

(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  
2015年1月29日(29.01.2015)



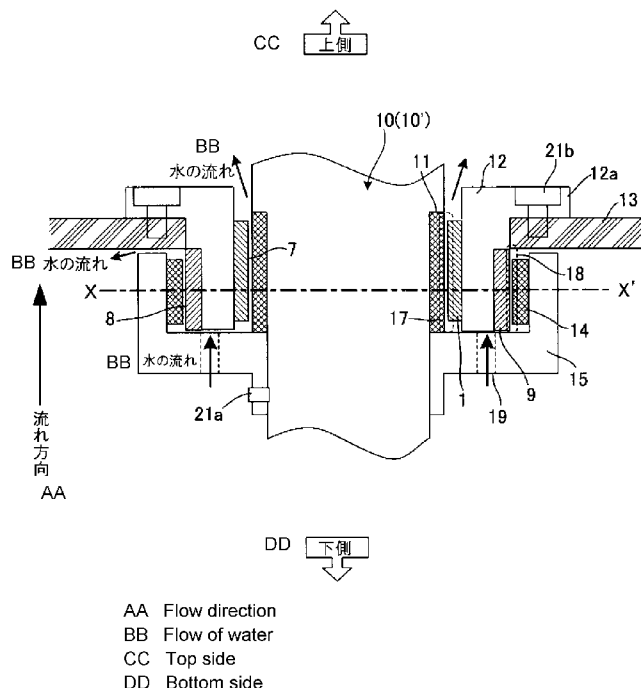
(10) 国際公開番号  
**WO 2015/012350 A1**

- (51) 国際特許分類:  
F04D 29/046 (2006.01) F04D 13/00 (2006.01)  
F04D 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069555
- (22) 国際出願日: 2014年7月24日(24.07.2014)
- (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 2013-154919 2013年7月25日(25.07.2013) JP  
特願 2014-013371 2014年1月28日(28.01.2014) 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: 渡邊 裕輔(WATANABE, Yusuke); 〒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). 石井 正治(ISHII, Masaji); 〒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). 杉山 和彦(SUGIYAMA, Kazuhiko); 〒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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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: VERTICAL SHAFT PUMP

(54) 発明の名称: 立軸ポンプ



周面にはスリーブ 14 が設けられている。

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to prevent vibration caused by the destabilizing force due to a liquid film or the like, or by frictional force during dry operation, during drainage operations involving slurries, or the like, with no sacrifice of wear resistance. This vertical shaft pump has a sleeve (11) made of metal, positioned about the outer circumference of a rotary shaft (10, 10'). A first slide bearing (1) is situated to the outer circumference side of the sleeve (11). A second slide bearing (9) is situated to the outer circumference side of a first bearing case (12). A sleeve case (15) is affixed to the rotary shaft (10, 10'). A sleeve (14) is situated on the inside peripheral surface of the sleeve case (15).

(57) 要約: 耐摩耗性を犠牲にすることなく、ドライ運転時やスラリーを含む排水運転時等においても摩擦力や液膜などによる不安定化力による振動を防止する。本発明に係る立軸ポンプは、回転軸 10 (10') の外周に、金属製のスリーブ 11 を有している。スリーブ 11 の外周側には、第 1 のすべり軸受 1 が設けられている。また、第 1 の軸受ケース 12 の外周面には、第 2 のすべり軸受 9 が設けられている。回転軸 10 (10') には、スリーブケース 15 が固定されている。スリーブケース 15 の内

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：立軸ポンプ

### 技術分野

[0001] 本発明は、すべり軸受を有する立軸ポンプに関し、特に、先行待機運転ポンプやドライ条件で管理運転を行うポンプなどの、大気中運転と排水（通水）運転を行う立軸ポンプに関する。

### 背景技術

[0002] 近年、都市化の進展により、緑地の減少、並びに路面のコンクリート化及びアスファルト化の拡大が進むことでヒートアイランド現象が発生し、いわゆるゲリラ豪雨と呼ばれる局所的な集中豪雨が都市部で頻発している。局所的な大量の降雨は、コンクリート化、アスファルト化した路面では、地中に吸収されることなくそのまま水路に導かれる。その結果、大量の雨水が、短時間のうちに排水機場に流入する。

[0003] 頻発するこのような集中豪雨によってもたらされる大量の雨水の速やかな排水に備えるために、排水機場に設置される排水ポンプでは、始動遅れによる浸水被害が生じないよう、雨水が排水機場に到達する前に予め始動させておく先行待機運転が行われている。

[0004] 図1は、先行待機運転を行う立軸ポンプの部分概略図である。排水機場の水槽100には、縦方向に配置された軸の先端にインペラ22を備え、インペラ22に水と共に空気を吸い込ませることにより、水槽100の水位が最低運転水位LWL以下であっても運転（先行待機運転）を継続することが可能な立軸ポンプ3が配置されている。この立軸ポンプ3には、インペラ22入口側の吸い込みベル27の側面部に貫通孔5が設けられており、この貫通孔5には、外気に接する開口6aを備えた空気管6を取付けられている。これにより、この立軸ポンプ3では貫通孔5を介して立軸ポンプ3内に供給する空気の供給量を水位に応じて変化させ、最低運転水位LWL以下で立軸ポンプ3の排水量がコントロールされる。

[0005] 図2は、先行待機運転の運転状態を説明する図である。例えば大都市の雨水排水用として、吸込水位に関係なく降雨情報等に基づいて予め立軸ポンプを始動しておく（A：気中運転）。低水位の状態から水位が上昇するに従って、インペラの位置まで水位が達し、立軸ポンプは空運転（気中運転）からインペラで水を攪拌する運転（B：気水攪拌運転）、さらに貫通孔から供給される空気を水と共に吸い込ませつつ水量を徐々に増やす運転（C：気水混合運転）を経て100%水の排出を行う全量運転（D：定常運転）へ移行する。また、高水位から水位が低下するときは、全量運転から貫通孔から供給する空気を水と共に吸い込ませつつ水量を徐々に減らす運転（C：気水混合運転）へ移行する。水位がLLWL近くに至ると、水を吸い込まず排水もしない運転（E：エアロック運転）へ移行する。これら5つの特徴ある運転を総称して先行待機運転という。なお、ポンプ始動は、ケーシング下端よりも低い水位LLLWLから開始する。

[0006] 図3は、図1に示した先行待機運転を行う立軸ポンプ3の全体を示す断面図である。なお、図2に示した貫通孔5及び空気管6は図示省略されている。図3に示すように、立軸ポンプ3は、ポンプ設置床に設置固定される吐出エルボ30と、この吐出エルボ30の下端に接続されるケーシング29と、ケーシング29の下端に接続され、インペラ22を内部に格納する吐出ボウル28と、吐出ボウル28の下端に接続され、水を吸い込むための吸い込みベル27と、を備えている。

[0007] 立軸ポンプ3のケーシング29、吐出ボウル28、及び吸い込みベル27の径方向略中心部には、軸継手26によって互いに接続された回転軸10、10'が配置されている。回転軸10、10'は、支持部材を介してケーシング29に固定されている上部軸受32と、支持部材を介して吐出ボウル28に固定されている下部軸受33によって支持されている。回転軸10、10'の一端側（吸い込みベル27側）には、水をポンプ内に吸い込むためのインペラ22が接続されている。回転軸10、10'の他端側は、吐出エルボ30に設けられた孔から立軸ポンプ3の外部へ通じ、インペラ22を回転

させる図示しないエンジンやモータ等の駆動機へ接続される。

[0008] 回転軸 10、10' と吐出エルボ 30 に設けられた孔との間にはフローティングシール、グランドパッキンまたはメカニカルシール等の軸シール 34 が設けられており、これにより立軸ポンプ 3 が扱う水が立軸ポンプ 3 の外部に流出することを防止する。

[0009] 駆動機は、保守点検を容易に行うことができるように陸上に設けられる。駆動機の回転は回転軸 10、10' に伝達され、インペラ 22 を回転させることができる。インペラ 22 の回転によって水は吸込みベル 27 から吸い込まれ、吐出ボウル 28、ケーシング 29 を通過して吐出エルボ 30 から吐出される。

[0010] 図 4 は、図 3 に示した軸受 32、33 に適用される従来の軸受装置の拡大図であり、図 5 はすべり軸受の斜視図である。図 4 に示すように、従来の軸受装置は、回転軸 10 (10') の外周に、ステンレス鋼等からなる金属製のスリーブ 11 を有している。スリーブ 11 の外周側には、図 5 に示す、中空円筒の樹脂材料、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなるすべり軸受 1 が設けられている。スリーブ 11 の外周面は、すべり軸受 1 の内周面 (すべり面) と非常に狭いクリアランスを介して対面し、すべり軸受 1 に対して摺動するように構成されている。すべり軸受 1 は、金属又は樹脂からなる軸受ケース 12 によりつば部 12a を介してポンプのケーシング 29 (図 3 参照) 等へ繋がる支持部材 13 に固定されている。

[0011] 図 3 に示した立軸ポンプ 3 は、ポンプ起動時には大気中で運転される。すなわち、軸受 32、33 は液体による潤滑のないドライ条件で運転される。ここでドライ条件とは、ポンプ運転中の軸受 32、33 の雰囲気は、液体による潤滑がない大気中である条件をいい、ドライ運転とはその条件で運転することをいう。また、図 3 に示した軸受 32、33 は軸受に通水した排水条件でも運転される。ここで、排水条件とは、ポンプ運転中の軸受 32、33 の雰囲気は、土砂等の異物 (スラリー) が混入した水中である条件をいい、排水運転とはその条件で運転すること、例えば気水混合運転、全量運転等、

エアロック運転等をいう。このような条件で軸受 3 2、3 3 が使用されるので、軸受 3 2、3 3 には次のような課題があった。

[0012] すべり軸受 1 には様々な材料が使用されるが、ドライ運転を行う立軸ポンプ 3 の場合には、ドライ摺動性及び排水運転時の信頼性の観点から樹脂又はセラミックス製の軸受が用いられることが多い。この場合、すべり軸受 1 には、ドライ運転時の摩擦発熱に耐えることとともに、排水運転時の水中のスラリーによる摩耗に強いことが要求される。しかしながら、この二つの特性は相反することが多く、一般に耐摩耗性の高い軸受材料は摩擦係数が高い傾向がある。このため排水運転時の耐摩耗性を優先して軸受材料を選定すると、ドライ条件での摩擦発熱が大きくなり、ドライ条件での摩擦発熱を抑えるために摩擦係数の低い軸受材料を選定すると、排水運転時のスラリーによる軸受材料の摩耗量が増加する。

[0013] また、すべり軸受 1 やすべり軸受 1 と軸受ケース 1 2 との間に配置する緩衝材に樹脂やゴム等の高分子材料を用いる場合は、材料ごとに決定される使用可能温度の上限があるので、摩擦による発熱限度は、これらの材料の性質により決定される。

[0014] 以上で説明した特性を有するすべり軸受 1 において、すべり軸受 1 の維持管理性を向上させるためにすべり軸受 1 の耐摩耗性を向上させると、軸受すべり面の摩擦係数が大きくなる。この軸受すべり面の摩擦が原因となって、以下で説明する振動が発生する可能性がある。

[0015] 一般に、立軸ポンプ 3 のような回転機械を運転すると、回転体自体が有する重量の不釣り合いや流体荷重によって回転体に強制的に生じる加振力によって回転機械が振動することがある。しかしながら、この他に回転機械の振動の原因として、回転体の振れ回りによる変位方向（回転体の径方向）と直交する方向（回転体の周方向）に発生する力がある。この力は不安定化力と呼ばれ、回転体の減衰作用を打ち消す働きがある。結果、不安定化力によって回転体全体の減衰作用が負になると、発散的な振動（徐々に振れ回りが大きくなるような振動）を引き起こす場合がある。

[0016] ここで、立軸ポンプ3の起動時などの気中運転では水中運転と比べて軸受部に潤滑流体がないので、軸受すべり面は摩擦係数が大きい。この摩擦力が上記不安定化力となるので、摩擦係数が高い軸受材料を用いた場合には不安定化力が大きくなり、回転軸10、10'に回転方向と逆向きに振れ回る発散的な振動を引き起こすこととなる。また、ドライ運転時にこのような発散的な振動が発生した場合、振動により軸受の面圧が増大し、軸受すべり面で発生する摩擦力が極めて大きくなる。そのため、急激な軸受温度上昇による熱膨張や焼付きによって、軸受が機能不全に陥る可能性がある。

[0017] 一方で立軸ポンプ3の排水運転時には、すべり軸受1のすべり面に液膜が形成される。この液膜によって不安定化力が発生し、これによって大きな振動が発生する場合がある。この現象は、油で潤滑されるすべり軸受においてオイルホイップ又はオイルホワールと呼ばれる現象と同様のメカニズムで発生する。この現象が発生すると、回転軸10、10'は激しく振動し、正常な運転が不可能となる。

[0018] これらの振動を防止するには、不安定化力の低減、又は減衰の付加による回転軸10、10'の安定性向上を図る必要がある。しかしながら、ドライ運転時における不安定化力の原因である摩擦係数を大きく下げることが上述したように困難であり、また立軸ポンプ3の構造上、回転軸10、10'に十分な減衰作用を与えることが難しい。

[0019] このように、先行待機運転を行う立軸ポンプ用のすべり軸受では、耐摩耗性、耐発熱性（低摩擦性）、耐振動性といった性能が要求されるが、これらの要求を高いレベルで同時に満たすことはこれまで困難であった。また、耐摩耗性が高い軸受材料はドライ条件時の摩擦係数が高いため使用できないことが多く、結果として軸受寿命が大きく向上できないという問題点があった。

[0020] また、立軸ポンプ3は、回転軸10、10'の長さに応じてより多くの軸受が必要とされる。この場合、前述の振動の発生で、全ての軸受が影響を受けて摩耗が進行するので、短いメンテナンス・スパンで全ての軸受を交換

しなければならなかった。

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0021] 本発明は上記従来の問題に鑑みてなされたもので、その目的の一つは、耐摩耗性を犠牲にすることなく、ドライ運転時やスラリーを含む排水運転時等においても摩擦力や液膜などによる不安定化力による振動を低減することである。
- [0022] また、他の目的の一つは、軸受すべり面に加わる摩擦力を低減することである。
- [0023] また、さらに他の目的の一つは、立軸ポンプに設けた全てのすべり軸受の摩耗を全体的に少なくし、寿命を全体的に延ばす効果的な手段を提供することである。

### 課題を解決するための手段

- [0024] 上記目的を達成するため、本発明の一形態に係る立軸ポンプは、外周面に第1の摺動部を有し且つ内周面に第2の摺動部を有し、水中及び大気中で回転可能な回転部材と、前記第1の摺動部を内周面で支持する第1のすべり軸受と、前記第2の摺動部を外周面で支持する第2のすべり軸受と、を有する。
- [0025] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、第1のすべり軸受が、ドライ条件及び排水条件において前記第1の摺動部を支持可能に構成され、前記第2のすべり軸受が、ドライ条件及び排水条件において前記第2の摺動部を支持可能に構成される。
- [0026] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との直径隙間の寸法が、前記第1のすべり軸受の内径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下であり、前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との直径隙間の寸法が、前記第2のすべり軸受の外径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下である。
- [0027] なお、前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との直径隙間の寸法とは

、第1のすべり軸受の内径と第1の摺動部の外径との差をいい、前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との直径隙間の寸法とは、第2の摺動部の内径と第2のすべり軸受の外径との差をいう。

[0028] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との直径隙間の寸法に対する前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との直径隙間の寸法の比率が0.5以上2.0以下である。

[0029] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との直径隙間の寸法に対する前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との直径隙間の寸法の比率が0.7以上1.3以下である。

[0030] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記第1のすべり軸受の内径に対する前記第2のすべり軸受の外径の比率が0.2以上2.0以下である。

[0031] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記回転部材の水中に位置する部分の支持が前記すべり軸受のみで行われる。

[0032] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記すべり軸受は、PA、PBI、POM、PBT、PET、PPE、PC、UHMW-PE、PTFE、PPS、PI、PEEK、PAR、PSF、PEI、PAI、PES、及びPFのうち少なくとも1つを含む樹脂材料、セラミックス又は金属を含む。

[0033] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記すべり軸受は、炭素繊維、ガラス繊維、炭素粒子、ガラス粒子、及びグラファイトのうち少なくとも1つが添加された樹脂材料を含む。

[0034] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との隙間、及び前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との隙間へ水を通過させる流路が形成されている。

[0035] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、排水機場に設置可能に構成される。

[0036] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記流路に水を通水する給水口にストレーナを備える。

[0037] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記すべり軸受を保持する軸受ケ

ースを備え、前記軸受ケースはその内周面に前記第 1 のすべり軸受を保持し、その外周面に前記第 2 のすべり軸受を保持する。

[0038] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記回転部材は回転軸であり、前記第 2 の摺動部は前記回転軸の端部に設けられる。

[0039] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、前記第 1 のすべり軸受及び／又は前記第 2 のすべり軸受は、周方向に分割して構成される。

[0040] 本発明の別の形態に係る立軸ポンプは、複数の軸受装置を備える立軸ポンプであって、前記軸受装置の少なくとも一つが、前記第 1 のすべり軸受及び前記第 2 のすべり軸受を有する。

### 発明の効果

[0041] 本発明によれば、耐摩耗性を犠牲にすることなく、ドライ運転時やスラリーを含む排水運転時等においても摩擦力や液膜などによる不安定化力による振動を低減することができる。また、本発明によれば、軸受すべり面に加わる摩擦力を低減することができ、その結果、すべり軸受の発熱量を低減できるので、より摩擦係数の高い軸受材料、即ち耐摩耗性の高い軸受材料を使用することができる。

[0042] さらに、複数のすべり軸受を備えた立軸ポンプに、前記すべり軸受の少なくとも一組が、第 1 のすべり軸受と前記第 2 のすべり軸受の組み合わせとなる構成を備えることにより、立軸ポンプに備えたすべり軸受の摩耗を全体的に少なくし、寿命を全体的に延ばす効果的な手段を提供することができる。

### 図面の簡単な説明

[0043] [図1]先行待機運転行う立軸ポンプの部分概略図である。

[図2]先行待機運転の運転状態を説明する図である。

[図3]先行待機運転を行う立軸ポンプの全体を示す断面図である。

[図4]従来の軸受装置の拡大図である。

[図5]すべり軸受の斜視図である。

[図6]本実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。

[図7]図 6 に示す X X ' 断面における断面図である。

[図8]ドライ運転時における軸受装置の動作を示す図である。

[図9]排水運転時における軸受装置の動作を示す図である。

[図10]本実施形態に係る立軸ポンプがドライ運転したときの振動速度を示す図である。

[図11]本実施形態に係る立軸ポンプがドライ運転したときの軸受温度を示す図である。

[図12]本実施形態に係る立軸ポンプが排水運転したときの振動速度を示す図である。

[図13]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。

[図14]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。

[図15]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。

[図16]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。

[図17]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。

[図18]図17に示すX-X'断面における断面図である。

[図19]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。

[図20]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の横断面図である。

[図21]他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の横断面図である。

[図22]他の実施形態に係る立軸ポンプの概略断面図である。

[図23]ボトム軸受として用いられる軸受装置の横断面図である。

[図24]ボトム軸受として用いられる他の軸受装置の横断面図である。

## 発明を実施するための形態

- [0044] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図6から図24において、同一または相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。
- [0045] 図6は、本実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。なお、本実施形態に係る立軸ポンプは、図3に示した先行待機運転を行う立軸ポンプ3の軸受32、33に代えて、図6に示す軸受装置を適用したものであり、軸受32、33を除いて図3に示した立軸ポンプ3と同一の構成であるので、本実施形態に係る立軸ポンプ3全体の説明は省略する。
- [0046] 本軸受装置は、回転軸10（10'）の外周に、超硬合金やステンレス鋼等からなる金属製のスリーブ11を有している。スリーブ11の外周側には、図5に示した中空円筒の樹脂材料、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなる第1のすべり軸受1が設けられている。スリーブ11の外周面（第1の摺動部17）は、第1のすべり軸受1の内周面（すべり面）と非常に狭い第1のクリアランス7を介して対面し、第1のすべり軸受1のすべり面に対して摺動するように構成されている。第1のすべり軸受1の外周部は、金属又は樹脂からなる軸受ケース12の内周面に固定されており、軸受ケース12は、つば部12aを介して立軸ポンプ3のケーシング29（図3参照）等へ繋がる支持部材13にボルト等の固定手段21bにより固定されている。
- [0047] また、第1の軸受ケース12の外周面には、中空円筒の樹脂材料、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなる第2のすべり軸受9が設けられている。回転軸10（10'）には、固定ピン又はボルト等の固定手段21aによってスリーブケース15が固定されている。スリーブケース15は、回転軸10（10'）が回転することで回転軸10（10'）と同様に回転するように構成されている。スリーブケース15の内周面にはスリーブ14が設けられる。スリーブ14の内周面（第2の摺動部18）は第2のすべり軸受9の外周面（すべり面）と非常に狭い第2のクリアランス8を介

して対面し、第2のすべり軸受9のすべり面に対して摺動するように構成されている。

[0048] スリーブケース15には、スラリー等を含む水を第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8に通水する給水口19が設けられている。給水口19に流入した水は、流路としての第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8を通過する。このように、第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8へ水を通過させる流路が形成され、第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8も流路として機能するので、排水運転時に空気が滞留することなく速やかに第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8に水が流れ、第1のすべり軸受1及び第2のすべり軸受9の機能を速やかに発揮することができる。

[0049] 第1のすべり軸受1及び第2のすべり軸受9は、立軸ポンプ3の始動時はドライ条件下でスリーブ11及びスリーブ14を支持し、排水条件においては極めて薄い液膜を介してスリーブ11及びスリーブ14を支持する。

[0050] 回転軸10（10'）の定常的な振れ回りを抑制し、また振れ回りによって第1のすべり軸受1及び第2のすべり軸受9に加わる荷重を抑制するために、第1のクリアランス7の直径隙間寸法（第1のすべり軸受1の内径－スリーブ11の外径）及び第2のクリアランス8の直径隙間寸法（スリーブ14の内径－第2のすべり軸受9の外径）は、それぞれ第1のすべり軸受1の内径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下、第2のすべり軸受9の外径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下であることが好ましい。第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8の寸法がこれらの範囲より大きい場合は、回転軸10（10'）の定常的な振れ回りが大きくなり、この振れ回りによって第1のすべり軸受1及び第2のすべり軸受9に加わる荷重も大きくなり、安定的な運転が困難になる場合がある。また、第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8の寸法がこれらの範囲より小さい場合は、第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8が異物により閉塞したり、第1のすべり軸受1及び第2のすべり軸受9が異物との摩擦により焼きついたりすることがあ

る。

[0051] 第1のクリアランス7の直径隙間寸法と第2のクリアランス8の直径隙間寸法は同一であることが好ましいが、第1のすべり軸受1、第2のすべり軸受9、スリーブ14、又はスリーブ11が樹脂で形成されている等、これらの部材が弾性を有していれば、その寸法に差があっても本発明の機能を発揮する。この場合は、第1のクリアランス7の直径隙間寸法に対する第2のクリアランス8の直径隙間寸法の比率は、好ましくは0.5以上2.0以下であり、より好ましくは0.7以上1.3以下である。ただし、後述するように、第1のすべり軸受1、第2のすべり軸受9、スリーブ14、又はスリーブ11が、さらにゴムなどの緩衝材を介して固定される場合は（図13参照）、緩衝材の変形によって上記寸法の範囲でなくとも第1のすべり軸受1と第2のすべり軸受9が同時に夫々スリーブ11及びスリーブ14と接触可能であり、本発明の機能を発揮する。

[0052] 図7は、図6に示すX-X'断面における断面図である。図示のように、スリーブ11の外周面、第1のすべり軸受1の内周面、第2のすべり軸受9の外周面、及びスリーブ14の内周面のそれぞれの中心が中心軸Oと略一致するように構成されている。なお、図7においては、第1のクリアランス7及び第2のクリアランス9の寸法は、便宜上拡大されて示されている。

[0053] 図8は、ドライ運転時における軸受装置の動作を示す図である。回転軸10（10'）が回転すると、回転軸10（10'）に固定されたスリーブ11、及びスリーブケース15に固定されたスリーブ14も回転する。ドライ条件においては、スリーブ11の外周面が第1のすべり軸受1に点Aにて接触したときに、回転軸10（10'）には軸受反力 $F_{AN}$ が発生する。この軸受反力 $F_{AN}$ によって、回転軸10（10'）の回転方向とは逆方向に摩擦力 $F_{AF}$ が発生し、この摩擦力 $F_{AF}$ が回転軸10（10'）に回転方向とは逆方向の振れ回り振動を引き起こす不安定化力となる。

[0054] 一方で、スリーブ14が第2のすべり軸受9に点Bにて接触することで、軸受反力 $F_{BN}$ が発生し、この軸受反力 $F_{BN}$ によって、摩擦力 $F_{AF}$ と逆方向の

力である摩擦力 $F_{BF}$ が発生する。回転軸10（10'）の系にとって、摩擦  
力 $F_{AF}$ と摩擦力 $F_{BF}$ は相殺されるので、回転軸10（10'）は安定して回  
転することができる。また、回転軸10（10'）に係る荷重（軸受反力）  
が点Aと点Bに分散されることで、すべり軸受に加わる摩擦力も分散され  
る。その結果摩擦による発熱が低減され、ドライ運転時における軸受の温度上  
昇が抑制される。

[0055] 図9は、排水運転時における軸受装置の動作を示す図である。第1のクリ  
アランス7及び第2のクリアランス8は水で満たされており、この水は夫々  
液膜41、液膜42を構成し、これにより本軸受装置は流体潤滑軸受装置と  
して機能する。このとき液膜41には、回転軸10（10'）の回転による  
周方向の圧力不均一が生じ、その結果回転軸10（10'）に半径方向流体  
力 $F_{AR}$ と周方向流体力 $F_{AT}$ が発生する。この周方向流体力 $F_{AT}$ は排水運転時  
に振動を発生させる不安定化力となる。なお、この周方向流体力 $F_{AT}$ は上記  
ドライ運転で発生する摩擦力 $F_{AF}$ とは逆方向の力である。

[0056] 従来は、立型の回転軸においてこの液膜による不安定振動を防止するた  
めに、軸受の内面形状を真円形状ではなく多円弧形状に形成することが行われ  
ていた。しかしながら、スラリーを多く含有する水中において、樹脂からな  
る軸受を用いた場合、摩耗によって軸受の内面形状が真円形状に近づき、振  
動抑制効果を失うことがあった。

[0057] ここで、本軸受装置によれば、第2のクリアランス8における液膜42に  
おいて、スリーブ14の回転による周方向の圧力不均一が生じ、その結果回  
転軸10（10'）に半径方向流体力 $F_{BR}$ と周方向流体力 $F_{BT}$ が発生する。  
このとき、周方向流体力 $F_{AT}$ と周方向流体力 $F_{BT}$ とは互いに逆方向であるの  
で、液膜41、液膜42による不安定化力は相殺され、回転軸10（10'）  
は不安定化力による振動を発生することなく安定して回転することができ  
る。

[0058] 図10は、図6に示した軸受装置を備えた本実施形態に係る立軸ポンプ3  
がドライ運転したときの振動速度を示す図である。立軸ポンプ3との比較の

ため、図4に示した従来構造の軸受装置を備えた立軸ポンプ（従来構造）がドライ運転したときの振動速度が示されている。なお、従来構造の軸受装置及び図6に示した軸受装置は、共にすべり軸受として耐摩耗性が高く摩擦係数が大きい同一の材料を使用している。図示のように、本軸受装置を備えた立軸ポンプ3（本実施形態）では、始動開始から停止まで一定して従来構造と比較して低い振動速度で運転されていることがわかる。

[0059] 図11は、図6に示した軸受装置を備えた本実施形態に係る立軸ポンプ3がドライ運転したときの軸受温度を示す図である。立軸ポンプ3との比較のため、図4に示した従来構造の軸受装置を備えた立軸ポンプ（従来構造）がドライ運転したときの軸受温度が示されている。なお、従来構造の軸受装置及び図6に示した軸受装置は、共にすべり軸受として耐摩耗性が高く摩擦係数が大きい同一の材料を使用している。図示のように、本軸受装置を備えた立軸ポンプ3（本実施形態）では、始動開始から停止まで一定して従来構造と比較して低い軸受温度が保たれていることがわかる。

[0060] 図10及び図11に示したように、従来構造の軸受装置を備えた立軸ポンプでは、回転軸に加わる摩擦力が大きいため、大きな振動が発生し、その結果軸受の温度上昇が大きくなっている。一方、本軸受装置を備えた立軸ポンプ3では、図8において説明したように、振動を低減すると共に摩擦力を低減することができ、軸受温度の上昇を抑制することができる。

[0061] 図12は、図6に示した軸受装置を備えた本実施形態に係る立軸ポンプ3が排水運転したときの振動速度を示す図である。立軸ポンプ3との比較のため、図4に示した従来構造の軸受装置を備えた立軸ポンプ（従来構造）が排水運転したときの振動速度が示されている。なお、図12に示す結果は、立軸ポンプの運転条件として振動が発生しやすい条件で運転して、そのときの振動を計測したものである。図示のように、本軸受装置を備えた立軸ポンプ3（本実施形態）では、始動開始から停止まで一定して従来構造と比較して低い振動速度で運転されていることがわかる。

[0062] 以上で説明したように、本実施形態に係る立軸ポンプ3によれば、ドライ

運転時において回転軸 10 (10') の軸の振れ回りにより、第 1 のすべり軸受 1 及び第 2 のすべり軸受 9 に回転体 (スリーブ 11 及びスリーブ 14) が衝突しても、その衝突時に摩擦力の向きが互いに逆向きに作用して相殺するので、回転軸 10 (10') の振れ回りの発散を抑制し、不安定化による振動を防止することができる。加えて、この振動に起因する摩擦を低減して、軸受温度の上昇を抑制することができる。

[0063] 本実施形態に係る立軸ポンプ 3 は第 1 のすべり軸受 1 と第 2 のすべり軸受 9 を有するので、ドライ運転時における軸受すべり面の摩擦力を分散して、軸受すべり面の摩擦による発熱を抑制することができる。これにより、従来構造よりも摩擦係数の高い軸受材料、即ち耐摩耗性の高い軸受材料を使用することができ、長期間にわたって安定した運転をすることができる。

[0064] また、本実施形態に係る立軸ポンプ 3 では、軸受ケース 12 の内周面に第 1 のすべり軸受 1 を保持し、その外周面に第 2 のすべり軸受 9 を保持するので、立軸ポンプ 3 の軸方向にコンパクトな構造とすることができる。

[0065] なお、立軸ポンプ 3 では、回転軸 10 (10') の水中に位置する部分 (スリーブ 11 及びスリーブ 14) の支持は第 1 のすべり軸受 1 及び第 2 のすべり軸受 9 等のすべり軸受のみで行われる。即ち、立軸ポンプ 3 のような排水運転を行う回転機械には、玉軸受やコロ軸受のような転がり軸受は適しておらず、すべり軸受によって本実施形態の効果を奏することができる。

[0066] 次に、他の実施形態に係る立軸ポンプを説明する。図 13 は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。図示のように、この軸受装置では、第 1 のすべり軸受 1 の背面側 (外周側) 及びスリーブ 14 の背面側 (外周側) にゴムなどの緩衝材 20a 及び緩衝材 20b が配置されている。

[0067] これら緩衝材 20a 及び緩衝材 20b を設けることで、第 1 のすべり軸受 1 及びスリーブ 14 に窒化珪素や炭化珪素等の衝撃に弱い材料を用いても、運転時の衝撃による破損を防止することができる。また、上述したように、第 1 のクリアランス 7 と第 2 のクリアランス 8 の寸法が上述の範囲でなくと

も、緩衝材 20a 及び／又は緩衝材 20b が変形することで、第 1 のすべり軸受 1 と第 2 のすべり軸受 9 が同時に夫々スリーブ 11 及びスリーブ 14 と接触でき、上述した不安定化力の相殺効果を十分に得ることができる。

[0068] なお、緩衝材 20a 及び緩衝材 20b は第 1 のすべり軸受 1 の背面側及びスリーブ 14 の背面側に配置されているが、配置場所はこれに限られない。例えば、スリーブ 11 の背面側（内周側）及び第 2 のすべり軸受 9 の背面側（内周側）、スリーブ 11 の背面側及びスリーブ 14 の背面側、又は第 1 のすべり軸受 1 の背面側及び第 2 のすべり軸受 9 の背面側に、緩衝材 20a 及び緩衝材 20b を設けることができる。

[0069] 図 14 は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。図示のように、この軸受装置では、樹脂材料からなる第 1 のすべり軸受 1 の背面側（外周側）に金属製のバックメタル 31a が配置され、このバックメタル 31a の背面側（外周側）に緩衝材 20a が配置されている。同様に、スリーブ 14 の背面側（外周側）に金属製のバックメタル 31b が配置され、このバックメタル 31b の背面側（外周側）に緩衝材 20b が配置されている。このような複雑な構造であっても、図 6 に示した軸受装置と同様の効果を奏することができる。

[0070] なお、バックメタル 31a 及びバックメタル 31b は第 1 のすべり軸受 1 の背面側及びスリーブ 14 の背面側に配置されているが、配置場所はこれに限られない。例えば、スリーブ 11 の背面側及び第 2 のすべり軸受 9 の背面側、スリーブ 11 の背面側及びスリーブ 14 の背面側、又は第 1 のすべり軸受 1 の背面側及び第 2 のすべり軸受 9 の背面側に、バックメタル 31a 及びバックメタル 31b を緩衝材 20a 及び緩衝材 20b とともに設けることができる。

[0071] 図 15 は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。本軸受装置では、第 2 のすべり軸受 9 の材料として超合金やステンレス等の金属材料が使用され、スリーブ 14 の材料として樹脂材料が使用されている。このように、すべり軸受とスリーブの材料が逆であっても、

図6に示した軸受装置と同様の効果を奏することができる。

[0072] 図16は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。本軸受装置では、構成部品が回転軸10(10')の軸方向で逆向きになるように配置されている。このような構造でも、図6に示した軸受装置と同様の効果を奏することができる。

[0073] 図17は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図であり、図18は、図17に示すX-X'断面における断面図である。立軸ポンプ3は、排水機場に設置された状態で、点検や消耗部品の交換等、メンテナンスを容易に行うことが要求される。また、組み立てのとき、立軸ポンプ3の形状によっては回転軸10(10')を第1のすべり軸受1の内側を通過させてからスリーブケース15及びスリーブ14を回転軸10(10')に固定する必要がある。

[0074] そこで、本軸受装置では、図18に示すようにスリーブケース15及びスリーブ14が2つに分割されて形成されており、分割されたスリーブケース15を固定ボルト24で互いに結合することで、回転軸10(10')に固定可能に構成されている。このようにスリーブケース15及びスリーブ14を構成することで、立軸ポンプ3の設置場所においても容易に組み立て・分解を行うことができる。

[0075] 図19は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の縦断面図である。本軸受装置は、第1のクリアランス7の寸法及び第2のクリアランス8の寸法より小さい開口(メッシュ幅)を有するストレーナ23が給水口19に設けられている。これにより、排水中に土砂等のスラリーが混入していても、第1のクリアランス7の寸法及び第2のクリアランス8の寸法より大きいスラリーが第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8に侵入することを防止することができる。その結果、第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8を通過する水に含まれるスラリーの径が十分小さくなり、第1のすべり軸受1のすべり面及び第2のすべり軸受9のすべり面の摩耗を低減することができる。即ち、第1のクリアランス7の寸法及び第2のク

リアランス 8 の寸法を維持することができ、図 8 及び図 9 において説明した不安定化力の相殺を継続的に行うことができる。

[0076] なお、ストレナ 23 の開口径は、第 1 のクリアランス 7 及び第 2 のクリアランス 8 の寸法の半分以上であることが好ましい。また、給水口 19 は、回転軸 10 (10') の中心軸を中心とした円周に沿って等間隔でスリーブケース 15 に設けられることが好ましい。

[0077] 図 20 は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の横断面図である。この軸受装置では、第 1 のすべり軸受 1 の内周面 (すべり面) 及び第 2 のすべり軸受 9 の外周面 (すべり面) に、溝 35 a が軸方向に沿って複数形成されている。スリーブ 11 と第 1 のすべり軸受 1 の内周面 (すべり面) との曲率の差、及びスリーブ 14 の摺動面と第 2 のすべり軸受 9 の外周面 (すべり面) との曲率の差が極めて小さいので、このように溝 35 a が形成されていても、第 1 のすべり軸受 1 とスリーブ 11 との接触状態及び第 2 のすべり軸受 9 とスリーブ 14 との接触状態に生じる影響は小さく、図 6 に示した軸受装置と同様の効果を奏することができる。また、このように溝 35 a を形成することで、第 1 のクリアランス 7 及び第 2 のクリアランス 8 を通過する水の流量を増加させることができる。

[0078] なお、溝 35 a は、第 1 のすべり軸受 1 及び第 2 のすべり軸受 9 のいずれか一方のみに形成されていてもよい。また、溝 35 a はスリーブ側に設けられていてもよい。溝 35 a は、回転軸 10 (10') の軸方向だけでなく、周方向、軸方向に対して斜め方向、或いは 1 条又は複数条のネジ状に形成されてもよい。

[0079] 図 21 は、他の実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置の横断面図である。この軸受装置では、第 1 のすべり軸受 1 及び第 2 のすべり軸受 9 が周方向に複数に分割され、スリーブケース 15 の内周面に隙間 35 b を介して配置されている。このような軸受装置であっても、図 6 に示した軸受装置と同様の効果を奏することができる。

[0080] なお、第 1 のすべり軸受 1 及び第 2 のすべり軸受 9 のいずれか一方のみが

分割されて形成されてもよい。また、隙間 35 b はスリーブ側に設けられていてもよい、即ち、スリーブ 11 及び／又はスリーブ 14 が分割されてもよい。

[0081] 以上で説明した各実施形態に係る立軸ポンプの軸受装置では、第 2 のすべり軸受 9 の回転軸 10 (10') 上の配置は限定されず、回転軸 10 (10') 上の接液部、即ち立軸ポンプ内であればどこに設けても本発明の効果を奏する。また、立軸ポンプ内でなくとも揚水時に接液する構造、例えば立軸ポンプ外部（駆動機側）に第 2 のすべり軸受 9 を配置し、立軸ポンプ内と配管を連結して、排水運転時に立軸ポンプが排出する水により潤滑される構造であれば、同様に本発明の効果を奏する。

[0082] なお、以上で説明した各実施形態に係る立軸ポンプにおいては、図 3 に示した先行待機運転を行う立軸ポンプ 3 の軸受 32 及び軸受 33 に代えて、図 6、13、14、15、16、17、19 に示した軸受装置を夫々適用するものとして説明したが、これに限らず軸受 32 及び軸受 33 のいずれか一つに代えて、これらの軸受装置を適用してもよい。この場合、立軸ポンプ 3 がこれらの軸受装置を少なくとも一つ備えることにより、回転軸 10 (10') の振れ回りを著しく低減することができる。その結果、全ての軸受に加わる振動が低減して軸受の摩耗が少なくなり、全ての軸受の寿命を全体的に延ばすことができ、メンテナンス・スパンを長くとることができる。

[0083] また、立軸ポンプは回転軸 10 (10') の長さに応じて軸受装置の配備数が増し、軸受装置が 3 つ以上となる場合がある。このような場合でも、この軸受装置として、図 6、13、14、15、16、17、19 に示した軸受装置を少なくとも一つ、すなわち、回転軸 10 (10') とともに回転可能な部材の内周面と摺接可能な第 1 のすべり軸受 1、及び回転軸 10 (10') とともに回転可能な部材の外周面と摺接可能な第 2 のすべり軸受 9 を少なくとも一組備えることにより、回転軸 10 (10') の振れ回りを著しく低減することができる。その結果、全ての軸受に加わる振動が低減して軸受の摩耗が少なくなり、全ての軸受の寿命を全体的に延ばすことができ、メイ

メンテナンス・スパンを長くとることができる。

[0084] 図22は、他の実施形態に係る立軸ポンプの概略断面図である。図示のように立軸ポンプ3では、回転軸10'がインペラ22を貫通し、その先端部に支持部材13に支持されたボトム軸受37が設けられている。ボトム軸受37の回転軸10'とは反対側には水流を調整するための軸受カバー38が設けられている。

[0085] 図23は、図22に示した立軸ポンプ3のボトム軸受37として用いられる軸受装置の横断面図である。図示のように、本軸受装置は、回転軸10'の外周にスリーブ11が設けられ、回転軸10'の端部が凹状に形成されている。この凹状の端部の内周には、緩衝材20bを介してスリーブ14が設けられている。スリーブ11と第1のクリアランス7を介して相対する第1のすべり軸受1は、その背面側（外周側）に緩衝材20aが配置され、軸受ケース12に固定されている。スリーブ14の内周側には、第2のクリアランス8を介して相対する第2のすべり軸受9が配置されており、スリーブ14の内周面と第2のすべり軸受9の外周面とが摺接するように構成されている。第2のすべり軸受9は、軸受ケース16によって固定されており、軸受ケース16は、ボルト21cによって支持部材13に固定されている。軸受ケース16には給水口19が設けられており、給水口19から通水された水が第1のクリアランス7及び第2のクリアランス8を通過することで、本軸受装置は流体潤滑軸受装置として機能する。

[0086] 本軸受装置によれば、図6に示した軸受装置と同様の効果を奏することができる。これに加えて、回転軸10'の端部にスリーブ14を設けることで、スリーブ14の内周面（第2の摺動面）の直径を小さくすることができる。これにより、スリーブ14の内周面の周速度を低減させることができ、第2のすべり軸受9の摩擦による発熱を抑制することができる。また、第2のすべり軸受9が回転軸10'の端部付近に配置されているので、第2のすべり軸受9の取り付け・交換を容易に行うことができ、既存の立軸ポンプに本軸受装置を容易に適用することができる。なお、図示していないが、軸受ケ

ース 16 の下側（水の流入側）には、水流を阻害しないように略半球状の軸受カバー 38（図 22 参照）を設けることが好ましい。この場合、水に混入しているスラリーの第 1 のクリアランス 7 及び第 2 のクリアランス 8 への混入を低減するために、軸受カバー 38 には水流方向と直角方向に給水口を設け、この給水口を軸受ケース 16 の給水口 19 と接続するように構成することがより好ましい。

[0087] 図 24 は、図 22 に示した立軸ポンプ 3 のボトム軸受 37 として用いられる他の軸受装置の横断面図である。本軸受装置では、回転軸 10' の端部が凹状に形成されており、この凹状の端部の内周に緩衝材 20b を介してスリーブ 14 が設けられている。スリーブ 14 は、押さえ板 36 により下方向から押さえられ、回転軸 10' に固定されている。また、このスリーブ 14 は、スリーブ 11 に対して軸方向略同一位置に配置されている。これにより、本軸受装置の設置体積を小さくすることができる。

[0088] 以上で説明した各実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置においては、第 1 のすべり軸受 1 の内径に対する第 2 のすべり軸受 9 の外径の比率が 0.2 以上 2.0 以下であることが好ましい。第 2 のすべり軸受 9 の外周面（すべり面）の径の比率がこの範囲を上回ると、スリーブ 14 の周速度が大きくなり、ドライ運転時の摩擦による発熱が大きくなるので好ましくない。なお、内径の異なる複数の第 1 のすべり軸受 1 が用いられる場合は、その最小径の 0.2 倍以上であって最大径の 2.0 倍以下となる外径を有する第 2 のすべり軸受 9 を用いることが好ましい。

[0089] また、以上で説明した各実施形態に係る立軸ポンプに適用される軸受装置においては、第 1 のすべり軸受 1 及び第 2 のすべり軸受 9 に用いる材料は、ドライ運転及び排水運転において長期間軸受として機能するために、ドライ運転時の低い摩擦係数、及びスラリーを含んだ水中での高い耐摩耗性が要求される。このため、第 1 のすべり軸受 1 及び第 2 のすべり軸受 9 は、PA（ポリアミド）、PBI（ポリベンゾイミダゾール）、POM（ポリアセタール）、PBT（ポリブチレンテレフタレート）、PET（ポリエチレンテレ

フタラート)、PPE (ポリフェニレンエーテル)、PC (ポリカーボネート)、UHMW-PE (超高分子ポリエチレン)、PTFE (ポリ四フッ化エチレン)、PPS (ポリフェニレンサルファイド)、PI (ポリイミド)、PEEK (ポリエーテルエーテルケトン)、PAR (ポリアリレート)、PSF (ポリサルフォン)、PEI (ポリエーテルイミド)、PAI (ポリアミドイミド)、PES (ポリエーテルスルホン)、及びPF (フェノール樹脂)のうち少なくとも1つを含む樹脂材料を含む、耐摩耗性の高い材料で形成されることが好ましい。

[0090] さらに、第1のすべり軸受1及び第2のすべり軸受9は、上記樹脂材料に炭素繊維、ガラス繊維、炭素粒子、ガラス粒子、又はグラファイト等を添加した材料を含む、強化・改質された材料で形成されることがより好ましい。また、第1のすべり軸受1及び第2のすべり軸受9は、高い耐摩耗性を備える必要がある観点から、窒化珪素や炭化珪素等のセラミックス又は金属を含む材料で形成されてもよい。

[0091] これらの材料の比摩耗量 (摩擦体積/軸受荷重/走行距離で定義される耐摩耗性の指標) は少なくとも  $1 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$  以下であり、材料によっては  $1 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{N}$  以下である。このため、従来構造では低摩擦性と耐摩耗性を両立する材料を選択する必要があったが、上記の材料では低摩擦性有るので耐摩耗性のみを考慮すればよい。

[0092] スリーブ11及びスリーブ14は、超硬合金及びステンレス等の金属材料、セラミックス、又は上記の樹脂材料を含む材料で形成することができ、耐摩耗性が高い材料が好ましい。第1のすべり軸受1と第2のすべり軸受9の材料は互いに異なる材料であってもよい。スリーブ11とスリーブ14の材料は互いに異なる材料であってもよい。本発明は、どのような摩擦係数を有する材料を第1のすべり軸受1、第2のすべり軸受9、スリーブ11及びスリーブ14に用いたとしても、不安定化力を低減することができる。

[0093] 本発明は、上述した実施形態に係る立軸ポンプに限らず、すべり軸受を有する立軸ポンプ、特に先行待機運転における気中運転、気水攪拌運転、気水

混合運転、定常運転、エアロック運転のような、運転状態毎に軸受に加わる負荷が変化し、不安定化力が変化する立軸ポンプに好適に使用することができる。

[0094] また、上記各実施形態に係る立軸ポンプは、排水機場に設置可能に構成されている。合流式等の下水道用雨水を排水する排水機場はスラリーを含む水を排出するので、上記各実施形態に係る立軸ポンプは排水機場に好適である。特に、大深度型雨水排水設備であって、沈砂池をポンプの吐出側に設ける後沈砂方式を採用している排水機場においては、ポンプの流入前に沈砂池を設ける前沈砂方式の排水機場に比べてスラリー量が多いため、上記各実施形態に係る立軸ポンプはより好適に使用することができる。

[0095] 上述した実施形態は、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が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用し得る。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

## 符号の説明

[0096] 1 第1のすべり軸受、3 立軸ポンプ、5 貫通孔、6 空気管、6 a 開口、7 第1のクリアランス、8 第2のクリアランス、9 第2のすべり軸受、10 回転軸、10' 回転軸、11 スリーブ、12 軸受ケース、12 a つば部、13 支持部材、14 スリーブ、15 スリーブケース、16 軸受ケース、17 第1の摺動部、18 第2の摺動部、19 給水口、20 a 緩衝材、20 b 緩衝材、21 a 固定手段、21 b 固定手段、22 インペラ、23 ストレーナ、24 固定ボルト、27 吸い込みベル、28 吐出ボウル、29 ケーシング、30 吐出エルボ、31 a バックメタル、31 b バックメタル、32 上部軸受、33 下部軸受、34 軸シール、35 a 溝、35 b 隙間、36 押さえ板、37 ボトム軸受、38 軸受カバー、100 水槽。

## 請求の範囲

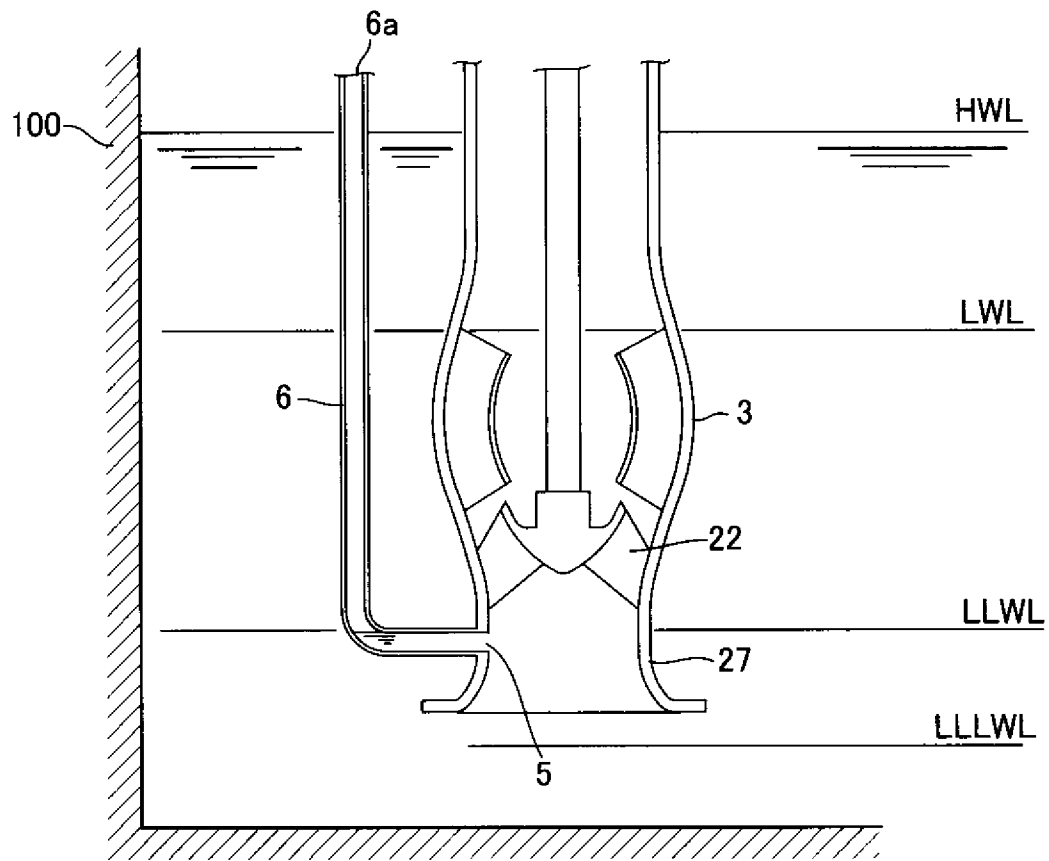
- [請求項1] 外周面に第1の摺動部を有し且つ内周面に第2の摺動部を有し、水中及び大気中で回転可能な回転部材と、  
前記第1の摺動部を内周面で支持する第1のすべり軸受と、  
前記第2の摺動部を外周面で支持する第2のすべり軸受と、を有する、立軸ポンプ。
- [請求項2] 前記第1のすべり軸受は、ドライ条件及び排水条件において前記第1の摺動部を支持可能に構成され、  
前記第2のすべり軸受は、ドライ条件及び排水条件において前記第2の摺動部を支持可能に構成される、請求項1に記載された立軸ポンプ。
- [請求項3] 前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との直径隙間の寸法は、前記第1のすべり軸受の内径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下であり、  
前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との直径隙間の寸法は、前記第2のすべり軸受の外径の $1/1000$ 以上 $1/100$ 以下である、請求項1又は2に記載された立軸ポンプ。
- [請求項4] 前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との直径隙間の寸法に対する前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との直径隙間の寸法の比率が $0.5$ 以上 $2.0$ 以下である、請求項1ないし3のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。
- [請求項5] 前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との直径隙間の寸法に対する前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との直径隙間の寸法の比率が $0.7$ 以上 $1.3$ 以下である、請求項4に記載された立軸ポンプ。
- [請求項6] 前記第1のすべり軸受の内径に対する前記第2のすべり軸受の外径の比率が $0.2$ 以上 $2.0$ 以下である、請求項1ないし5のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。

- [請求項7] 前記回転部材の水中に位置する部分の支持は前記すべり軸受のみで行われる、請求項1ないし6のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。
- [請求項8] 前記すべり軸受は、PA、PBI、POM、PBT、PET、PPE、PC、UHMW-PE、PTFE、PPS、PI、PEEK、PAR、PSF、PEI、PAI、PES、及びPFのうち少なくとも1つを含む樹脂材料、セラミックス又は金属を含む、請求項1ないし7のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。
- [請求項9] 前記すべり軸受は、炭素繊維、ガラス繊維、炭素粒子、ガラス粒子、及びグラファイトのうち少なくとも1つが添加された樹脂材料を含む、請求項8に記載された立軸ポンプ。
- [請求項10] 前記第1の摺動部と前記第1のすべり軸受との隙間、及び前記第2の摺動部と前記第2のすべり軸受との隙間へ水を通過させる流路が形成されている、請求項1ないし9のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。
- [請求項11] 排水機場に設置可能に構成される、請求項1ないし10のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。
- [請求項12] 前記流路に水を通水する給水口にストレーナを備える、請求項10に記載された立軸ポンプ。
- [請求項13] 前記すべり軸受を保持する軸受ケースを備え、  
前記軸受ケースはその内周面に前記第1のすべり軸受を保持し、その外周面に前記第2のすべり軸受を保持する、請求項1ないし12のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。
- [請求項14] 前記回転部材は回転軸であり、  
前記第2の摺動部は前記回転軸の端部に設けられる、請求項1ないし13のいずれか一項に記載された立軸ポンプ。
- [請求項15] 前記第1のすべり軸受及び／又は前記第2のすべり軸受は、周方向に分割して構成される、請求項1ないし14のいずれか一項に記載さ

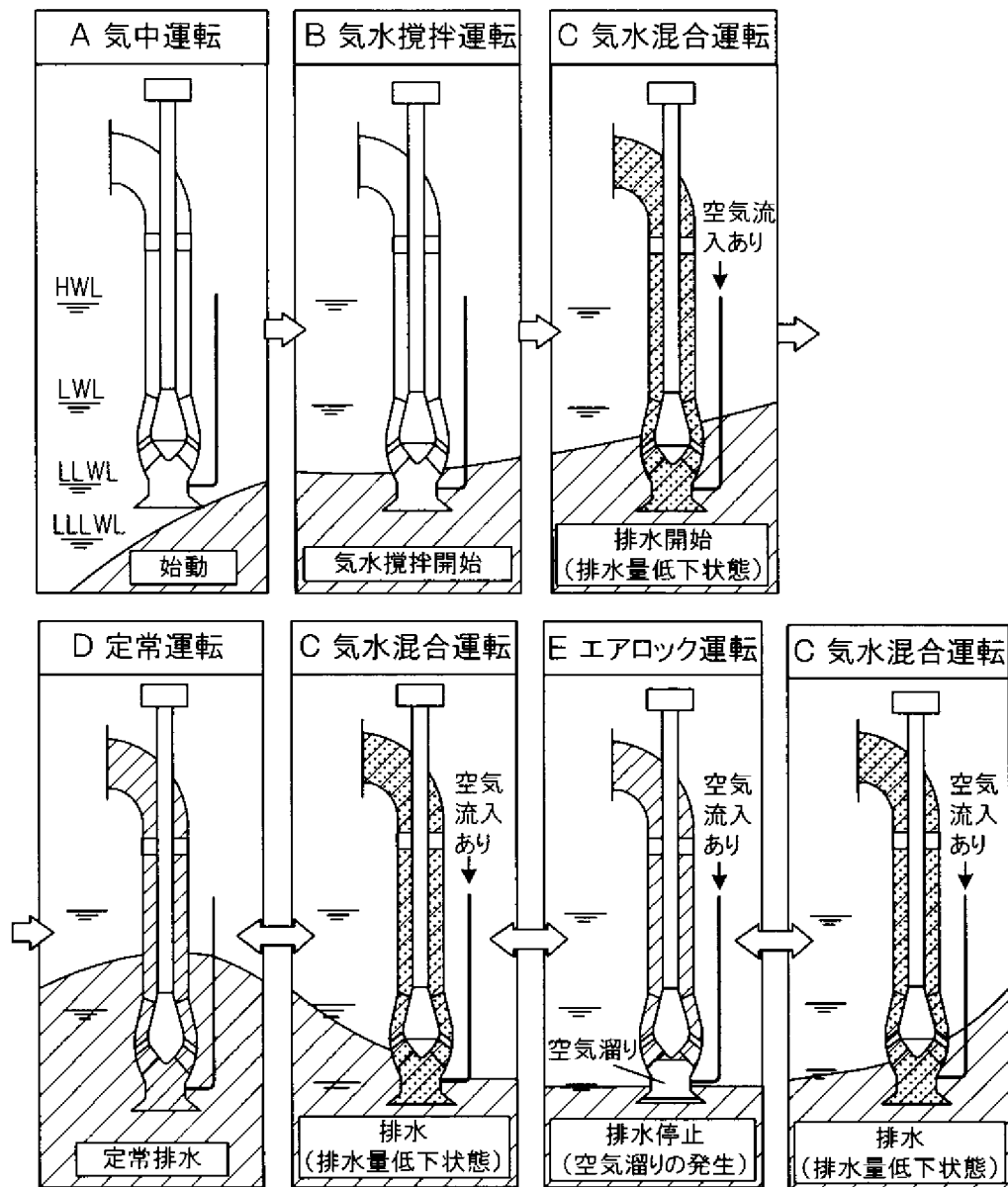
れた立軸ポンプ。

- [請求項16]      複数の軸受装置を備える立軸ポンプであって、前記軸受装置の少なくとも一つが、請求項1ないし15のいずれか一項に記載された前記第1のすべり軸受及び前記第2のすべり軸受を有する、立軸ポンプ。

[図1]

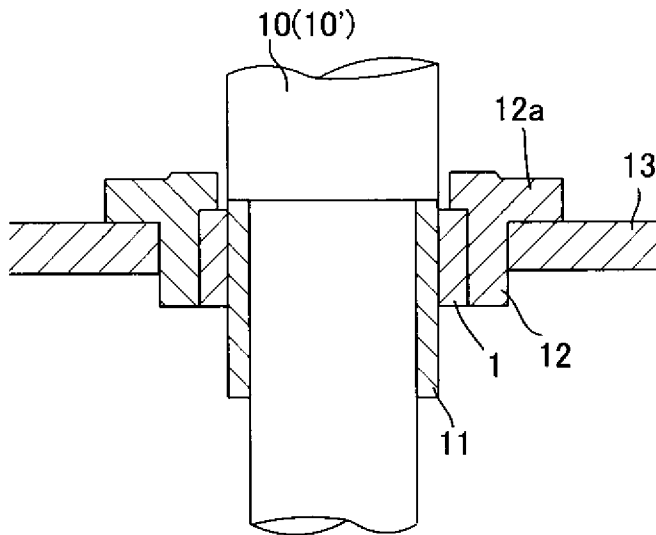


[図2]

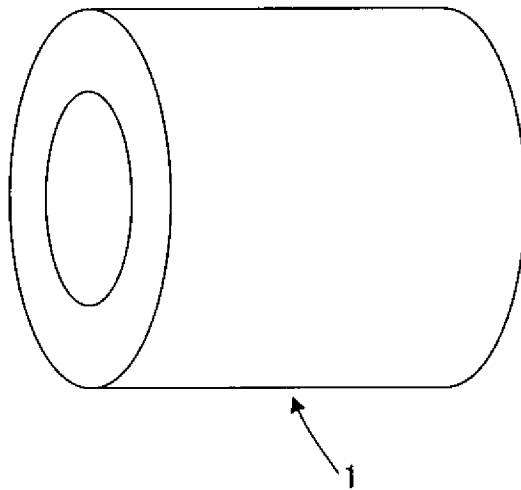




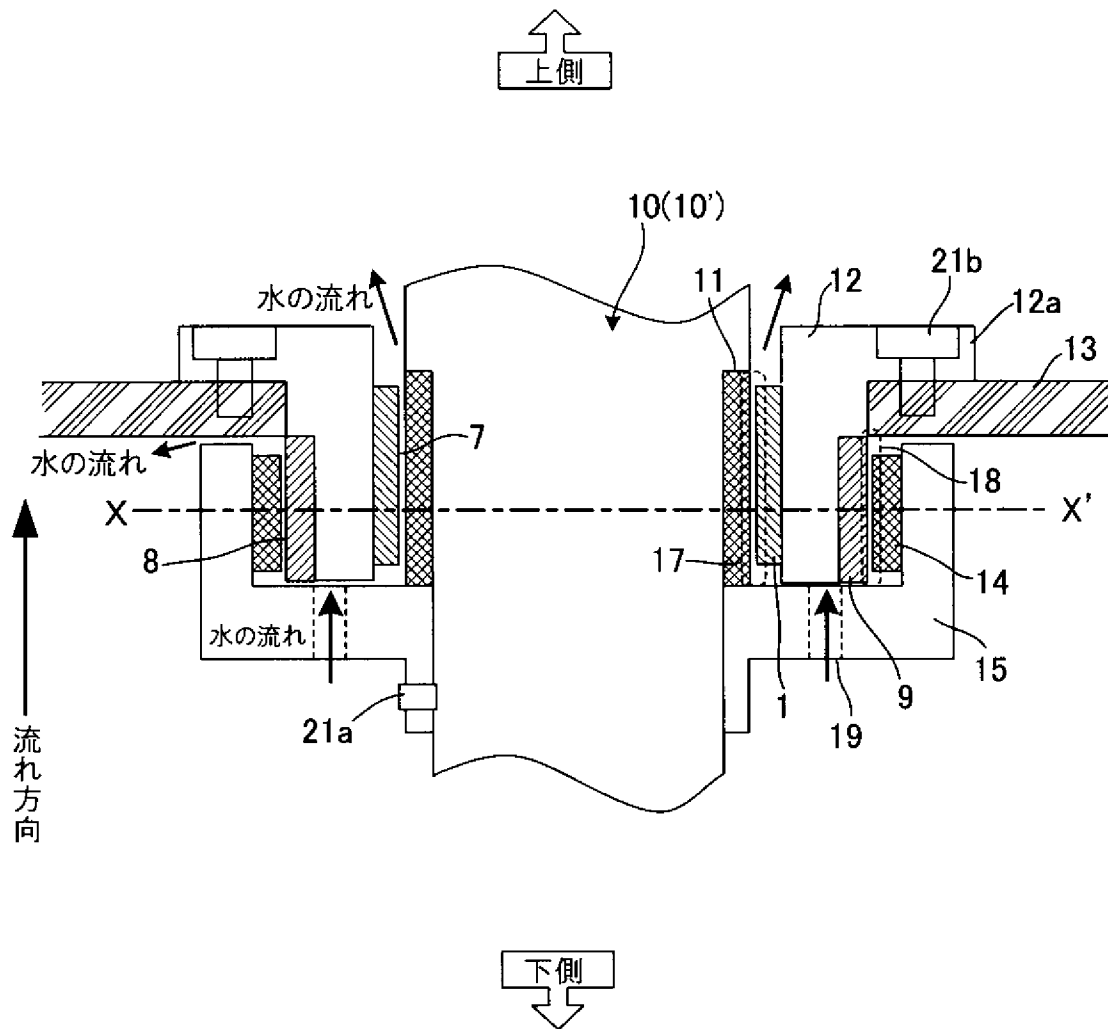
[図4]



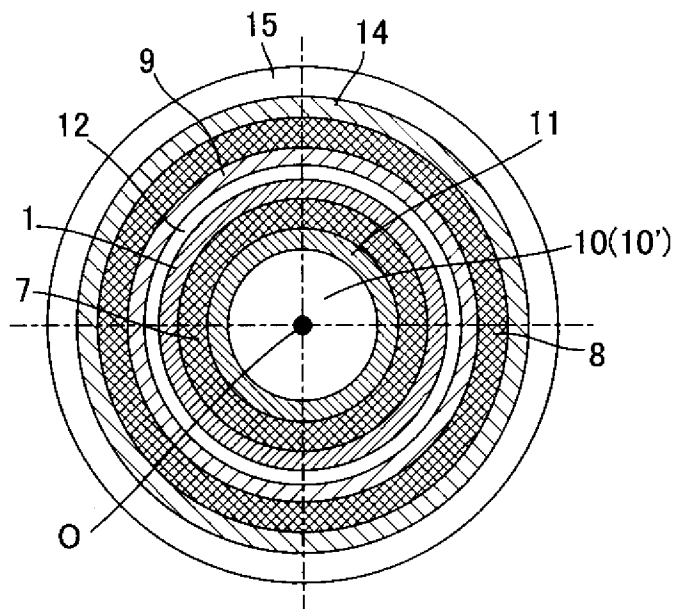
[図5]



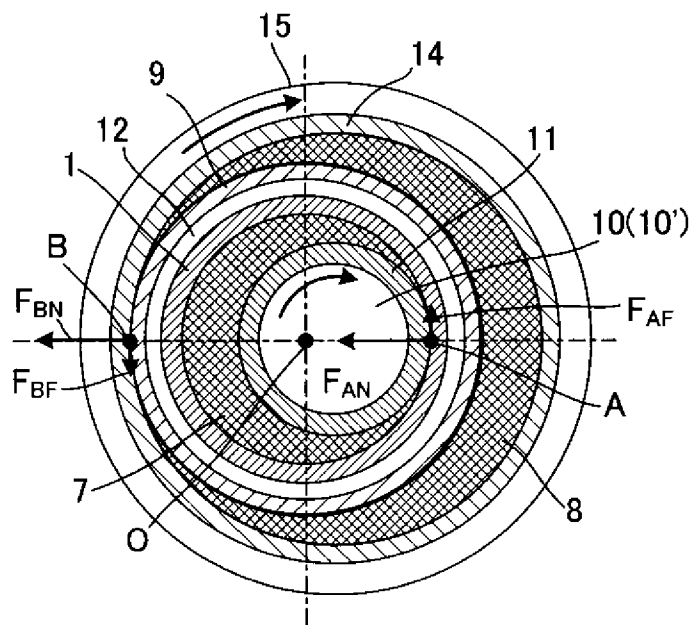
[図6]



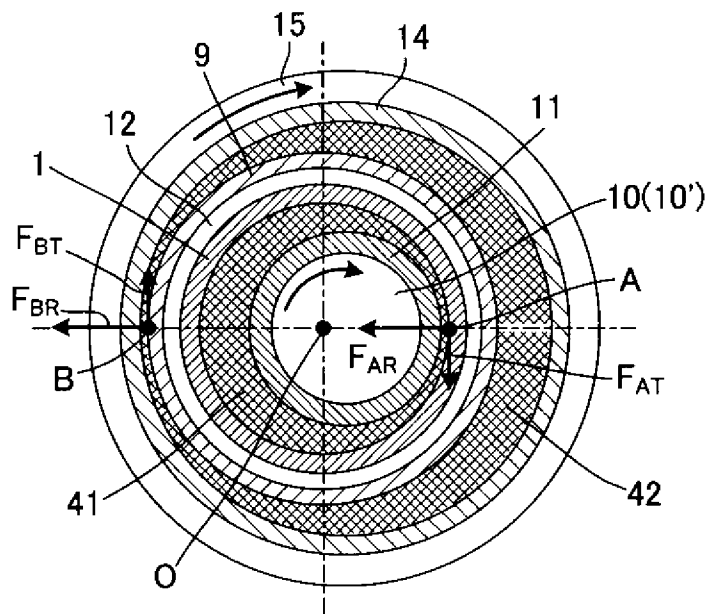
[図7]



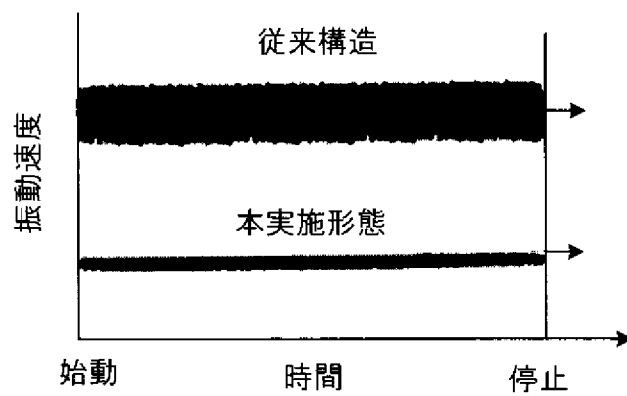
[図8]



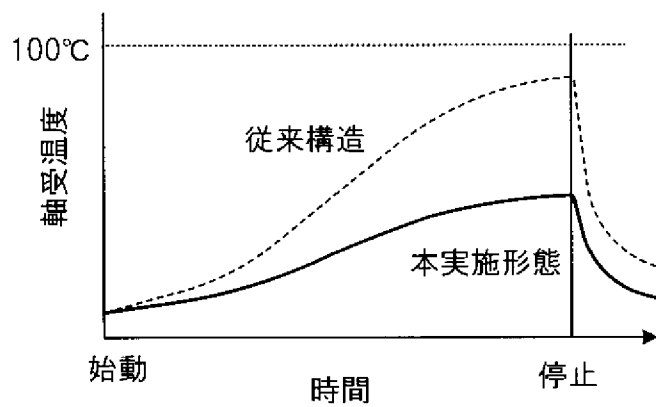
[図9]



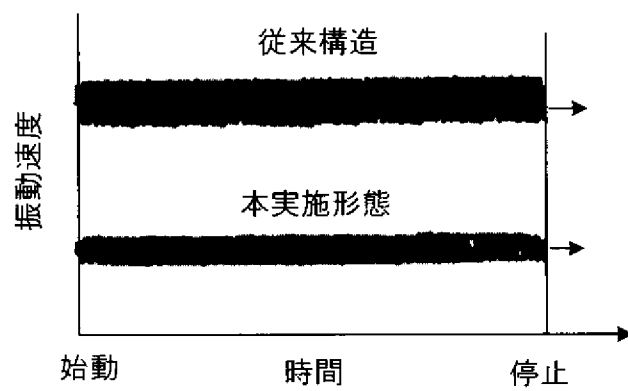
[図10]



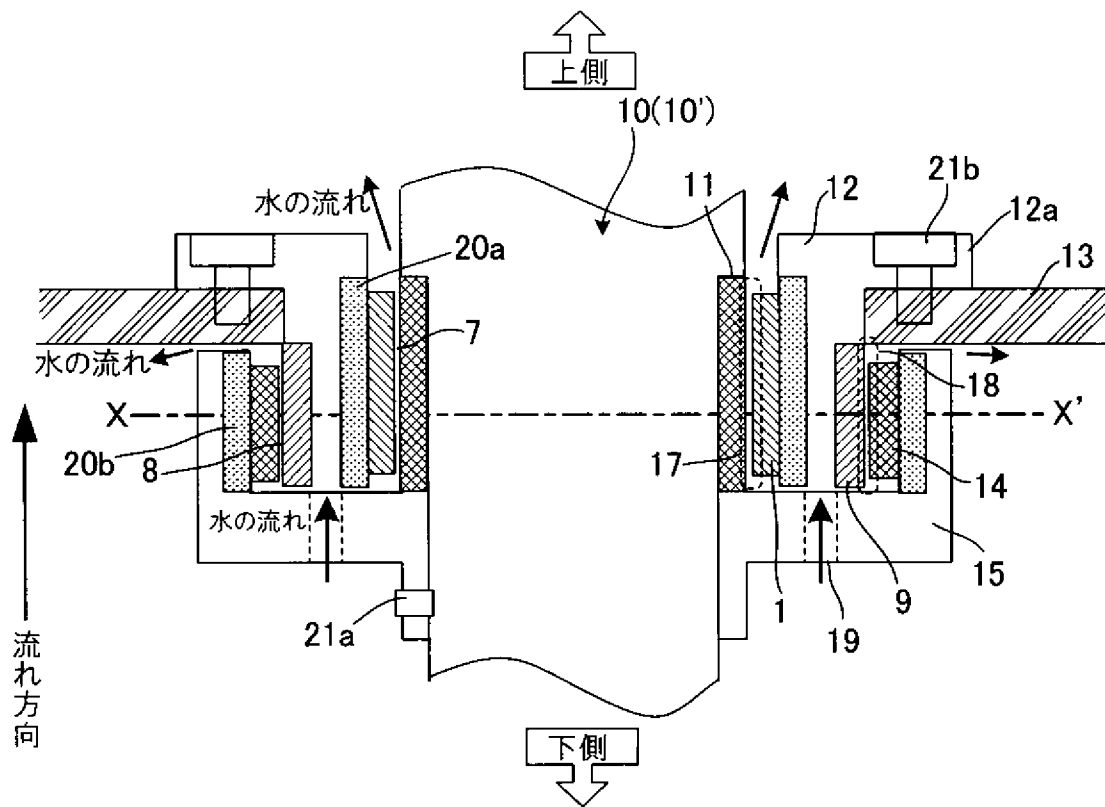
[図11]



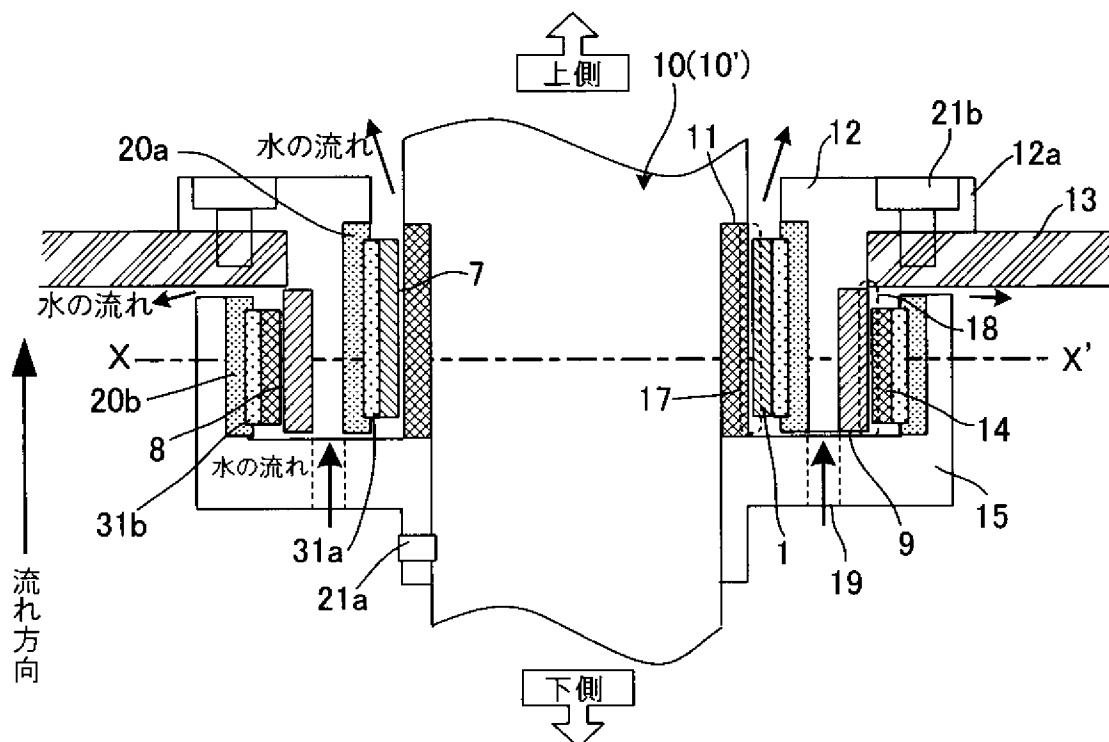
[図12]



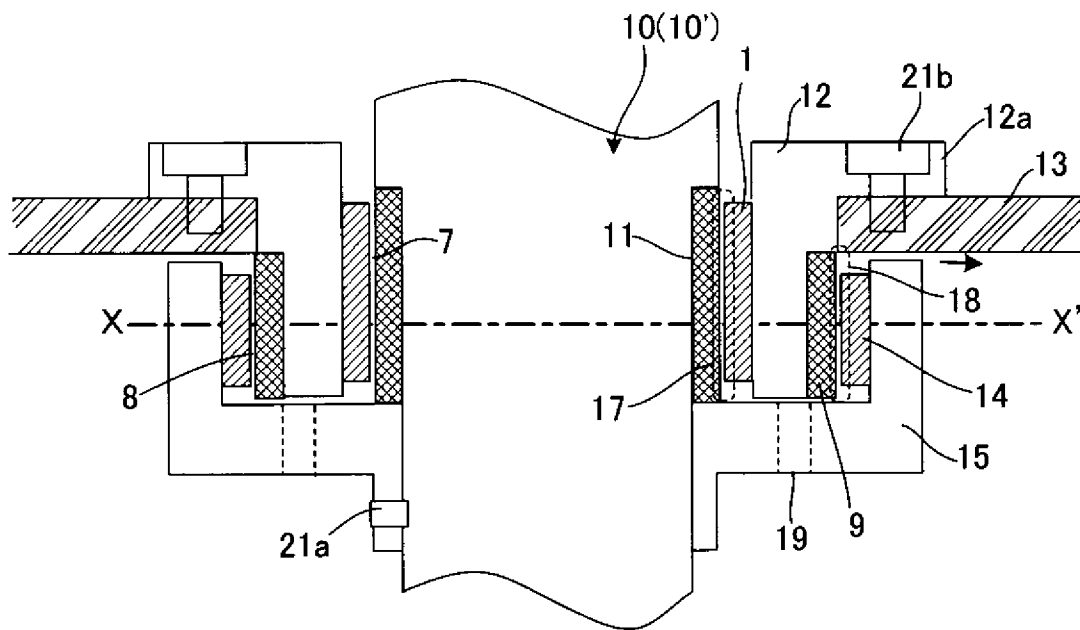
[図13]



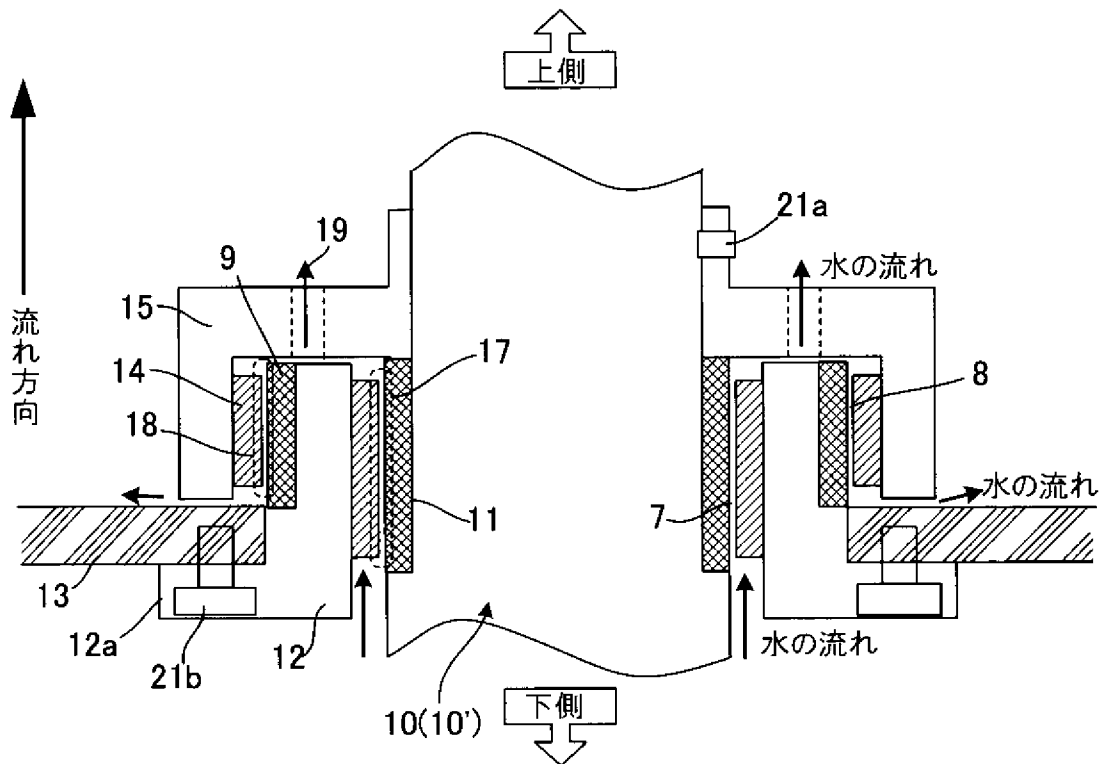
[図14]



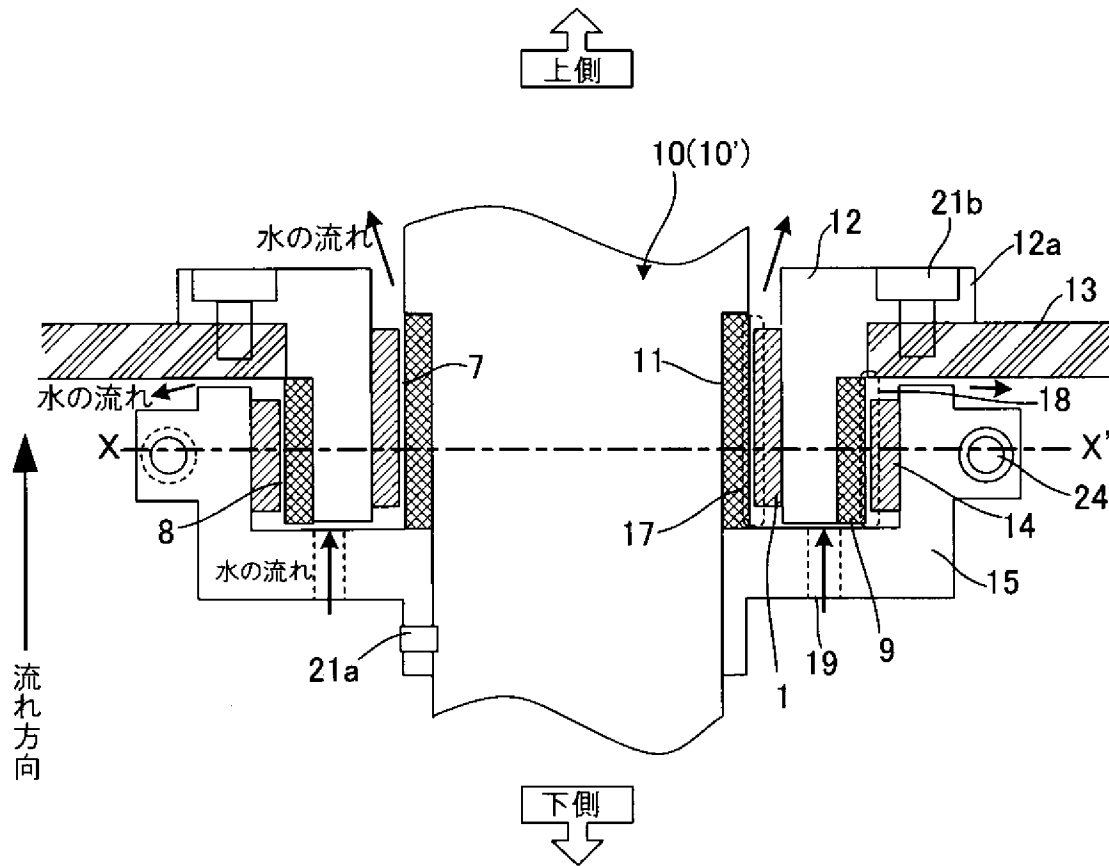
[図15]



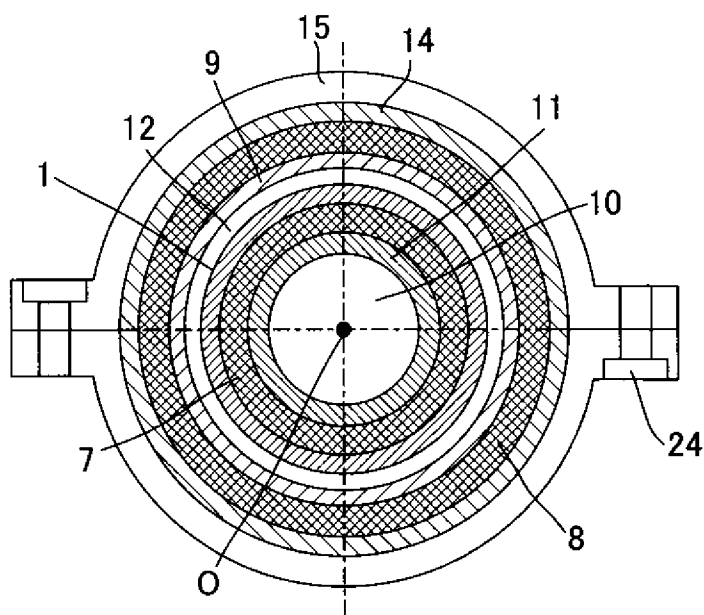
[図16]



[図17]

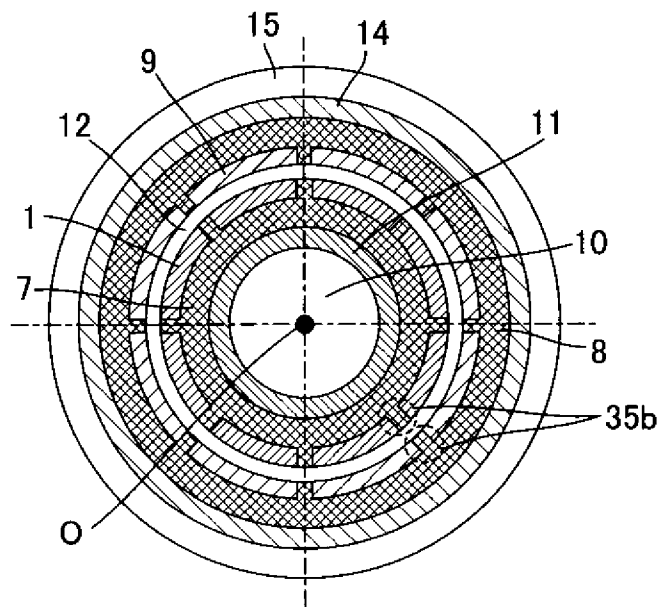


[図18]

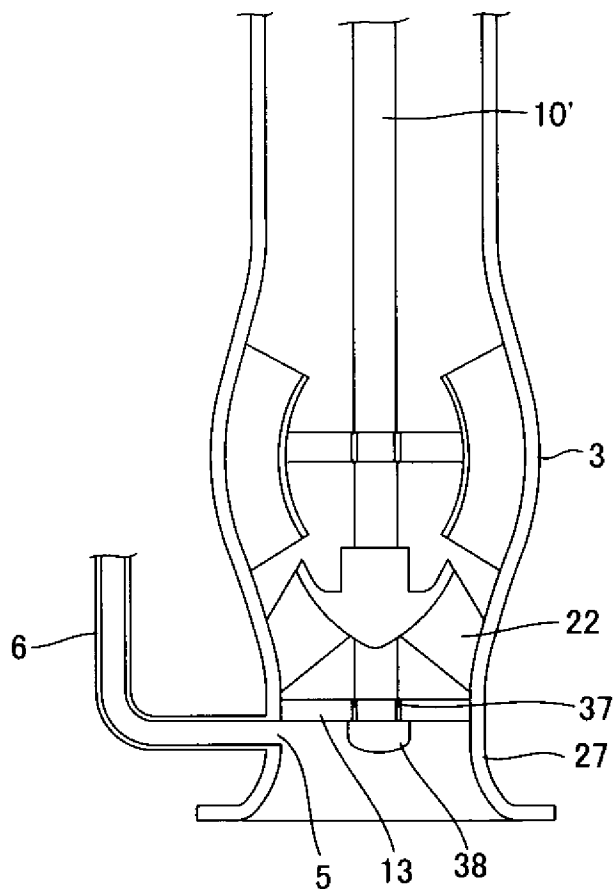




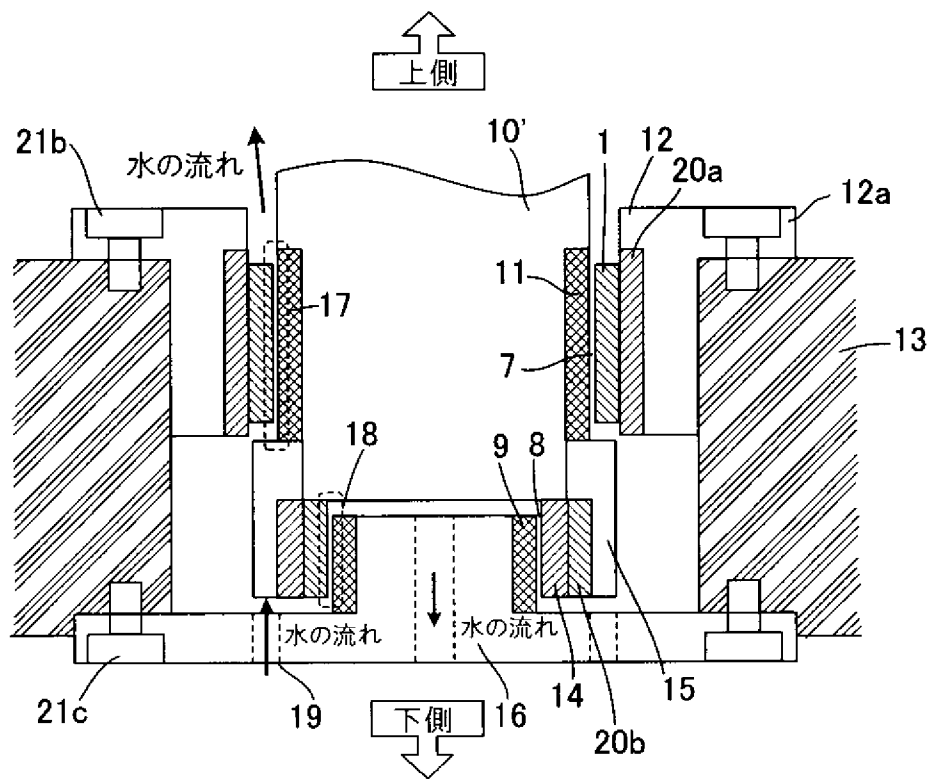
[図21]



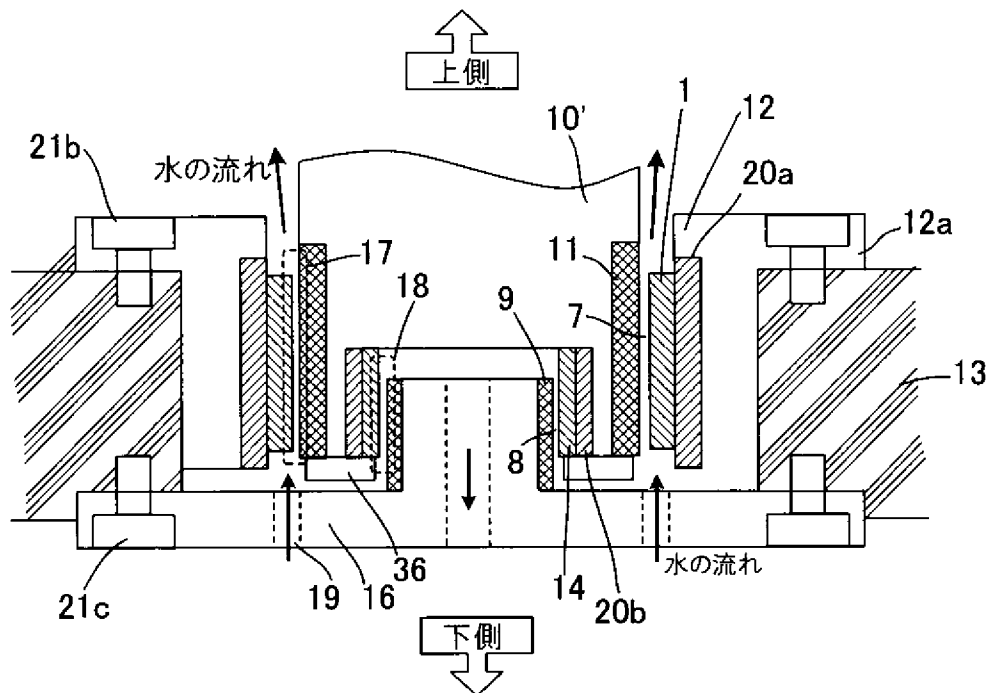
[図22]



[図23]



[図24]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069555

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D29/046(2006.01)i, F04D11/00(2006.01)i, F04D13/00(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)

F04D29/046, F04D11/00, F04D13/00, F16C17/14

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 | 1996-2014 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2014 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2014 |

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. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 6-94035 A (Hitachi, Ltd.),<br>05 April 1994 (05.04.1994),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)              | 1-16                  |
| A         | JP 2000-2190 A (Kubota Corp.),<br>07 January 2000 (07.01.2000),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)           | 1-16                  |
| A         | JP 2009-204034 A (Ishigaki Co., Ltd.),<br>10 September 2009 (10.09.2009),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none) | 1-16                  |

☒ 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  
09 October, 2014 (09.10.14)

Date of mailing of the international search report  
21 October, 2014 (21.10.14)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/069555

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2003-194046 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.),<br>09 July 2003 (09.07.2003),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                               | 1-16                  |
| A         | JP 2007-16884 A (GE Medical Systems Global Technology Co., L.L.C.),<br>25 January 2007 (25.01.2007),<br>entire text; all drawings<br>& US 2007/0009095 A1 & DE 102006031156 A | 1-16                  |
| A         | JP 60-23676 A (Fujitsu Ltd.),<br>06 February 1985 (06.02.1985),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                | 1-16                  |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F04D29/046(2006.01)i, F04D11/00(2006.01)i, F04D13/00(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（I P C））

Int.Cl. F04D29/046, F04D11/00, F04D13/00, F16C17/14

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   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 4 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 4 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 4 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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|-----------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 6-94035 A（株式会社日立製作所）1994.04.05, 全文, 全図（ファミリーなし）  | 1-16           |
| A               | JP 2000-2190 A（株式会社クボタ）2000.01.07, 全文, 全図（ファミリーなし）  | 1-16           |
| A               | JP 2009-204034 A（株式会社石垣）2009.09.10, 全文, 全図（ファミリーなし） | 1-16           |

☒ 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

「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

「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）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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

「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

「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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 9 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 1 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

松浦 久夫

3 0

9 6 1 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                            |                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2003-194046 A (石川島播磨重工業株式会社) 2003. 07. 09, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                                             | 1-16           |
| A                     | JP 2007-16884 A (ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー) 2007. 01. 25, 全文, 全図 & US 2007/0009095 A1 & DE 102006031156 A | 1-16           |
| A                     | JP 60-23676 A (富士通株式会社) 1985. 02. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                                                     | 1-16           |