に対して、式 (5) の関係を満たすものとした。しかし、ディフューザ翼部 280 は、こうした例に限定されず、上記した関係のうち、式 (2) ~ (5) は、少なくとも 1 つを満たすものとしてもよい。

[0039] 上記した多段ポンプ装置 10 では、モータ 100 が下方に設置され、その上方にポンプ部 200 が設置されるものとしたが、ポンプ部 200 の上方にモータ 100 が設置されてもよい。また、ポンプ部 200 は、図 1 に示すように縦置きに限定されるものではなく、横置きなどとしてもよい。また、多段ポンプ装置 10 は、水中で使用してもよいし、陸上で使用してもよい。

[0040] 上記したディフューザ 250 では、内側ケース部 260 と外側ケース部 270 との間に、7 つのディフューザ翼部 280 が設けられるものとしたが、ディフューザ翼部 280 は、1 つ ~ 6 つ、又は 8 つ以上であってもよい。

[0041] 上記したディフューザ 250 は、羽根車 240 を収容するものとしたが、ディフューザ 250 とは別に羽根車 240 を収容するケースを備えてもよい。

。

[0042] 上記した多段ポンプ装置 10 では、2 段のディフューザ 250 と羽根車 240 とが設けられるものとしたが、ディフューザ 250 と羽根車 240 とは、3 段以上が設けられてもよい。

[0043] 以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明にはその均等物が含まれることはもちろんである。また、上述した課題の少なくとも一部を解決できる範囲、または、効果の少なくとも一部を奏する範囲において、実施形態および変形例の任意の組み合わせが可能であり、特許請求の範囲および明細書に記載された各構成要素の任意の組み合わせ、または、省略が可能である。

[0044] 本願は、2016 年 3 月 29 日出願の日本特許出願番号第 2016-066008 号に基づく優先権を主張する。日本特許出願番号第 2016-066008 号の明細書、特許請求の範囲、図面及び要約書を含む全ての開示内容は、参照により全体として本願に援用される。特開平 6-323291 号公報（特許文献 1）の明細書、特許請求の範囲、図面及び要約書を含む全ての開示は、参照により全体として本願に援用される。

符号の説明

[0045] 10 多段ポンプ装置、100 モータ、102 電気ケーブル、104 駆動軸、106 継手、108 ケース、200 ポンプ部、210 吸込ケース、212 組付部、214 ビス、216 吸込口、218 組付部、220 吐出ケース、222 組付部、224 組付部、226 逆止弁、230 主軸、240 羽根車、250 ディフューザ、252 組付部、253 ビス、254 組付部、255 ビス、258 ライナリング、260 内側ケース部、268 軸受スリーブ、270 外側ケース部、280 ディフューザ翼部、Aw 軸線、 βw ディフューザ翼角度、Rd 周方向の接線、Cd 中心線、Fc 流路、Xc 子午面位置、 ϕDc

最大外径、 ϕD_h 最大内径、 N_s 比速度、 D_h 最大内径 ϕ 。

請求の範囲

[請求項1] 多段ポンプに用いられ、回転軸回りに回転する羽根車と同心上に配置されて前記羽根車の回転に伴って誘引される流体を案内するディフューザであって、

流体の流入側から流出側に向けて径が細くなるように円筒状の流路を画定するケース部と、

前記円筒状の流路に複数配置され、前記円筒状の流路を螺旋状に区画する複数のディフューザ翼部と、

を備え、

前記複数のディフューザ翼部は、前記ケース部の任意の子午面位置において、前記ディフューザ翼部の翼面接線方向と前記回転軸に対する周方向とのなす角度であるディフューザ翼角度 β_w (°) が、前記子午面位置の単位変化量 ΔX_c (mm) に対して、

$$\Delta \beta_w < 2.4 \cdot \Delta X_c$$

の関係を満たす変化量 $\Delta \beta_w$ で変化し、

前記ディフューザ翼角度 β_w は、すべての領域において、90° より小さい、

ディフューザ。

[請求項2] 前記ケース部が画定する流路の最大外径 ϕD_c と、前記ディフューザ翼部の外周側の子午面翼長さ L_c とは、

$$L_c / \phi D_c < 0.64$$

の関係を満たす、

請求項1に記載のディフューザ。

[請求項3] 前記ケース部が画定する流路の最大内径 ϕD_h と、前記ディフューザ翼部の内周側の子午面翼長さ L_h とは、

$$L_h / \phi D_h < 0.63$$

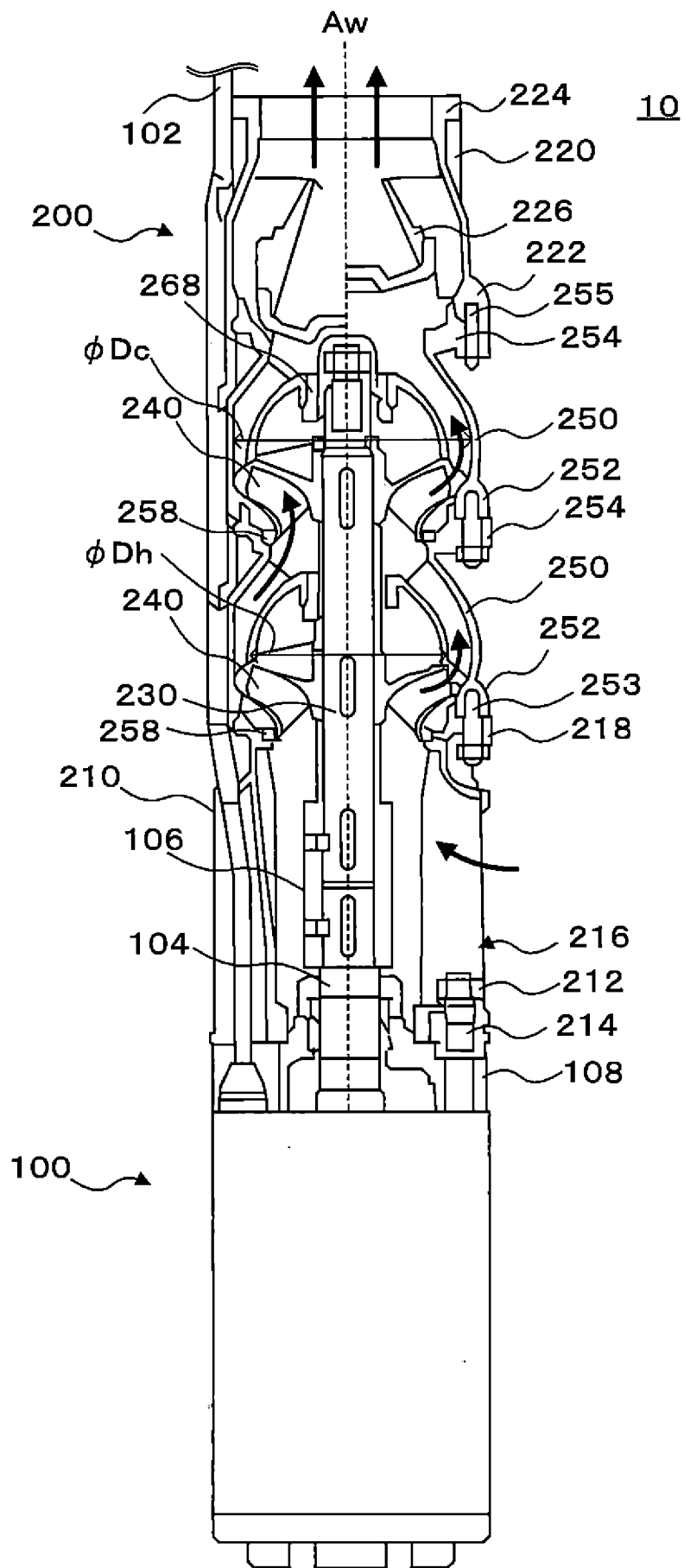
の関係を満たす、

請求項1又は2に記載のディフューザ。

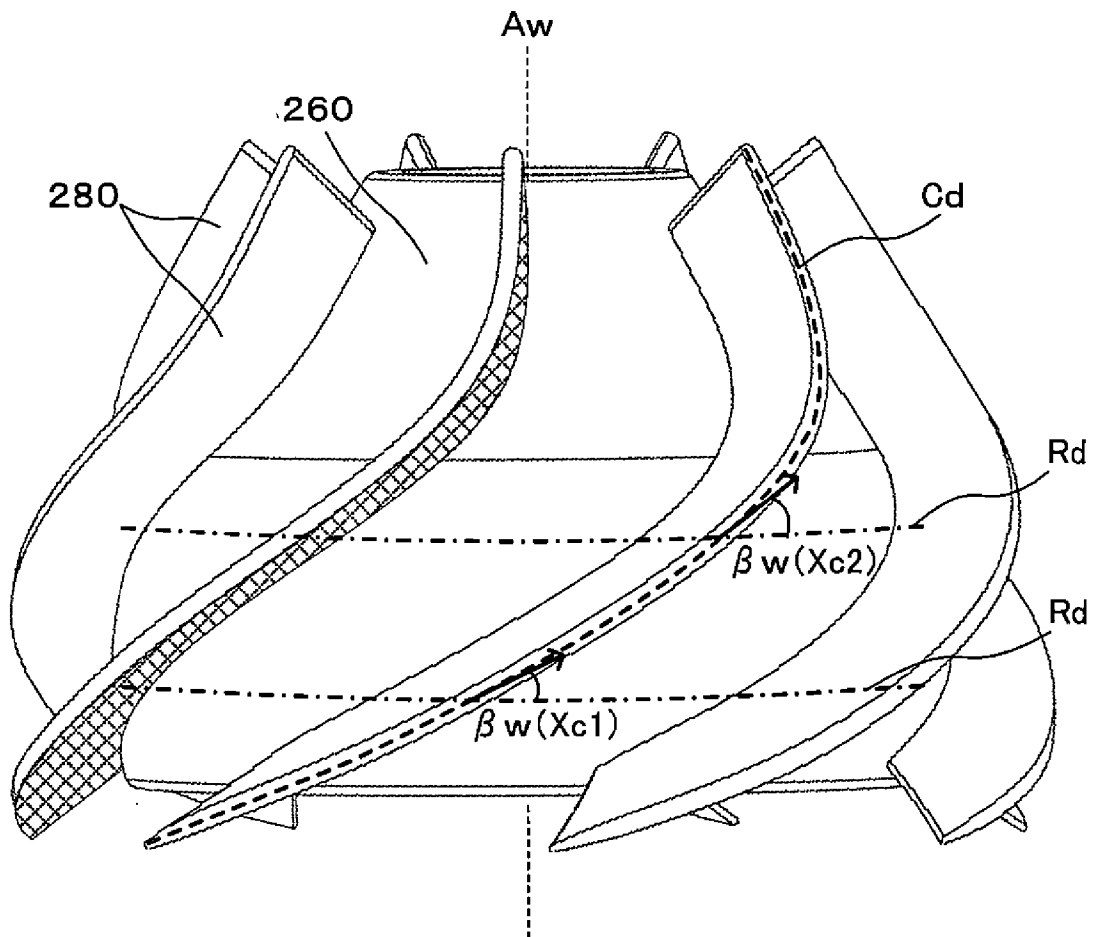
- [請求項4] 前記ディフューザ翼部は、内周側の子午面翼長さ L_h が外周側の子午面翼長さ L_c 以下である、
請求項1から3の何れか1項に記載のディフューザ。
- [請求項5] 前記ケース部の流出側端部における内周側の壁面は、前記流路の内径が最大となる位置よりも下流側において、前記回転軸となす角の最大値 θ_o (°) が、ポンプの回転速度 (min^{-1}) を N_p 、吐出し量 (m^3/min) を Q_p 、全揚程 (m) を H_p として、 $N_s = (N_p \cdot Q_p^{1/2}) / H_p^{3/4}$ で表される比速度 N_s に対して、
$$\theta_o > 1500 \cdot N_s^{-0.6}$$

の関係を満たす、
請求項1から4の何れか1項に記載のディフューザ。
- [請求項6] 請求項1から5の何れか1項に記載のディフューザと、
前記ディフューザと同心円状に配置され、前記ディフューザに流体を誘引する羽根車と、
を複数段備える多段ポンプ装置。
- [請求項7] 前記羽根車を回転させる動力源を更に備える、
請求項6に記載の多段ポンプ装置。

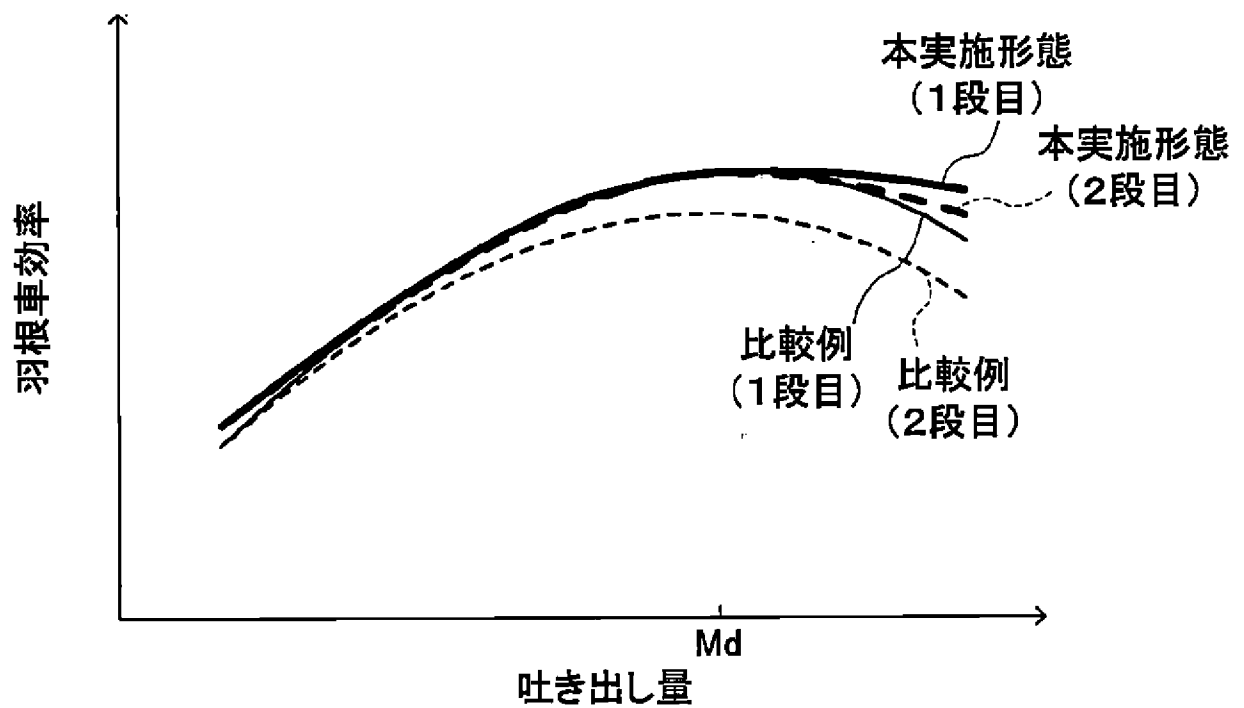
[図1]



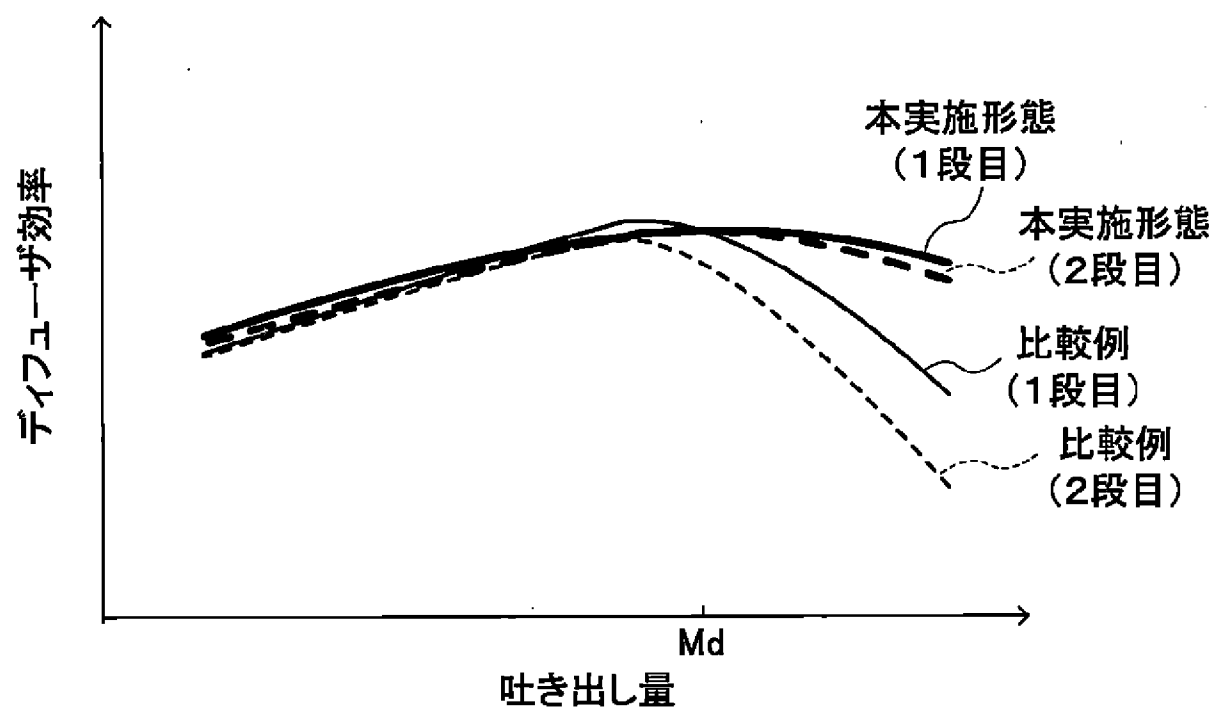
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D11/00(2006.01)i, F04D1/08(2006.01)i, F04D29/44(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D11/00, F04D1/08, F04D29/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-513117 A (Ebara Corp.), 08 May 2002 (08.05.2002), paragraphs [0001] to [0005], [0019]; fig. 1, 12 to 14 & US 6595746 B1 column 1, line 5 to column 2, line 3; column 5, lines 53 to 64; fig. 1, 12 to 14 & CN 1295652 A	1-7
Y	JP 6-323291 A (Ebara Corp.), 22 November 1994 (22.11.1994), paragraphs [0013] to [0021]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 June 2017 (12.06.17)

Date of mailing of the international search report
20 June 2017 (20.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012812

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	CN 103591051 A (Jiangsu University), 19 February 2014 (19.02.2014), fig. 1 (Family: none)	2-3 1, 4-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F04D11/00(2006.01)i, F04D1/08(2006.01)i, F04D29/44(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F04D11/00, F04D1/08, F04D29/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2002-513117 A（株式会社荏原製作所）2002.05.08, 段落 [0001]-[0005], [0019], 図1, 12-14 & US 6595746 B1, 第1欄第5 行-第2欄第3行, 第5欄第53-64行, 図1, 12-14 & CN 1295652 A	1-7
Y	JP 6-323291 A（株式会社荏原製作所）1994.11.22, 段落 [0013]-[0021], 図1-2（ファミリーなし）	1-7
Y A	CN 103591051 A（江蘇大学）2014.02.19, 図1（ファミリーなし）	2-3 1, 4-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

12.06.2017

国際調査報告の発送日

20.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

富永 達朗

30

3866

電話番号 03-3581-1101 内線 3358