

(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
2024年9月19日(19.09.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/190810 A1

(51) 国際特許分類:

F01D 25/30 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2024/009696

(22) 国際出願日:

2024年3月13日(13.03.2024)

(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 2023-040201 2023年3月15日(15.03.2023) JP

(71) 出願人 (KR を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

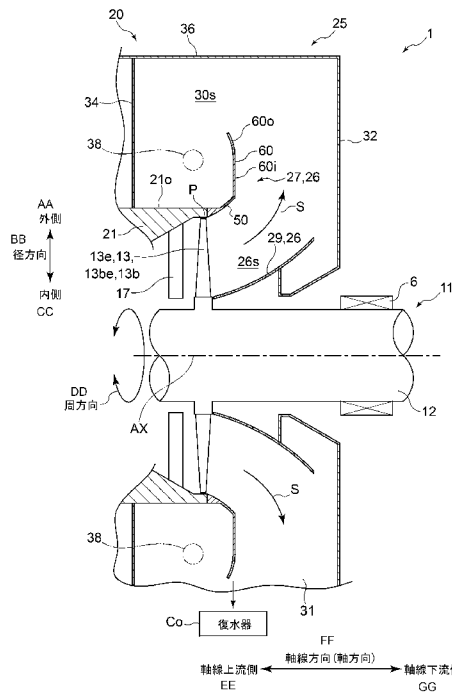
(71) 出願人 (KR についてのみ): 三菱パワー株式会社 (MITSUBISHI POWER, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 田畑 創一朗 (TABATA, Soichiro); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
瀬川 清 (SEGAWA, Kiyoshi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: S S I P 弁理士法人 (SSIP PATENT ATTORNEY CORPORATION); 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 三田43MTビル13階 Tokyo (JP).

(54) Title: STEAM TURBINE EXHAUST CHAMBER, AND STEAM TURBINE

(54) 発明の名称: 蒸気タービンの排気室及び蒸気タービン



Co Condenser
AA Outside
BB Radial direction
CC Inside
DD Circumferential direction
EE Axis upstream side
FF Axis direction (axial direction)
GG Axis downstream side

(57) Abstract: A steam turbine exhaust chamber according to one embodiment comprises a diffuser that forms a diffuser space, and an exhaust casing that forms an exhaust space. The diffuser has an outer diffuser defining a radially outer edge of the diffuser space, and an inner diffuser defining a radially inner edge of the diffuser space. Regarding a first flow guide, the distance in an axial direction from an axis downstream-side end second of a blade end of a final stage moving blade to an axis downstream-side end section of the first flow guide is 20% to 45% of the blade height of the final stage



(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, 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, ME, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

moving blade, for example.

(57) 要約: 一実施形態に係る蒸気タービンの排気室は、ディフューザ空間を形成するディフューザと、排気空間を形成する排気ケーシングとを備える。ディフューザは、ディフューザ空間の径方向外側の縁を画定する外側ディフューザと、ディフューザ空間の径方向内側の縁を画定する内側ディフューザとを有する。第1フローガイドは、例えば、最終段動翼の翼端の軸線下流側の端部から第1フローガイドの軸線下流側の端部までの軸方向の距離が、最終段動翼の翼高さの20%以上45%以下である。

明 細 書

発明の名称： 蒸気タービンの排気室及び蒸気タービン

技術分野

[0001] 本開示は、蒸気タービンの排気室及び蒸気タービンに関する。

本願は、2023年3月15日に日本国特許庁に出願された特願2023-040201号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 蒸気タービンのタービン車室からの蒸気は、通常、排気室を介して蒸気タービンから排出される。排気室内では、蒸気流れの性状や内部構造物の形状等によって流体損失が生じる。そのため、排気室のディフューザ流路を形成するディフューザの形状は重要である。

例えば特許文献1に記載の蒸気タービンでは、チップフローガイド上半部の端部を下流側に向かって延設することで、ディフューザ長さを従来に比べて長くして、タービン排気損失を低減するようにしている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-353629号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 排気室内では、最終動翼列から流出した蒸気の圧力回復が図られる。この圧力回復量が大きいほど、最終動翼列から流出した直後の蒸気の圧力が低くなり、タービン効率が向上する。このため、排気室内を流れる蒸気の圧力損失を低減させて、圧力回復量を大きくすることが望まれている。

[0005] 近年、風力、太陽エネルギー等の再生可能エネルギーの代替により、火力発電プラントでは負荷変動吸収のためのフレキシブルな運転が求められている。このようなフレキシブルな運転を実行する場合、設計点以外での運転、

つまり定格運転以外での運転を実行する必要がある。定格運転以外での運転を実行すると、排気室内で剥離や逆流が発生し、排気室内で圧力損失が大きくなり、圧力回復量が低下する。

[0006] 本開示の少なくとも一実施形態は、上述の事情に鑑みて、定格運転時だけでなく部分負荷運転時においても蒸気の圧力損失を低減させて、圧力回復量を大きくすることができる蒸気タービンの排気室、及びこの排気室を備える蒸気タービンを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] (1) 本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービンの排気室は、
軸線を中心として回転する蒸気タービンロータの最終動翼列から流出した蒸気が流入し、前記軸線に対して環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に前記軸線に対する径方向外側に広がるディフューザ空間を形成するディフューザと、

前記径方向外側に向かって開口する排気口を有し、前記ディフューザ空間に連通し、前記軸線に対する周方向に広がって、前記ディフューザ空間から流入した蒸気を前記排気口に導く排気空間を形成する排気ケーシングと、
を備え、

前記ディフューザは、

前記軸線に対する垂直な断面が環状を成し、前記軸線下流側に向うに連れて次第に前記径方向外側に向かって広がり、前記ディフューザ空間の前記径方向外側の縁を画定する外側ディフューザと、

前記軸線に対する垂直な断面が環状を成し、前記軸線下流側に向うに連れて次第に前記径方向外側に向かって広がり、前記ディフューザ空間の前記軸線に対する径方向内側の縁を画定する内側ディフューザと、
を有し、

前記外側ディフューザは、

前記最終動翼列を構成する最終段動翼の翼端に対向する位置から前記軸線下流側に延在する第1フローガイドと、

前記第 1 フローガイドとは異なる角度で前記第 1 フローガイドから前記径方向外側に延在する第 2 フローガイドと、
を有し、

前記第 1 フローガイドは、

前記最終段動翼の前記翼端の前記軸線下流側の端部から前記第 1 フローガイドの前記軸線下流側の端部までの前記軸線に対する軸方向の距離が、前記最終段動翼の翼高さの 20%以上 45%以下であるか、

前記第 1 フローガイドの前記軸線下流側の端部から前記排気ケーシングの内、前記排気空間の前記軸線下流側の縁を画定する下流側壁面までの前記軸方向の距離が前記翼高さの 100%以上 150%以下であるか、

前記第 1 フローガイドの軸線上流側の端部から前記第 1 フローガイドの前記軸線下流側の端部までの前記軸線に対する径方向の距離が、前記第 1 フローガイドの前記軸線下流側の端部を始点として前記軸方向に直交する方向に前記径方向内側へ向かって伸ばした垂線と前記内側ディフューザとが交差する交差位置から前記内側ディフューザの前記軸線上流側の端部までの前記径方向の距離の 200%以上 300%以下であるか、

前記第 1 フローガイドの前記軸線下流側の端部における前記ディフューザ空間の前記軸線に対する垂直な断面の面積が、前記最終動翼列の出口における前記ディフューザ空間の前記軸線に対する垂直な断面の面積の 110%以上 150%以下であるか、

の、少なくとも何れか 1 つの条件を満たす。

[0008] (2) 本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービンは、

上記 (1) の構成の蒸気タービンの排気室と、

前記蒸気タービンロータと、

を備える。

発明の効果

[0009] 本開示の少なくとも一実施形態によれば、定格運転時だけでなく部分負荷運転時においても蒸気の圧力損失を低減させて、圧力回復量を大きくするこ

とができる蒸気タービンの排気室、及びこの排気室を備える蒸気タービンを提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一実施形態に係る蒸気タービンの軸方向に沿った断面を模式的に示す概略図である。

[図2]他の実施形態に係る蒸気タービンの軸方向に沿った断面を模式的に示す概略図である。

[図3]図1に示す一実施形態に係る蒸気タービンの要部を拡大した図である。

[図4]図2に示す他の実施形態に係る蒸気タービン1の要部を拡大した図である。

[図5]図1及び図3に示した蒸気タービンにおいて定格運転を行ったときの蒸気の流れを模式的に示した図である。

[図6]図1及び図3に示した蒸気タービンにおいて部分負荷運転を行ったときの蒸気の流れを模式的に示した図である。

[図7]条件（a）、（b）について説明するための図である。

[図8]条件（c）について説明するための図である。

[図9]条件（d）について説明するための図である。

[図10]上流側交差位置と第1フローガイドの軸線下流側の端部とを結ぶ線分が軸線方向に対してなす角度、及び、内側ディフューザの軸線上流側の端部と下流側交差位置とを結ぶ線分が軸線方向に対してなす角度について説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照して本開示の幾つかの実施形態について説明する。

ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本開示の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表

現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0012] 図1は、一実施形態に係る蒸気タービン1の軸方向に沿った断面を模式的に示す概略図である。

図2は、他の実施形態に係る蒸気タービン1の軸方向に沿った断面を模式的に示す概略図である。

図3は、図1に示す一実施形態に係る蒸気タービン1の要部を拡大した図である。

図4は、図2に示す他の実施形態に係る蒸気タービン1の要部を拡大した図である。

[0013] 図1から図4に示す蒸気タービン1は、軸流タービンである。

図1から図4に示すように、幾つかの実施形態に係る蒸気タービン1は、軸受6により回転自在に支持され、軸線AXを中心として回転可能なタービンロータ（蒸気タービンロータ）11と、タービンロータ11を覆うケーシング20と、ケーシング20に固定されている複数の静翼列17と、を備えている。なお、以下では、この軸線AXの延在方向を軸線方向又は単に軸方向とし、軸線AXを中心とした周方向を単に周方向とし、軸線AXに対する径方向を径方向とする。さらに、この径方向で軸線AXに近づく方向を径方

向内側、その反対方向を径方向外側とする。

[0014] タービンロータ 1 1 は、軸線 A X を中心として軸線方向に延びるロータ軸 1 2 と、このロータ軸 1 2 に取り付けられている複数の動翼列 1 3 と、を有する。タービンロータ 1 1 は、軸線 A X を中心として回転可能に軸受 6 で支持されている。複数の動翼列 1 3 は、軸線方向に並んでいる。各動翼列 1 3 は、いずれも、周方向に並んでいる複数の動翼 1 3 b で構成される。

[0015] ケーシング 2 0 は、内側ケーシング 2 1 と、排気室 2 5 とを有する。内側ケーシング 2 1 は、軸線 A X を中心としてほぼ円錐状の空間を形成し、タービンロータ 1 1 の外周を覆う。タービンロータ 1 1 の複数の動翼列 1 3 は、この円錐状の空間内に配置されている。複数の静翼列 1 7 は、軸線方向に並んで、この円錐状の空間内に配置されている。複数の静翼列 1 7 のそれぞれは、複数の動翼列 1 3 のうちいずれか一の動翼列 1 3 の軸線上流側に配置されている。複数の静翼列 1 7 は、上述したように内側ケーシング 2 1 に固定されている。

[0016] 排気室 2 5 は、ディフューザ 2 6 と、排気ケーシング 3 0 と、を有する。

[0017] ディフューザ 2 6 は、軸線 A X に対して環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かうディフューザ空間 2 6 s を形成する。ディフューザ空間 2 6 s 内には、タービンロータ 1 1 の最終動翼列 1 3 e から流出した蒸気 S が流入する。なお、最終動翼列 1 3 e とは、複数の動翼列 1 3 のうち、最も軸線下流側に配置されている動翼列 1 3 である。なお、最終動翼列 1 3 e を構成する複数の動翼 1 3 b を最終段動翼 1 3 b e と称する。ディフューザ 2 6 は、ディフューザ空間 2 6 s の径方向外側の縁を画定する外側ディフューザ（又は、スチームガイド、フローガイド） 2 7 と、ディフューザ空間 2 6 s の径方向内側の縁を画定する内側ディフューザ（又はベアリングコーン） 2 9 と、を有する。外側ディフューザ 2 7 は、軸線 A X に対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって広がっている。内側ディフューザ 2 9 も、軸線 A X に対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって

広がっている。外側ディフューザ２７は、内側ケーシング２１に接続されている。

[0018] 排気ケーシング３０は、排気口３１を有する。この排気口３１は、内部から径方向外側であって鉛直下方向に向かって開口している。この排気口３１には、蒸気Ｓを水に戻す復水器Ｃ０が接続されている。よって、本実施形態の蒸気タービンは、下方排気型の復水蒸気タービンである。なお、本実施形態の蒸気タービン１は、下方排気型の復水蒸気タービンであるため、図１及び図２における紙面下側は鉛直下側であり、図１及び図２における紙面上側は鉛直上側である。

[0019] 排気ケーシング３０は、ディフューザ２６に連通した排気空間３０ｓを形成する。この排気空間３０ｓは、ディフューザ２６の外周を軸線ＡＸに対する周方向に広がって、ディフューザ空間２６ｓから流入した蒸気Ｓを排気口３１に導く。排気ケーシング３０は、ケーシング下流側端板３２と、ケーシング上流側端板３４と、ケーシング外周板３６と、を有する。

[0020] ケーシング下流側端板３２は、排気空間３０ｓの軸線下流側の縁を画定する。このケーシング下流側端板３２は、径方向の成分を含む方向及び周方向に広がっており、実質的に軸線ＡＸに対して垂直である。ケーシング下流側端板３２で、軸線ＡＸより上側の部分は、ほぼ半円形を成している。一方、ケーシング下流側端板３２で、軸線ＡＸより下側部分は、ほぼ長方形をなしている。但し、このケーシング下流側端板３２には、軸線ＡＸを中心とした円形の開口が形成されている。この円形の開口の縁は、ケーシング下流側端板３２の径方向内側の縁を形成する。このケーシング下流側端板３２の下縁は、排気口３１の縁の一部を形成する。

[0021] ケーシング外周板３６は、排気空間３０ｓの径方向外側の縁を画定する。このケーシング外周板３６は、ケーシング下流側端板３２の径方向外側の縁に接続され、軸線方向に広がり且つ軸線ＡＸを中心として周方向に広がっている。このケーシング外周板３６は、上側が半円筒を成すかまぼこ型（semi-cylindrical shape）である。このケーシング外周

板 3 6 の軸線下流側の縁がケーシング下流側端板 3 2 に接続されている。また、このケーシング外周板 3 6 の下縁は、排気口 3 1 の縁の一部を形成する。

[0022] ケーシング上流側端板 3 4 は、排気空間 3 0 s の軸線上流側の縁を画定する。ケーシング上流側端板 3 4 は、ディフューザ 2 6 よりも軸線上流側に配置されている。このケーシング上流側端板 3 4 は、内側ケーシング 2 1 の外周面 2 1 o から径方向外側に広がっている。このケーシング上流側端板 3 4 は、実質的に軸線 A X に対して垂直である。よって、このケーシング上流側端板 3 4 は、軸線方向に間隔をあけてケーシング下流側端板 3 2 と対向している。ケーシング上流側端板 3 4 の下縁は、排気口 3 1 の縁の一部を形成する。このケーシング上流側端板 3 4 の径方向外側の縁のうち、排気口 3 1 の縁を形成する部分を除く部分は、ケーシング外周板 3 6 に接続されている。

[0023] 図 1 及び図 2 に示すように、幾つかの実施形態に係る蒸気タービン 1 には、動翼 1 3 b の冷却のための流体（水）が流通可能な配管であるスプレー配管 3 8 が設けられている。スプレー配管 3 8 は、第 1 フローガイド 5 0 の軸線上流側の端部 5 1 から第 1 フローガイド 5 0 の軸線下流側の端部 5 2 までの軸方向の範囲内であって、第 1 フローガイド 5 0 よりも径方向外側、且つ、第 2 フローガイド 6 0 の径方向外側の端部 6 2 よりも径方向内側の領域内に環状に配置されている。

これにより、蒸気の流れへの影響を抑制しつつ、動翼の冷却のための流体が流通可能な配管を配置できる。

なお、図 3 以降の各図では、スプレー配管 3 8 の記載を省略している。

[0024] （外側ディフューザ 2 7）

幾つかの実施形態に係る外側ディフューザ 2 7 は、最終動翼列 1 3 e を構成する最終段動翼 1 3 b e の翼端 1 3 t に対向する位置 P から軸線下流側に延在する第 1 フローガイド 5 0 と、第 1 フローガイド 5 0 とは異なる角度で第 1 フローガイド 5 0 から径方向外側に延在する第 2 フローガイド 6 0 と、を有する。

[0025] (第1フローガイド50)

幾つかの実施形態に係る第1フローガイド50は、図3及び図4によく示すように、軸線上流側の端部51と、軸線下流側の端部52とを有し、軸線AXに対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって広がるように形成された部材である。第1フローガイド50は、軸線上流側の端部51が内側ケーシング21に接続されている。

幾つかの実施形態に係る第1フローガイド50は、軸方向及び径方向に延在する仮想的な平面（例えば、図1から図4における紙面）に表れる第1フローガイド50の断面形状は、径方向内側に向かって凸となる曲面を有している。なお、幾つかの実施形態に係る第1フローガイド50は、少なくとも一部に軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって広がる円錐面を有していてもよい。

[0026] 幾つかの実施形態に係る第1フローガイド50では、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52は、ディフューザ空間26sを流れる蒸気Sの流れが軸線下流側の端部52から剥離するように形成された剥離点52Pとなるように形成されている。

例えば図3に示す例では、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52には、第2フローガイド60の後述する径方向内側の端部61が接続されている。しかし、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52近傍において第1フローガイド50の軸線下流側且つ径方向外側に向かって延在する第1フローガイド50の延在方向と、第2フローガイド60の径方向内側の端部61近傍において主として径方向内側に向かって延在する第2フローガイド60の延在方向との角度差が比較的大きい。また、軸方向及び径方向に延在する仮想的な平面（例えば、図1から図4における紙面）に表れる、外側ディフューザ27のディフューザ空間26sに面する表面の形状は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52近傍から第2フローガイド60の径方向内側の端部61近傍にかけて比較的急峻に変化している。

このような形状を有することで、幾つかの実施形態に係る第1フローガイ

ド50では、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52は、ディフューザ空間26sを流れる蒸気Sの流れが軸線下流側の端部52から剥離するように形成された剥離点52Pとなるようになっている。剥離点52Pは、ディフューザ空間26sに面している。

なお、実質的にディフューザ空間26sを流れる蒸気Sの流れが軸線下流側の端部52から剥離するように形成されていればよい。第1フローガイド50の軸線下流側の端部52近傍から第2フローガイド60の径方向内側の端部61近傍にかけて、例えばある程度の大きさの曲率半径を有するR部が形成されていてもよい。

[0027] (第2フローガイド60)

幾つかの実施形態に係る第2フローガイド60は、径方向内側の端部61と、径方向外側の端部62とを有し、軸線AXに対する垂直な断面が環状を成し、主として径方向に延在する部材である。

図1及び図3に示す第2フローガイド60では、図3によく示すように、径方向内側の端部61は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52で第1フローガイド50に接続されている。

図2及び図4に示す第2フローガイド60では、図4によく示すように、径方向内側の端部61は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52よりも軸線上流側で第1フローガイド50に接続されている。

[0028] 幾つかの実施形態に係る第2フローガイド60では、第2フローガイドにおける径方向内側の領域60iは、軸線AXに対して垂直な方向に延在している。

幾つかの実施形態に係る第2フローガイド60では、第2フローガイドにおける径方向外側の領域60oは、径方向外側に向かうにつれて軸線上流側に向かうように湾曲している。

すなわち、第2フローガイド60は、径方向内側の端部61における軸方向位置、及び該軸方向位置よりも軸線上流側に位置する。

[0029] (蒸気タービン1の部分負荷運転時の効率向上について)

従来の蒸気タービンでは、部分負荷運転時には、排気室内で剥離や逆流が発生し、排気室内で圧力損失が大きくなり、圧力回復量が低下するという課題があった。

発明者らが鋭意検討した結果、後述する（a）から（d）の4つの条件の少なくとも1つを満たすように第1フローガイド50を構成することで、定格運転時における蒸気タービン1の効率を維持しつつ、従来の蒸気タービンと比較して部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率の低下を抑制できることが判明した。

図5は、図1及び図3に示した蒸気タービン1において定格運転を行ったときの蒸気Sの流れを模式的に示した図である。

図6は、図1及び図3に示した蒸気タービン1において部分負荷運転を行ったときの蒸気Sの流れを模式的に示した図である。

図5および図6では、各矢印の向きは蒸気Sが流れる方向を表し、各矢印の長さの長短は、蒸気Sの流速の大小を表す。

[0030] 発明者らが鋭意検討した結果、後述する（a）から（d）の4つの条件の少なくとも1つを満たすように第1フローガイド50を構成することで、図5に示すように定格運転時には第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から剥離した主たる蒸気Sの流れが自由噴流的な流れとなって、あたかも第1フローガイド50の軸線下流側の端部52よりも軸線下流側にディフューザが存在するのと同様の効果が得られることが判明した。これにより、定格運転時における蒸気タービン1の効率を維持できることが判明した。

[0031] また、発明者らが鋭意検討した結果、後述する（a）から（d）の4つの条件の少なくとも1つを満たすように第1フローガイド50を構成することで、図6に示すように部分負荷運転時には、第1フローガイド50の表面50aに沿って流れる蒸気Sの流れがコアンダ効果によって第1フローガイド50の表面50a近傍において比較的流速が大きい流れが発生することが抑制されることが判明した。発明者らが鋭意検討した結果、コアンダ効果によって第1フローガイド50の表面50a近傍において比較的流速が大きい流

れが発生すると、この蒸気Sの流れを境に排気空間30sを軸線上流側の領域と軸線下流側の領域とに分断してしまつて、排気空間30sにおける圧力回復が抑制されてしまうことが判明した。したがつて、コアンダ効果による第1フローガイド50の表面50a近傍における比較的流速が大きい流れの発生を抑制することで、部分負荷運転時において排気空間30sにおける圧力回復量を大きくすることができると判明した。

[0032] 図7は、後述する条件(a)、(b)について説明するための図である。

図8は、後述する条件(c)について説明するための図である。

図9は、後述する条件(d)について説明するための図である。

図1から図4に示した幾つかの実施形態に係る第1フローガイド50において、何れか1つを満たすことが望まれる(a)から(d)の4つの条件は、次の通りである。

(a) 最終段動翼13beの翼端13tの軸線下流側の端部13tdから第1フローガイド50の軸線下流側の端部52までの軸方向の距離L1が、最終段動翼13beの翼高さhの20%以上45%以下である。

[0033] (b) 第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から排気ケーシング30の内、排気空間30sの軸線下流側の縁を画定する下流側壁面(ケーシング下流側端板32)までの軸方向の距離L2が翼高さhの100%以上150%以下である。

[0034] (c) 第1フローガイド50の軸線上流側の端部51から第1フローガイド50の軸線下流側の端部52までの径方向の距離L3が、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52を始点として軸方向に直交する方向に径方向内側へ向かって伸ばした垂線(下流側垂線)Lpe1と内側ディフューザ29とが交差する交差位置(下流側交差位置)P1から内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aまでの径方向の距離L4の200%以上300%以下である。

[0035] (d) 第1フローガイド50の軸線下流側の端部52におけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な環状の断面CS1の面積が、最終動翼

列 1 3 e の出口におけるディフューザ空間 2 6 s の軸線 A X に対する垂直な環状の断面 C S 2 の面積の 1 1 0 % 以上 1 5 0 % 以下である。

[0036] したがって、幾つかの実施形態に係る排気室 2 5 によれば、比較的簡素な構成を有する第 1 フローガイド 5 0 によって、定格運転時における蒸気タービン 1 の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン 1 の効率の低下を抑制できる。

[0037] また、幾つかの実施形態に係る排気室 2 5 を備える蒸気タービン 1 によれば、定格運転時における蒸気タービン 1 の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン 1 の効率の低下を抑制できる。

[0038] 幾つかの実施形態に係る排気室 2 5 は、さらに以下の特徴を有していてもよい。

例えば幾つかの実施形態に係る排気室 2 5 では、上述したように第 1 フローガイド 5 0 は、軸方向及び径方向に延在する仮想的な平面（例えば、図 1 から図 4 における紙面）に表れる第 1 フローガイド 5 0 の断面形状は、径方向内側に向かって凸となる曲面を有していてもよい。

これにより、第 1 フローガイド 5 0 の表面 5 0 a に沿って流れる蒸気 S が径方向外側に広がっていき易くなるので、ディフューザ空間 2 6 s を流れる蒸気 S の圧力損失を低減できる。

[0039] 例えば幾つかの実施形態に係る排気室 2 5 では、図 7 に示すように、第 2 フローガイド 6 0 の径方向内側の端部 6 1 から径方向外側の端部 6 2 までの距離 L 5 は、第 1 フローガイド 5 0 の軸線下流側の端部 5 2 から排気ケーシング 3 0 の内、排気空間 3 0 s の径方向外側の縁を画定する径方向外側壁面（ケーシング外周板 3 6）までの径方向の距離 L 6 の 2 5 % 以上 7 5 % 以下であるとよい。

これにより、第 1 フローガイド 5 0 に沿って流れる蒸気 S の主たる流れに対して、第 2 フローガイド 6 0 よりも軸線上流側の排気空間 3 0 s において渦を形成する蒸気 S の流れが影響を及ぼし難くなるので、排気室 2 5 内の圧力損失を抑制できる。

[0040] 幾つかの実施形態に係る排気室 25 では、第 2 フローガイド 60 における径方向外側の領域 60 o は、径方向外側に向かうにつれて軸線上流側に向かうように湾曲しているとよい。

これにより、第 1 フローガイド 50 に沿って流れる蒸気 S の主たる流れに対して、第 2 フローガイド 60 よりも軸線上流側の排気空間 30 s において渦を形成する蒸気 S の流れが影響を及ぼし難くなるので、排気室 25 内の圧力損失を抑制できる。

[0041] 幾つかの実施形態に係る排気室 25 では、図 1 及び図 3 に示すように、第 2 フローガイド 60 の径方向内側の端部 61 は、第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 で第 1 フローガイド 50 に接続されていてもよい。

これにより、第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 から剥離した主たる蒸気 S の流れへの影響を抑制しつつ第 1 フローガイド 50 に第 2 フローガイド 60 を接続できる。

[0042] 幾つかの実施形態に係る排気室 25 では、図 2 及び図 4 に示すように、第 2 フローガイド 60 の径方向内側の端部 61 は、第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 よりも軸線上流側で第 1 フローガイド 50 に接続されていてもよい。

これにより、第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 から剥離した主たる蒸気 S の流れへの影響を抑制しつつ第 1 フローガイド 50 に第 2 フローガイド 60 を接続できる。

[0043] 本開示は上述した実施形態や後述する実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態や後述する実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

[0044] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

(1 A) 本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービン 1 の排気室 25 は、軸線 A X を中心として回転する蒸気タービンロータ（タービンロータ 11）の最終動翼列 13 e から流出した蒸気 S が流入し、軸線 A X に対して環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に軸線 A X に対する径方向外側に

広がるディフューザ空間 26 s を形成するディフューザ 26 と、径方向外側に向かって開口する排気口 31 を有し、ディフューザ空間 26 s に連通し、軸線 A X に対する周方向に広がって、ディフューザ空間 26 s から流入した蒸気 S を排気口 31 に導く排気空間 30 s を形成する排気ケーシング 30 と、を備える。ディフューザ 26 は、軸線 A X に対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって広がり、ディフューザ空間 26 s の径方向外側の縁を画定する外側ディフューザ 27 と、軸線 A X に対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって広がり、ディフューザ空間 26 s の軸線 A X に対する径方向内側の縁を画定する内側ディフューザ 29 と、を有する。外側ディフューザ 27 は、最終動翼列 13 e を構成する最終段動翼 13 b e の翼端 13 t に対向する位置 P から軸線下流側に延在する第 1 フローガイド 50 と、第 1 フローガイド 50 とは異なる角度で第 1 フローガイド 50 から径方向外側に延在する第 2 フローガイド 60 と、を有する。

第 1 フローガイド 50 は、以下の少なくとも何れか 1 つの条件を満たす。

最終段動翼 13 b e の翼端 13 t の軸線下流側の端部 13 t d から第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 までの軸線 A X に対する軸方向の距離 L_1 が、最終段動翼 13 b e の翼高さ h の 20% 以上 45% 以下である。

第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 から排気ケーシング 30 の内、排気空間 30 s の軸線下流側の縁を画定する下流側壁面（ケーシング下流側端板 32）までの軸方向の距離 L_2 が翼高さ h の 100% 以上 150% 以下である。

第 1 フローガイド 50 の軸線上流側の端部 51 から第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 までの軸線 A X に対する径方向の距離 L_3 が、第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 を始点として軸方向に直交する方向に径方向内側へ向かって伸ばした垂線（下流側垂線 L_{pe1} ）と内側ディフューザ 29 とが交差する交差位置（下流側交差位置 P1）から内側ディフューザ 29 の軸線上流側の端部 29 a までの径方向の距離 L_4 の 200% 以

上300%以下である。

第1フローガイド50の軸線下流側の端部52におけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な断面CS1の面積が、最終動翼列13eの出口におけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な断面CS2の面積の110%以上150%以下である。

[0045] 上記(1A)の構成によれば、比較的簡素な構成を有する第1フローガイド50によって、定格運転時における蒸気タービン1の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率の低下を抑制できる。

[0046] (2A) 幾つかの実施形態では、上記(1A)の構成において、軸方向及び径方向に延在する仮想的な平面(例えば、図1から図4における紙面)に表れる第1フローガイド50の断面形状は、径方向内側に向かって凸となる曲面を有していてもよい。

[0047] 上記(2A)の構成によれば、第1フローガイド50の表面50aに沿って流れる蒸気Sが径方向外側に広がっていき易くなるので、ディフューザ空間26sを流れる蒸気Sの圧力損失を低減できる。

[0048] (3A) 幾つかの実施形態では、上記(1A)又は(2A)の構成において、第2フローガイド60の径方向内側の端部61から径方向外側の端部62までの距離L5は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から排気ケーシング30の内、排気空間30sの径方向外側の縁を画定する径方向外側壁面(ケーシング外周板36)までの径方向の距離L6の25%以上75%以下であるとよい。

[0049] 上記(3A)の構成によれば、第1フローガイド50に沿って流れる蒸気Sの主たる流れに対して、第2フローガイド60よりも軸線上流側の排気空間30sにおいて渦を形成する蒸気Sの流れが影響を及ぼし難くなるので、排気室25内の圧力損失を抑制できる。

[0050] (4A) 幾つかの実施形態では、上記(1A)乃至(3A)の何れかの構成において、第2フローガイド60における径方向外側の領域60oは、径方向外側に向かうにつれて軸線上流側に向かうように湾曲しているとよい。

- [0051] 上記（４Ａ）の構成によれば、第１フローガイド５０に沿って流れる蒸気Ｓの主たる流れに対して、第２フローガイド６０よりも軸線上流側の排気空間３０ｓにおいて渦を形成する蒸気Ｓの流れが影響を及ぼし難くなるので、排気室２５内の圧力損失を抑制できる。
- [0052] （５Ａ）幾つかの実施形態では、上記（１Ａ）乃至（４Ａ）の何れかの構成において、第２フローガイド６０の径方向内側の端部６１は、第１フローガイド５０の軸線下流側の端部５２で第１フローガイド５０に接続されていてもよい。
- [0053] 上記（５Ａ）の構成によれば、第１フローガイド５０の軸線下流側の端部５２から剥離した主たる蒸気Ｓの流れへの影響を抑制しつつ第１フローガイド５０に第２フローガイド６０を接続できる。
- [0054] （６Ａ）幾つかの実施形態では、上記（１Ａ）乃至（４Ａ）の何れかの構成において、第２フローガイドの６０径方向内側の端部６１は、第１フローガイド５０の軸線下流側の端部５２よりも軸線上流側で第１フローガイド５０に接続されていてもよい。
- [0055] 上記（６Ａ）の構成によれば、第１フローガイド５０の軸線下流側の端部５２から剥離した主たる蒸気Ｓの流れへの影響を抑制しつつ第１フローガイド５０に第２フローガイド６０を接続できる。
- [0056] （７Ａ）幾つかの実施形態では、上記（１Ａ）乃至（６Ａ）の何れかの構成において、第１フローガイド５０の軸線上流側の端部５１から第１フローガイド５０の軸線下流側の端部５２までの軸方向の範囲内であって、第１フローガイド５０よりも径方向外側、且つ、第２フローガイド６０の径方向外側の端部６２よりも径方向内側の領域内に環状に配置された、流体が流通可能な配管（スプレー配管３８）、を備えていてもよい。
- [0057] 上記（７Ａ）の構成によれば、蒸気Ｓの流れへの影響を抑制しつつ、流体が流通可能な配管を配置できる。
- [0058] （８Ａ）本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービン１は、上記（１Ａ）乃至（７Ａ）の何れかの構成の蒸気タービン１の排気室２５と、蒸気タ

ービンロータ（タービンロータ 11）と、を備える。

[0059] 上記（8A）の構成によれば、定格運転時における蒸気タービン 1 の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン 1 の効率の低下を抑制できる。

[0060] 上述した実施形態に関し、発明者らがさらに検討した結果、以下で説明する条件（e）を含む各条件を満たすようにすると、定格運転時における蒸気タービン 1 の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン 1 の効率を従来よりも一層向上できることが判明した。

例えば、図 1 から図 4 に示した幾つかの実施形態に係るディフューザ 26 を以下の条件（e）を満たすように構成することで、定格運転時における蒸気タービン 1 の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン 1 の効率を従来よりも一層向上できることが判明した。

[0061] ここで、図 8 に示すように、内側ディフューザ 29 の軸線上流側の端部 29a を始点として軸方向に直交する方向に径方向外側へ向かって伸ばした垂線（上流側垂線） L_{pe2} と第 1 フローガイド 50 とが交差する交差位置（上流側交差位置）P2 から第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 までの径方向の距離を距離 L_8 とする。なお、上流側垂線 L_{pe2} を規定する内側ディフューザ 29 の軸線上流側の端部 29a は、内側ディフューザ 29 のディフューザ空間 26s に面した表面の端部である。距離 L_8 を規定する上流側交差位置 P2、及び第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 は、第 1 フローガイド 50 のディフューザ空間 26s に面した表面に位置する。また、距離 L_1 から距離 L_3 、距離 L_5 から距離 L_7 を規定する第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 も、第 1 フローガイド 50 のディフューザ空間 26s に面した表面に位置する。

[0062] なお、距離 L_4 は上述したように、第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 を始点として軸方向に直交する方向に径方向内側へ向かって伸ばした垂線（下流側垂線） L_{pe1} と内側ディフューザ 29 とが交差する下流側交差位置 P1 から内側ディフューザ 29 の軸線上流側の端部 29a までの前

記径方向の距離である。なお、下流側垂線 L_{pe1} を規定する第1フローガイド50の軸線下流側の端部52も、第1フローガイド50のディフューザ空間26sに面した表面に位置する。距離 L_4 を規定する下流側交差位置P1は、内側ディフューザ29のディフューザ空間26sに面した表面に位置する。距離 L_4 を規定する内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aは、内側ディフューザ29のディフューザ空間26sに面した表面の端部である。

上流側交差位置P2から第1フローガイド50の軸線下流側の端部52までの軸方向の距離を距離 L_7 とする。

なお、距離 L_7 は、上流側垂線 L_{pe2} から下流側垂線 L_{pe1} までの軸方向の距離でもある。

また、上流側垂線 L_{pe2} 、及び、下流側垂線 L_{pe1} は、軸方向及び径方向に延在する仮想的な平面（例えば図8における紙面）に表れる垂線である。

[0063] 条件（e）は以下の通りである。

（e）距離 L_8 から距離 L_4 を減じた値 $(L_8 - L_4)$ は、距離 L_7 の35%以上70%以下、すなわち、 $35\% \leq \{(L_8 - L_4) / L_7\} \leq 70\%$ 、である。

[0064] これにより、定格運転時における蒸気タービン1の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率を従来よりも一層向上できる。

以下、条件（e）を満たすことで定格運転時における蒸気タービン1の効率を維持しつつ、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率を従来よりも一層向上できる理由について説明する。

図10は、上流側交差位置P2と第1フローガイド50の軸線下流側の端部52とを結ぶ線分が軸線方向に対してなす角度 α 、及び、内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aと下流側交差位置P1とを結ぶ線分が軸線方向に対してなす角度 β について説明するための図である。

[0065] ここで、角度 α と角度 β との角度差 $(\alpha - \beta)$ は、ディフューザ26の内

、第1フローガイド50と内側ディフューザ29との開き角 θ に相当する角度である。

一般的に蒸気タービンの最終動翼列13e以降に設けるディフューザ（以下、単にディフューザと称する）では、開き角 θ を大きくしてしまうと、特に蒸気タービンの比較的高負荷での運転時に蒸気がディフューザから剥離してしまう。そのため、ディフューザの開き角 θ はあまり大きくしない。

[0066] 例えば定格運転時のように比較的高負荷での運転時には、例えば図5に示すように第1フローガイド50と内側ディフューザ29との間のディフューザ空間26s内の全領域にわたって蒸気Sが流れるようになる。しかし、比較的低負荷での運転時には、例えば図6において破線で囲んだ領域Rcのように、軸方向下流側において径方向外側から径方向内側に向かって戻るように流れる循環流が発生する。そのため、最終動翼列13eからディフューザ空間26s内に流入した蒸気Sは、この循環流の影響を受けて、領域Rcよりも軸方向上流側の領域を流れることとなる。

したがって、開き角 θ を大きくすることで最終動翼列13eからディフューザ空間26s内に流入した蒸気Sをより流れ易くすることができる。

[0067] ただし、第1フローガイド50が上記剥離点52Pを有していない場合、上述した実施形態において説明したように第1フローガイド50の表面50aに沿って流れる蒸気Sの流れがコアンダ効果によって第1フローガイド50の表面50a近傍において比較的流速が大きい流れが発生し、この蒸気Sの流れを境に排気空間30sを軸線上流側の領域と軸線下流側の領域とに分断してしまっ、排気空間30sにおける圧力回復が抑制されてしまう。

[0068] そこで、幾つかの実施形態では、第1フローガイド50の表面50aから蒸気Sの剥離を促して上述したコアンダ効果を低減するするために第1フローガイド50に上記剥離点52Pを設け、開き角 θ を大きくすることとした。

[0069] ここで、開き角 θ を大きくすることについてさらに説明する。上述したように開き角 θ は、角度 α と角度 β との角度差（ $\alpha - \beta$ ）に相当する。この角

度差 ($\alpha - \beta$) は大きくなるほど、 $\tan \alpha$ 、すなわち $L8 / L7$ と、 $\tan \beta$ 、すなわち $L4 / L7$ との差 $\tan \alpha - \tan \beta$ 、すなわち $(L8 - L4) / L7$ が大きくなる。そこで、 $\tan \alpha - \tan \beta$ 、すなわち $(L8 - L4) / L7$ を開き角 θ の大きさの指標として用いることができる。

したがって、上述した条件 (e) は、開き角 θ の大きさについての条件である。

[0070] このように、幾つかの実施形態に係る排気室 25 では、第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 は剥離点 52P である。幾つかの実施形態に係る排気室 25 では、ディフューザ 26 を上記条件 (e) を満たすように構成している。

これにより、部分負荷運転時における蒸気タービン 1 の効率を従来よりも一層向上できる。

[0071] 上記条件 (e) における $(L8 - L4) / L7$ の物理的意味は、上述したようにディフューザの開き角 θ であり、ディフューザのエリア比 (すなわちディフューザの上流側の流路面積と下流側の流路面積との比) と、長さ比 (すなわちディフューザの長さとの比) を代表する量である。

[0072] 上記条件 (e) における $(L8 - L4) / L7$ の数値範囲は、蒸気 S が第 1 フローガイド 50 の表面 50a から剥離しないように設定されている。 ($L8 - L4) / L7$ は、蒸気 S が第 1 フローガイド 50 の表面 50a から剥離しない範囲で大きい方がよい。

($L8 - L4) / L7$ の数値範囲の内、上限値である 70% は、上述したように蒸気 S が第 1 フローガイド 50 の表面 50a から剥離しないように設定されたものである。すなわち、 $(L8 - L4) / L7$ が距離 $L7$ の 70% を超えると、蒸気 S が第 1 フローガイド 50 の表面 50a から剥離する可能性が比較的急激に高まる。

[0073] また、上記条件 (e) における $(L8 - L4) / L7$ の下限値である 35% は、第 1 フローガイド 50 と内側ディフューザ 29 との間のディフューザ空間 26s におけるディフューザ効果の発現に必要な数値の下限値である。

($L_8 - L_4$) / L_7 が距離 L_7 の 35% を下回ると、第 1 フローガイド 50 によって蒸気 S の流れが径方向外側に向かわないように拘束する効果が高まってしまい、ディフューザ効果を発現できなくなるおそれがある。

[0074] なお、蒸気タービン 1 の効率の観点から、($L_8 - L_4$) / L_7 の数値範囲は、距離 L_7 の 40% 以上 60% 以下であるとさらに良い。

[0075] (距離 L_1 について)

なお、開き角 θ を大きくしてしまうと、比較的高負荷での運転時に蒸気がディフューザから剥離して蒸気タービン 1 の効率が大きく損なわれるおそれがある。

そこで、幾つかの実施形態では、最終段動翼 13 b e の翼端 13 t の軸線下流側の端部 13 t d から第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 までの軸方向の距離 L_1 を比較的短くすることとした。

これにより、図 5 に示すように定格運転時には第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 から剥離した主たる蒸気 S の流れが自由噴流的な流れとなって、あたかも第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 よりも軸線下流側にディフューザが存在するのと同様の効果が得られる。よって、上記距離 L_1 を比較的短くしても、定格運転時における蒸気タービン 1 の効率を維持できる。

[0076] 具体的には、上記条件 (e) を満たす場合には、幾つかの実施形態では、最終段動翼 13 b e の翼端 13 t の軸線下流側の端部 13 t d から第 1 フローガイド 50 の軸線下流側の端部 52 までの軸方向の距離 L_1 は、最終段動翼 13 b e の翼高さ h の 20% 以上 40% 以下であるとよい。

これにより、比較的高負荷での運転時における蒸気タービン 1 の効率を比較的高い効率に維持できる。

[0077] 距離 L_1 の物理的意味は、ディフューザの長さである。距離 L_1 は短いことが望まれる。

距離 L_1 は、上述した条件 (e) の ($L_8 - L_4$) / L_7 の数値範囲と関連し、短い距離で、剥離を起こさない範囲内で十分な面積比を取ることが望

ましい。

距離 L_1 の下限值であるの20%は、このような観点から設定された値である。

[0078] ディフューザで蒸気 S の剥離が生じると、ディフューザの有効面積が小さくなってしまう。

距離 L_1 が長いとディフューザの壁面と蒸気 S の流れとが接する距離が長くなり、ディフューザの壁面と蒸気 S の流れとの摩擦損失が大きくなってしまう。

距離 L_1 の上限値であるの40%は、このような観点から設定された値である。

[0079] なお、蒸気タービン1の効率の観点から、距離 L_1 の数値範囲は、最終段動翼13beの翼高さ h の30%以上40%以下であるとさらに良い。

[0080] (距離 L_2 について)

上述した距離 L_2 の物理的意味は、ディフューザの出口長さに相当するパラメータである。距離 L_2 は、できるだけ大きくすることが望ましい。

上述した長さ比との兼ね合いで、ディフューザ内で蒸気 S の剥離が発生しない程度にディフューザの有効面積を確保することが望ましい。

距離 L_2 は、上述したように大きい方がよいが、大きすぎるとディフューザ内で蒸気 S の剥離が発生してディフューザの有効面積が小さくなってしまふ。

また、距離 L_2 が小さすぎるとディフューザとして機能しなくなってしまう。

[0081] このような観点から、上記条件(e)を満たす場合には、距離 L_2 は、翼高さ h の120%以上145%以下であるとよい。

これにより、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率を従来よりも一層向上できるとともに、比較的高負荷での運転時における蒸気タービン1の効率を比較的高い効率に維持できる。

[0082] なお、蒸気タービン1の効率の観点から、距離 L_2 の数値範囲は、翼高さ

hの130%以上140%以下であるとさらに良い。

[0083] (ディフューザ空間26sの軸方向に直交する断面の面積について)

内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aにおけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な環状の断面を断面CS3とする。なお、上述した断面CS2は、最終動翼列13eの出口におけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な環状の断面であるが、断面CS3と断面CS2との軸方向位置は極めて接近しているため、図9においては同一箇所に図示している。なお、断面CS3を規定する内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aは、内側ディフューザ29のディフューザ空間26sに面した表面の端部である。

[0084] 上記条件(e)を満たす場合には、上述した断面CS1の面積、すなわち第1フローガイド50の軸線下流側の端部52におけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な環状の断面CS1の面積は、上記断面CS3の140%以上180%以下であるとよい。

上記の「140%以上180%以下」の範囲は、ディフューザ26内で蒸気Sの剥離が発生しないように設定された範囲である。

これにより、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率を従来よりも一層向上できるとともに、比較的高負荷での運転時における蒸気タービン1の効率を比較的高い効率に維持できる。

なお、断面CS1を規定する第1フローガイド50の軸線下流側の端部52も、第1フローガイド50のディフューザ空間26sに面した表面に位置する。

[0085] なお、蒸気タービン1の効率の観点から、上記断面CS1の面積は、上記断面CS3の155%以上165%以下であるとさらに良い。

[0086] (距離L5と距離L6について)

第2フローガイド60の径方向内側の端部61から径方向外側の端部62までの距離L5は、長すぎると第2フローガイド60よりも軸線上流側の排気空間30sに蒸気Sが供給され難くなってしまう。しかし、距離L5が短

すぎると、第1フローガイド50に沿って流れる蒸気Sの主たる流れに対して、第2フローガイド60よりも軸線上流側の排気空間30sにおいて渦を形成する蒸気Sの流れが影響を及ぼし易くなるので、排気室25内の圧力損失が増加してしまう。

[0087] このような観点から、上記条件(e)を満たす場合には、第2フローガイド60の径方向内側の端部61から径方向外側の端部62までの距離L5は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から排気ケーシング30の内、排気空間30sの径方向外側の縁を画定する径方向外側壁面(ケーシング外周板36)までの径方向の距離L6の25%以上75%以下であるとい。

これにより、第1フローガイド50に沿って流れる蒸気Sの主たる流れに対して、第2フローガイド60よりも軸線上流側の排気空間30sにおいて渦を形成する蒸気Sの流れが影響を及ぼし難くなるので、排気室25内の圧力損失を抑制できる。

[0088] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

(1B) 本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービン1の排気室25は、軸線AXを中心として回転する蒸気タービンロータ(タービンロータ11)の最終動翼列13eから流出した蒸気Sが流入し、軸線AXに対して環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に軸線AXに対する径方向外側に広がるディフューザ空間26sを形成するディフューザ26と、径方向外側に向かって開口する排気口31を有し、ディフューザ空間26sに連通し、軸線AXに対する周方向に広がって、ディフューザ空間26sから流入した蒸気Sを排気口31に導く排気空間30sを形成する排気ケーシング30と、を備える。ディフューザ26は、軸線AXに対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって広がり、ディフューザ空間26sの径方向外側の縁を画定する外側ディフューザ27と、軸線AXに対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かって広がり、ディフューザ空間26sの軸線AXに対する

径方向内側の縁を画定する内側ディフューザ29と、を有する。外側ディフューザ27は、最終動翼列13eを構成する最終段動翼13beの翼端13tに対向する位置Pから軸線下流側に延在する第1フローガイド50と、第1フローガイド50とは異なる角度で第1フローガイド50から径方向外側に延在する第2フローガイド60と、を有する。

第1フローガイド50の軸線下流側の端部52は、ディフューザ空間26sを流れる蒸気Sの流れが軸線下流側の端部52から剥離するように形成された剥離点52Pである。内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aを始点として軸線AXに対する軸方向に直交する方向に径方向外側へ向かって伸ばした上流側垂線Lpe2と第1フローガイド50とが交差する上流側交差位置P2から第1フローガイド50の軸線下流側の端部52までの軸線AXに対する径方向の距離L8、から、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52を始点として軸方向に直交する方向に径方向内側へ向かって伸ばした下流側垂線Lpe1と内側ディフューザ29とが交差する下流側交差位置P1から内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aまでの径方向の距離L4、を減じた値は、上流側交差位置P2から第1フローガイド50の軸線下流側の端部52までの軸方向の距離L7の35%以上70%以下である。

[0089] 上記(1B)の構成によれば、比較的簡素な構成を有する第1フローガイド50によって、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率を従来よりも一層向上できる。

[0090] (2B) 幾つかの実施形態では、上記(1B)の構成において、最終段動翼13beの翼端13tの軸線下流側の端部13tdから第1フローガイド50の軸線下流側の端部52までの軸線AXに対する軸方向の距離L1は、最終段動翼13beの翼高さhの20%以上40%以下であるとよい。

[0091] 上記(2B)の構成によれば、比較的高負荷での運転時における蒸気タービン1の効率を比較的高い効率に維持できる。

[0092] (3B) 幾つかの実施形態では、上記(1B)又は(2B)の構成において

、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から排気ケーシング30の内、排気空間30sの軸線下流側の縁を画定する下流側壁面（ケーシング下流側端板32）までの軸方向の距離L2は、翼高さhの120%以上145%以下であるとよい。

[0093] 上記（3B）の構成によれば、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率を従来よりも一層向上できるとともに、比較的高負荷での運転時における蒸気タービン1の効率を比較的高い効率に維持できる。

[0094] （4B）幾つかの実施形態では、上記（1B）乃至（3B）の何れかの構成において、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52におけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な断面CS1の面積は、内側ディフューザ29の軸線上流側の端部29aにおけるディフューザ空間26sの軸線AXに対する垂直な断面CS3の面積の140%以上180%以下であるとよい。

[0095] 上記（4B）の構成によれば、部分負荷運転時における蒸気タービン1の効率を従来よりも一層向上できるとともに、比較的高負荷での運転時における蒸気タービン1の効率を比較的高い効率に維持できる。

[0096] （5B）幾つかの実施形態では、上記（1B）乃至（4B）の何れかの構成において、第2フローガイド60の径方向内側の端部61から径方向外側の端部62までの距離L5は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から排気ケーシング30の内、排気空間30sの径方向外側の縁を画定する径方向外側壁面（ケーシング外周板36）までの径方向の距離L6の25%以上75%以下であるとよい。

[0097] 上記（5B）の構成によれば、第1フローガイド50に沿って流れる蒸気Sの主たる流れに対して、第2フローガイド60よりも軸線上流側の排気空間30sにおいて渦を形成する蒸気Sの流れが影響を及ぼし難くなるので、排気室25内の圧力損失を抑制できる。

[0098] （6B）幾つかの実施形態では、上記（1B）乃至（5B）の何れかの構成において、軸方向及び径方向に延在する仮想的な平面（例えば、図1から図

4における紙面)に表れる第1フローガイド50の断面形状は、径方向内側に向かって凸となる曲面を有していてもよい。

[0099] 上記(6B)の構成によれば、第1フローガイド50の表面50aに沿って流れる蒸気Sが径方向外側に広がっていき易くなるので、ディフューザ空間26sを流れる蒸気Sの圧力損失を低減できる。

[0100] (7B)幾つかの実施形態では、上記(1B)乃至(6B)の何れかの構成において、第2フローガイド60における径方向外側の領域60oは、径方向外側に向かうにつれて軸線上流側に向かうように湾曲しているとよい。

[0101] 上記(7B)の構成によれば、第1フローガイド50に沿って流れる蒸気Sの主たる流れに対して、第2フローガイド60よりも軸線上流側の排気空間30sにおいて渦を形成する蒸気Sの流れが影響を及ぼし難くなるので、排気室25内の圧力損失を抑制できる。

[0102] (8B)幾つかの実施形態では、上記(1B)乃至(7B)の何れかの構成において、第2フローガイド60の径方向内側の端部61は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52で第1フローガイド50に接続されていてもよい。

[0103] 上記(8B)の構成によれば、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から剥離した主たる蒸気Sの流れへの影響を抑制しつつ第1フローガイド50に第2フローガイド60を接続できる。

[0104] (9B)幾つかの実施形態では、上記(1B)乃至(7B)の何れかの構成において、第2フローガイドの60径方向内側の端部61は、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52よりも軸線上流側で第1フローガイド50に接続されていてもよい。

[0105] 上記(9B)の構成によれば、第1フローガイド50の軸線下流側の端部52から剥離した主たる蒸気Sの流れへの影響を抑制しつつ第1フローガイド50に第2フローガイド60を接続できる。

[0106] (10B)幾つかの実施形態では、上記(1B)乃至(9B)の何れかの構成において、第1フローガイド50の軸線上流側の端部51から第1フロー

ガイド 50 の軸線下流側の端部 52 までの軸方向の範囲内であって、第 1 フローガイド 50 よりも径方向外側、且つ、第 2 フローガイド 60 の径方向外側の端部 62 よりも径方向内側の領域内に環状に配置された、流体が流通可能な配管（スプレー配管 38）、を備えていてもよい。

[0107] 上記（10B）の構成によれば、蒸気 S の流れへの影響を抑制しつつ、流体が流通可能な配管を配置できる。

[0108] （11B）本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気タービン 1 は、上記（1B）乃至（10B）の何れかの構成の蒸気タービン 1 の排気室 25 と、蒸気タービンロータ（タービンロータ 11）と、を備える。

[0109] 上記（11B）の構成によれば、部分負荷運転時における蒸気タービン 1 の効率を従来よりも一層向上できる。

符号の説明

[0110] 1 蒸気タービン

11 タービンロータ（蒸気タービンロータ）

13 動翼列

13b 動翼

13be 最終段動翼

13e 最終動翼列

13t 翼端

13td 端部

20 ケーシング

21 内側ケーシング

25 排気室

26 ディフューザ

26s ディフューザ空間

27 外側ディフューザ（スチームガイド、フローガイド）

29 内側ディフューザ（ベアリングコーン）

29a 端部

- 3 0 排気ケーシング
- 3 0 s 排気空間
- 3 1 排気口
- 3 2 ケーシング下流側端板
- 3 6 ケーシング外周板
- 3 8 スプレー配管
- 5 0 第1フローガイド
- 5 0 a 表面
- 5 1 端部
- 5 2 端部
- 6 0 第2フローガイド
- 6 0 i 領域
- 6 0 o 領域
- 6 1 端部
- 6 2 端部

請求の範囲

[請求項1]

軸線を中心として回転する蒸気タービンロータの最終動翼列から流出した蒸気が流入し、前記軸線に対して環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に前記軸線に対する径方向外側に広がるディフューザ空間を形成するディフューザと、

前記径方向外側に向かって開口する排気口を有し、前記ディフューザ空間に連通し、前記軸線に対する周方向に広がって、前記ディフューザ空間から流入した蒸気を前記排気口に導く排気空間を形成する排気ケーシングと、

を備え、

前記ディフューザは、

前記軸線に対する垂直な断面が環状を成し、前記軸線下流側に向うに連れて次第に前記径方向外側に向かって広がり、前記ディフューザ空間の前記径方向外側の縁を画定する外側ディフューザと、

前記軸線に対する垂直な断面が環状を成し、前記軸線下流側に向うに連れて次第に前記径方向外側に向かって広がり、前記ディフューザ空間の前記軸線に対する径方向内側の縁を画定する内側ディフューザと、

を有し、

前記外側ディフューザは、

前記最終動翼列を構成する最終段動翼の翼端に対向する位置から前記軸線下流側に延在する第1フローガイドと、

前記第1フローガイドとは異なる角度で前記第1フローガイドから前記径方向外側に延在する第2フローガイドと、

を有し、

前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部は、前記ディフューザ空間を流れる前記蒸気の流れが前記軸線下流側の端部から剥離するように形成された剥離点であり、

前記内側ディフューザの軸線上流側の端部を始点として前記軸線に対する軸方向に直交する方向に前記径方向外側へ向かって伸ばした上流側垂線と前記第1フローガイドとが交差する上流側交差位置から前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部までの前記軸線に対する径方向の距離、から、前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部を始点として前記軸方向に直交する方向に前記径方向内側へ向かって伸ばした下流側垂線と前記内側ディフューザとが交差する下流側交差位置から前記内側ディフューザの前記軸線上流側の端部までの前記径方向の距離、を減じた値は、前記上流側交差位置から前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部までの前記軸方向の距離の35%以上70%以下である、
蒸気タービンの排気室。

[請求項2] 前記最終段動翼の前記翼端の前記軸線下流側の端部から前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部までの前記軸線に対する軸方向の距離は、前記最終段動翼の翼高さの20%以上40%以下である、
請求項1に記載の蒸気タービンの排気室。

[請求項3] 前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部から前記排気ケーシングの内、前記排気空間の前記軸線下流側の縁を画定する下流側壁面までの前記軸方向の距離は、前記翼高さの120%以上145%以下である、
請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

[請求項4] 前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部における前記ディフューザ空間の前記軸線に対する垂直な断面の面積は、前記内側ディフューザの前記軸線上流側の端部における前記ディフューザ空間の前記軸線に対する垂直な断面の面積の140%以上180%以下である、
請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

[請求項5] 前記第2フローガイドの前記径方向内側の端部から前記径方向外側の端部までの距離は、前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部

から前記排気ケーシングの内、前記排気空間の前記径方向外側の縁を画定する径方向外側壁面までの前記径方向の距離の25%以上75%以下である

請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

[請求項6] 前記軸方向及び前記径方向に延在する仮想的な平面に表れる前記第1フローガイドの断面形状は、前記径方向内側に向かって凸となる曲面を有する、

請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

[請求項7] 前記第2フローガイドにおける前記径方向外側の領域は、前記径方向外側に向かうにつれて前記軸線上流側に向かうように湾曲している、

請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

[請求項8] 前記第2フローガイドの前記径方向内側の端部は、前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部で前記第1フローガイドに接続されている、

請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

[請求項9] 前記第2フローガイドの前記径方向内側の端部は、前記第1フローガイドの前記軸線下流側の端部よりも前記軸線上流側で前記第1フローガイドに接続されている、

請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

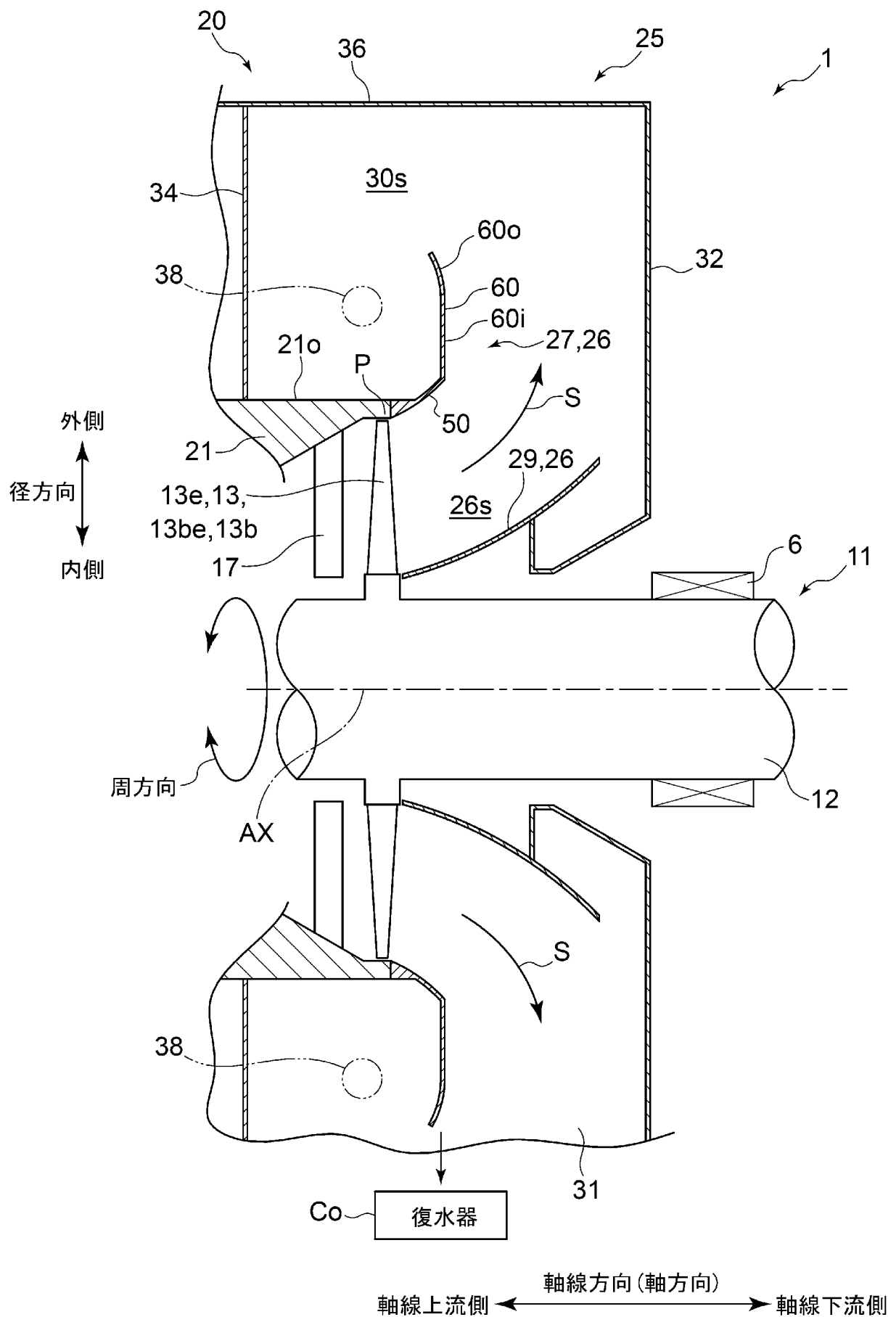
[請求項10] 前記第1フローガイドの前記軸線上流側の端部から第1フローガイドの前記軸線下流側の端部までの前記軸方向の範囲内であって、前記第1フローガイドよりも前記径方向外側、且つ、前記第2フローガイドの前記径方向外側の端部よりも前記径方向内側の領域内に環状に配置された、流体が流通可能な配管、を備える、

請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室。

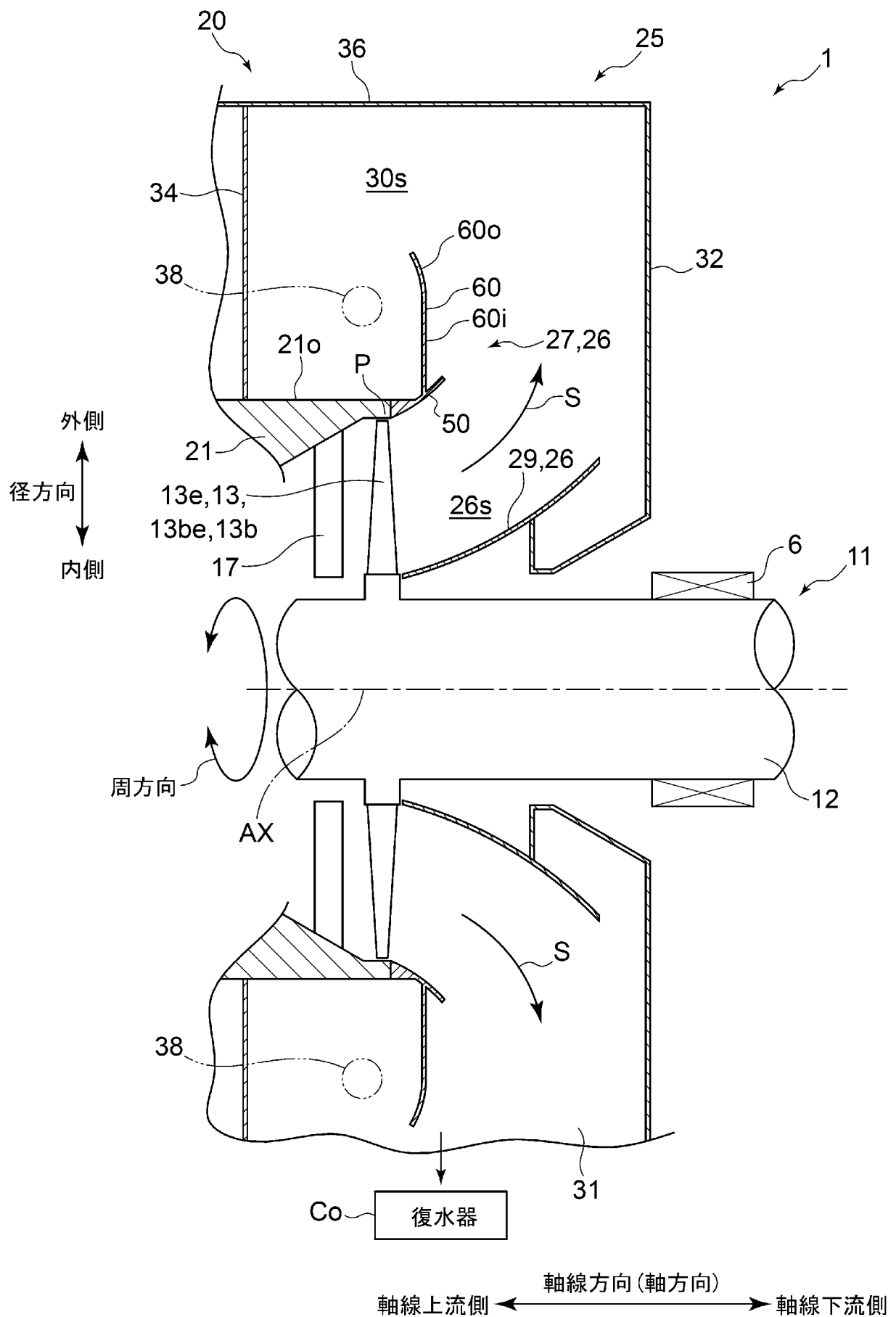
[請求項11] 請求項1又は2に記載の蒸気タービンの排気室と、
前記蒸気タービンロータと、

を備える、
蒸気タービン。

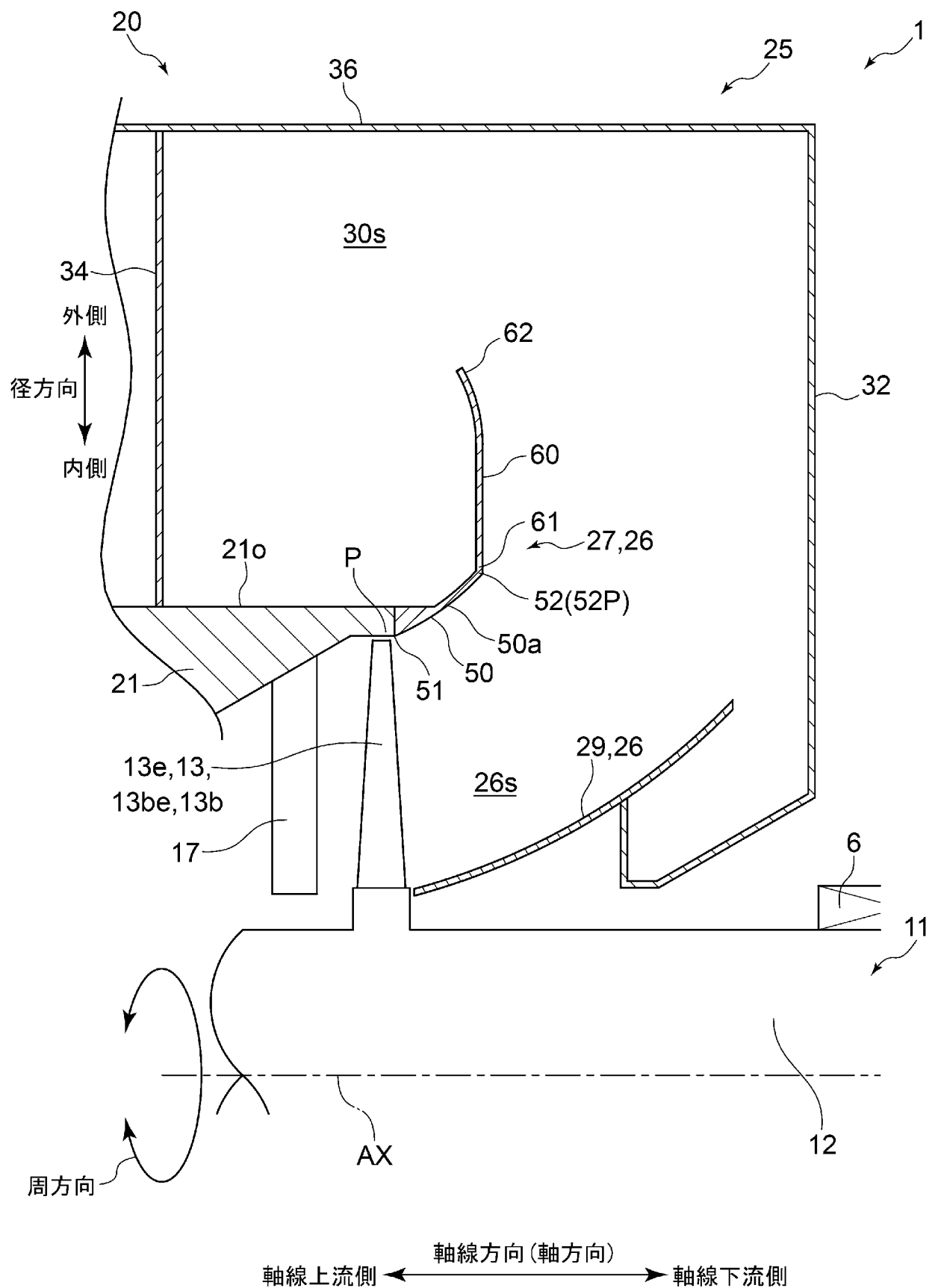
[図1]



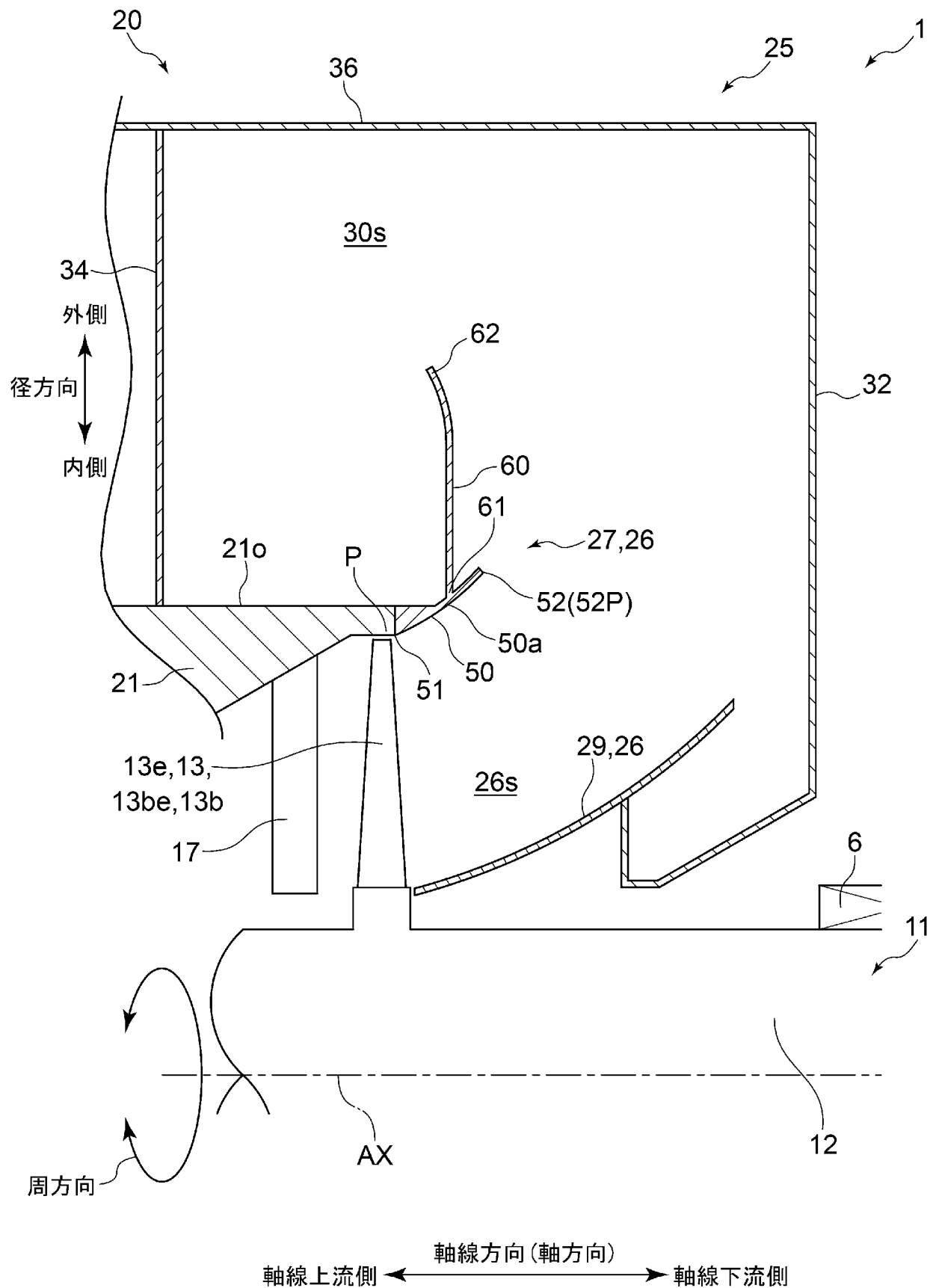
[図2]



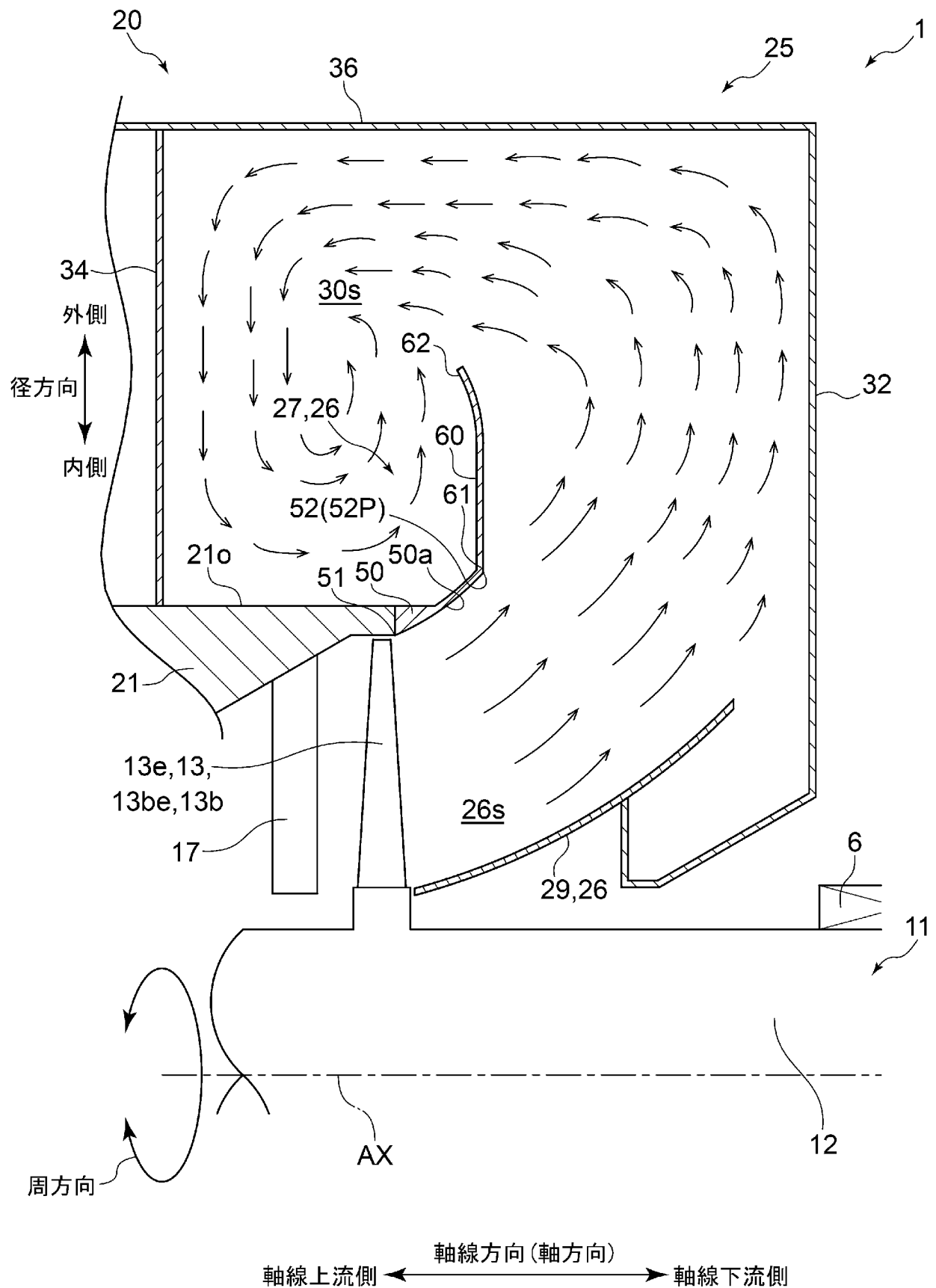
[図3]



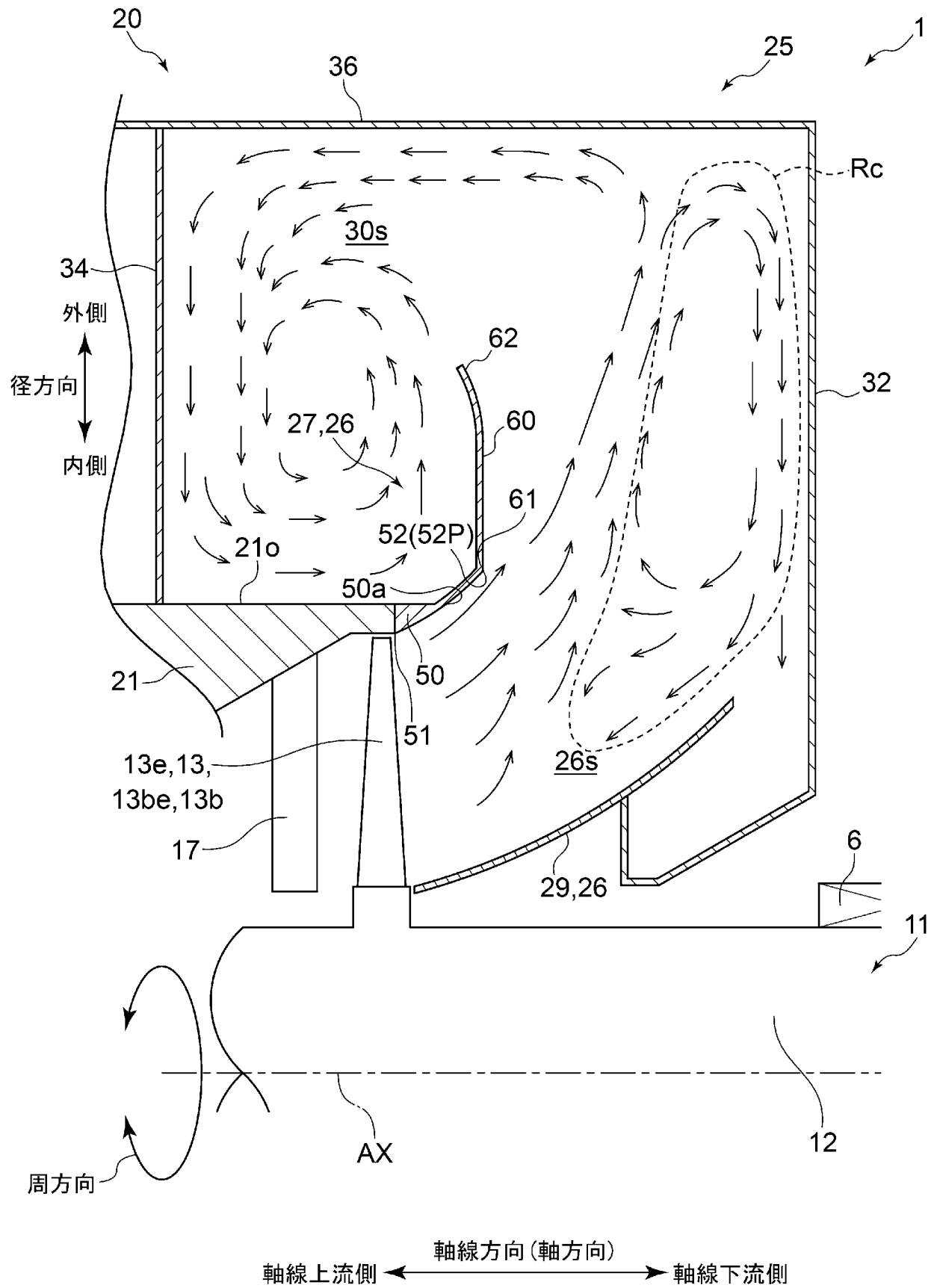
[図4]



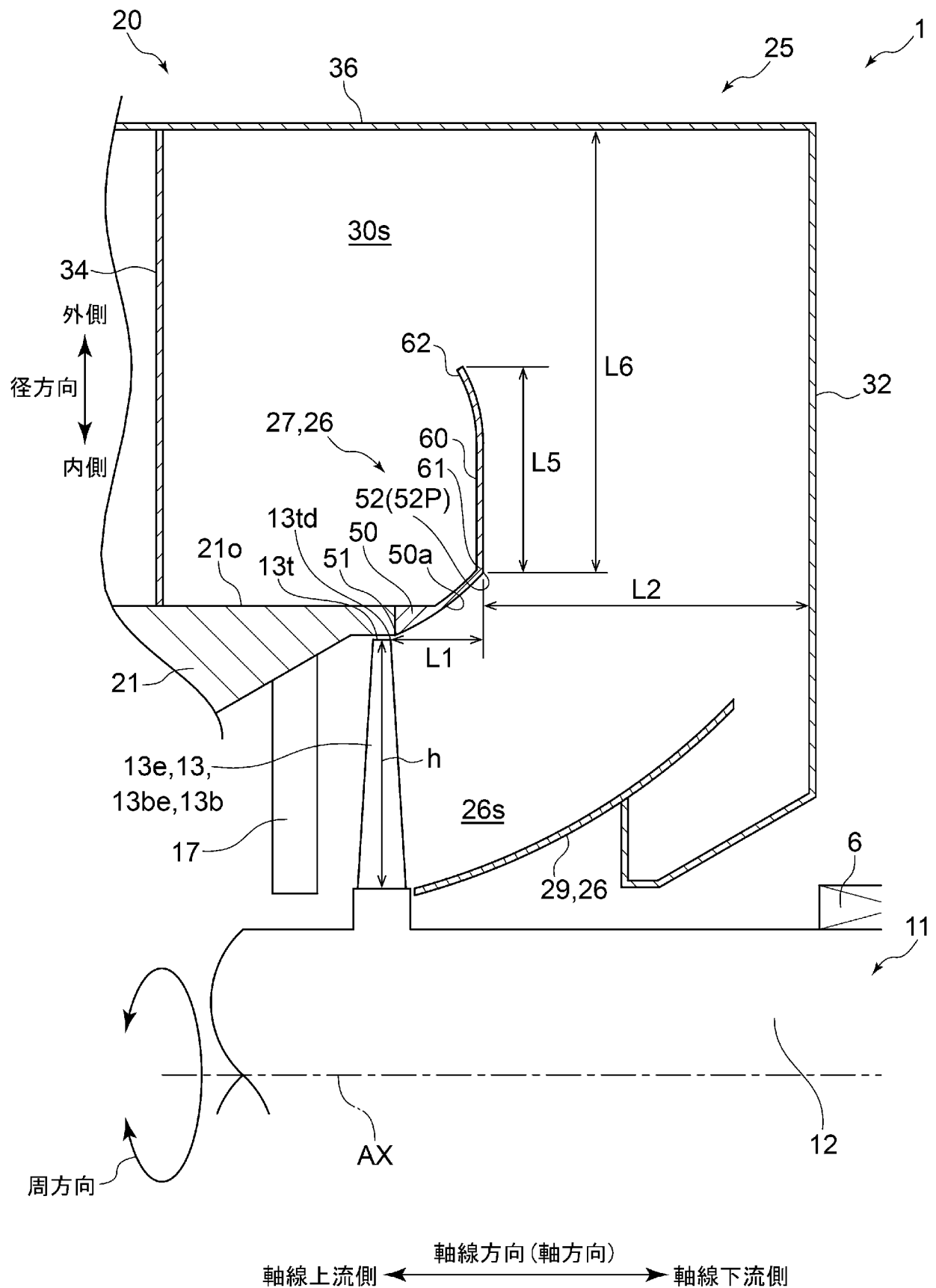
[図5]



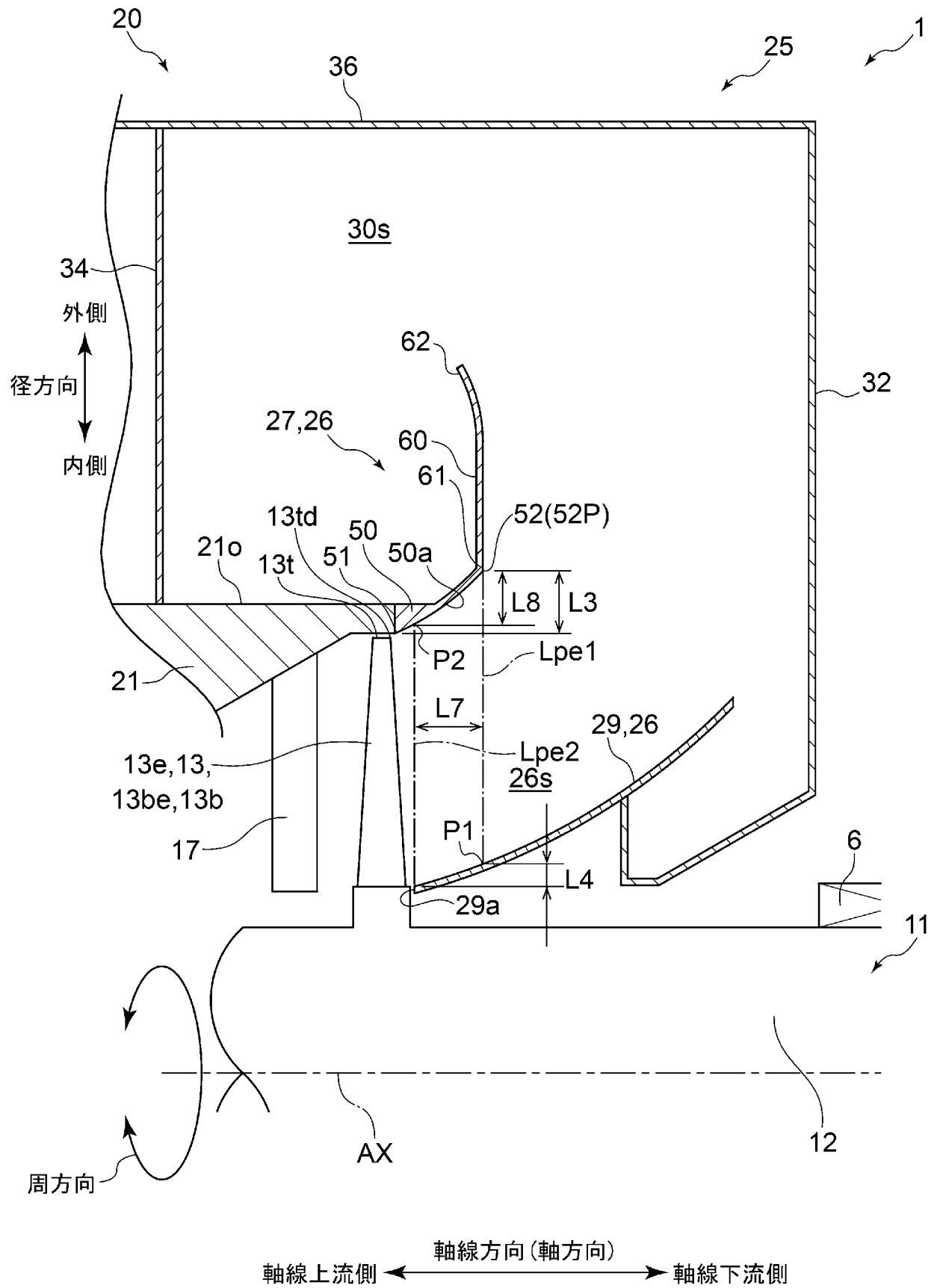
[図6]



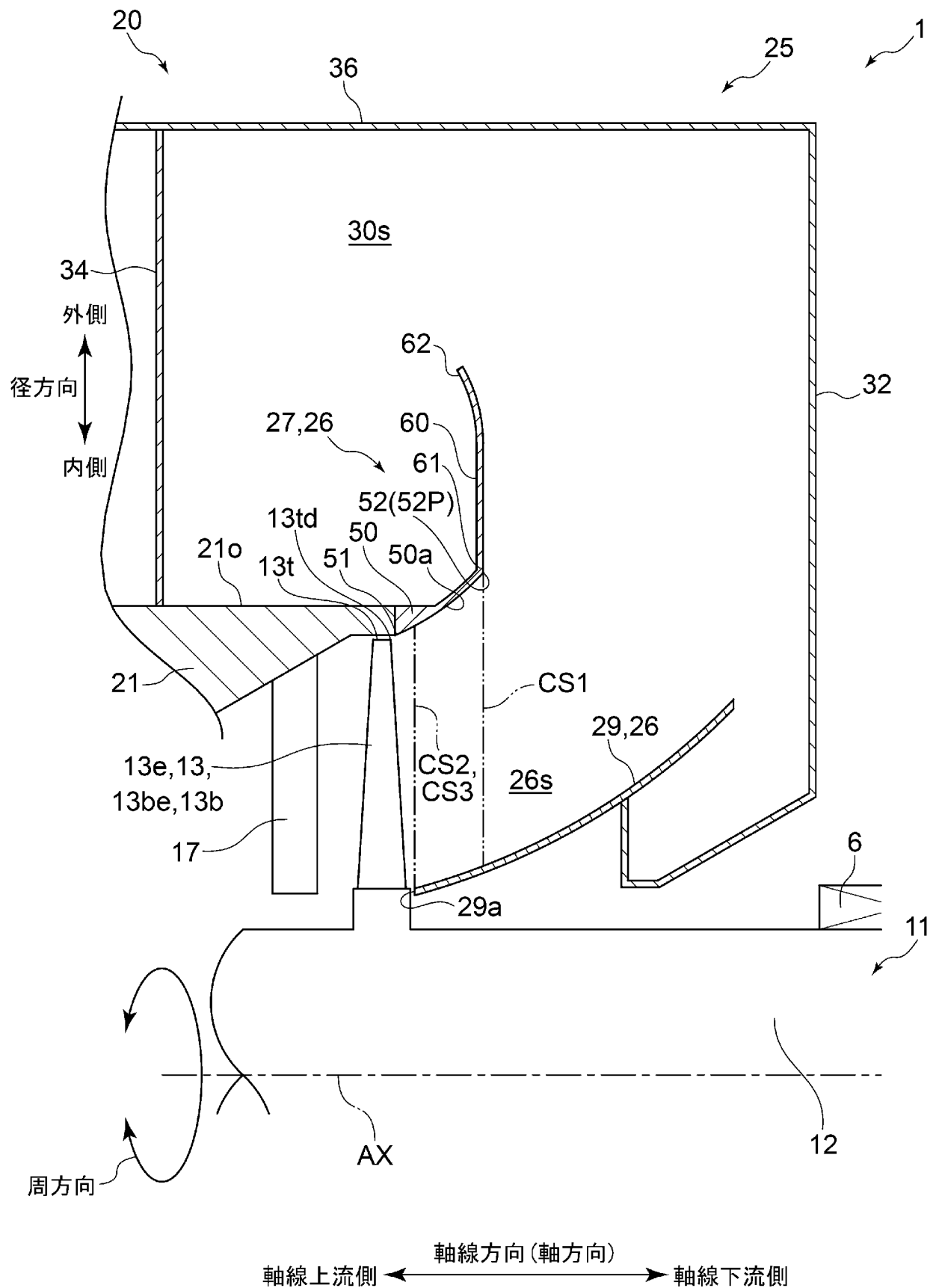
[図7]



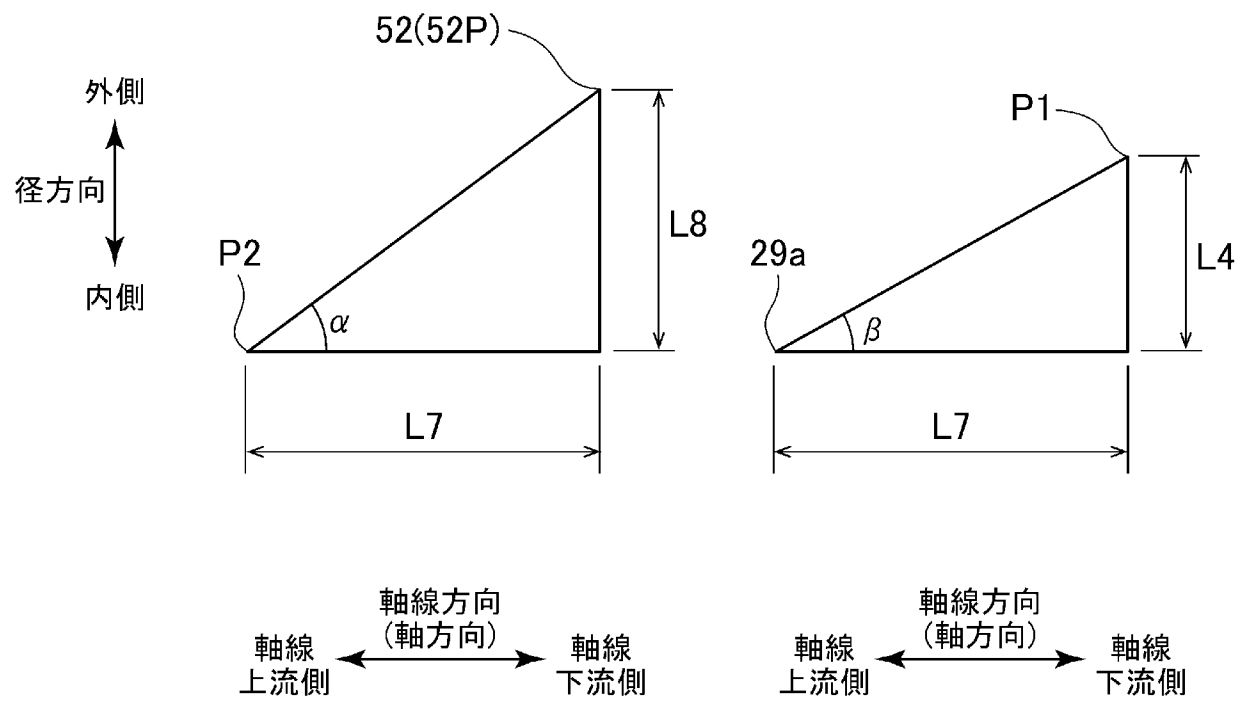
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/009696

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F01D 25/30 (2006.01)i FI: F01D25/30 B; F01D25/30 A 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) F01D25/30 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 2015-194085 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 05 November 2015 (2015-11-05) paragraphs [0045]-[0052], fig. 3	1-11
A	JP 2020-186709 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 19 November 2020 (2020-11-19) paragraphs [0036]-[0037], fig. 1-2	1-11
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 18 April 2024		Date of mailing of the international search report 07 May 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/009696

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2015-194085	A	05 November 2015	(Family: none)	
JP	2020-186709	A	19 November 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

F01D 25/30(2006.01)i

FI: F01D25/30 B; F01D25/30 A

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））

F01D25/30

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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
A	JP 2015-194085 A（株式会社東芝）05.11.2015（2015 - 11 - 05） [0045]-[0052], 図3	1-11
A	JP 2020-186709 A（三菱重工業株式会社）19.11.2020（2020 - 11 - 19） [0036]-[0037], 図1-2	1-11

☐ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 04. 2024

国際調査報告の発送日

07. 05. 2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

小林 勝広 3G 9061

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/009696

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-194085	A	05.11.2015	(ファミリーなし)	
JP	2020-186709	A	19.11.2020	(ファミリーなし)	