

(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
2018年8月30日(30.08.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/155652 A1

(51) 国際特許分類:

F01D 11/08 (2006.01) *F01D 25/00* (2006.01)
F01D 5/20 (2006.01) *F02C 7/28* (2006.01)
F01D 9/04 (2006.01) *F16J 15/447* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/006802

(22) 国際出願日: 2018年2月23日(23.02.2018)

(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 2017-032371 2017年2月23日(23.02.2017) JP

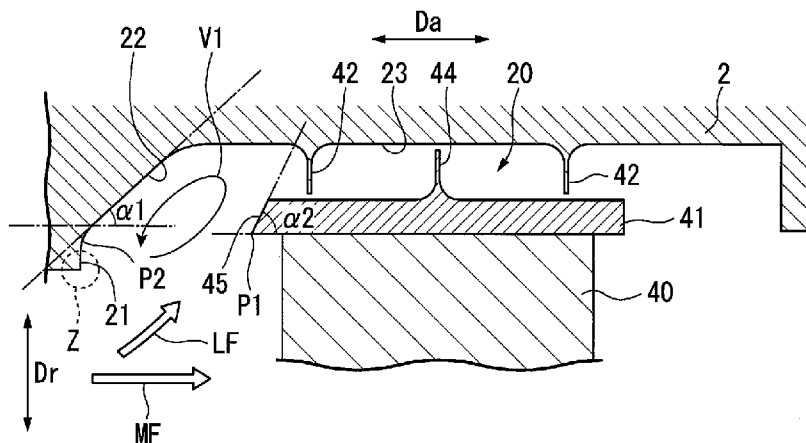
(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目
1 6 番 5 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 小西 英治 (KONISHI Eiji); 〒1088215
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱
重工業株式会社内 Tokyo (JP). 桑村 祥弘
(KUWAMURA Yoshihiro); 〒1088215 東京都港
区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式
会社内 Tokyo (JP). 松本 和幸 (MATSUMOTO
Kazuyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1
6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 深
尾 伸次 (FUKAO Shinji); 〒1088215 東京都港区
港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
Tokyo (JP). 梶下 秀昭 (SUGISHITA Hideaki);
〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号
三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外 (MATSUNUMA Yasushi
et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一
丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).

(54) Title: AXIAL FLOW ROTARY MACHINE

(54) 発明の名称: 軸流回転機械



(57) **Abstract:** In an axial flow rotary machine according to the present invention, a structure comprises a casing-side fin (42). An upstream-side inclined surface (45) that is inclined from the upstream side toward the downstream side is provided to a blade. An upstream-side inclined inner wall surface (22) that is inclined from the upstream side toward the downstream side is provided to the structure. The angle of inclination of the upstream-side inclined surface (45) with respect to the central axis of relative rotation of the blade and the structure is larger than the angle of inclination of the upstream-side inclined inner wall surface (22) with respect to the central axis. The position of the end section of the upstream-side inclined surface (45) on the radially inward side is positioned radially outward from the position of the end section of the upstream-side inclined inner wall surface (22) on the radially inward side.



(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, JO, 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), 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 本発明に係る軸流回転機械において、構造体は、ケーシング側フィン(42)を有し、ブレードには、上流側から下流側に向うように傾斜する上流側傾斜面(45)が設けられ、構造体には、上流側から下流側に向うように傾斜する上流側傾斜内壁面(22)が設けられており、ブレードと構造体との相対回転の中心軸に対する上流側傾斜面(45)の傾斜角度は、中心軸に対する上流側傾斜内壁面(22)の傾斜角度よりも大きく、上流側傾斜面(45)の径方向内側の端部位置は、上流側傾斜内壁面(22)の径方向内側の端部位置よりも径方向外側に位置している。

明 細 書

発明の名称： 軸流回転機械

技術分野

[0001] 本発明は、軸流回転機械に関する。

本願は、2017年2月23日に日本に出願された特願2017-032371号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、軸流回転機械である蒸気タービンの一種として、ケーシングと、ケーシングに対して回転自在に設けられた回転軸と、ケーシングの内周部に固定された静翼と、この静翼の下流側において回転軸に放射状に設けられた動翼とを複数段備えたものが知られている。

[0003] この蒸気タービンは、作動方式の違いによって、衝動タービンと反動タービンとに大別される。衝動タービンでは静翼がノズル形状を有し、この静翼を通過した蒸気が動翼に噴射され、蒸気から受ける衝撃力だけによって動翼が回転する。一方、反動タービンでは静翼の形状は動翼と同様であって、この静翼を通過した蒸気から受ける衝撃力と、動翼を通過する際に生じる蒸気の膨張に対する反動力とによって動翼が回転する。

[0004] ところで、このような蒸気タービンでは、動翼の先端部とケーシングとの間に、径方向に所定幅の隙間が形成されており、また静翼の先端部と回転軸との間にも、径方向に所定幅の隙間が形成されている。そして、回転軸の回転軸線に沿って流れる蒸気の一部が、これら動翼や静翼の先端部の隙間を通過して下流側へリークする。

[0005] ここで、動翼とケーシングとの間の隙間から下流側へリークする蒸気は、動翼に対して衝撃力も反動力も付与しないので動翼を回転させる駆動力にはならない。また静翼と軸体との間の隙間から下流側へリークする蒸気も、静翼を越えてもその速度が変化せず、また膨張も生じないため下流側の動翼を回転させるための駆動力とはならない。従って、蒸気タービンの性能向上の

ためには動翼や静翼の先端部の隙間における蒸気のリーク量を低減させることが重要である。

[0006] そこで、動翼や静翼の先端部の隙間から蒸気がリークすることを防止する手段としてシールフィンが用いられている。ここでシールフィンの一例が特許文献1に開示されている。特許文献1のシールフィンはケーシングから動翼のシュラウドに向かって延びるように設けられており、さらに、動翼のシュラウドはステップ形状となっている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2012-72689号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで特許文献1では、シールフィンとシュラウドのステップとの間のキャビティの入口部では、主流から分岐してリーク流れが主流の流れと直交する方向に流入する。即ち、主流からリーク流れが全く異なる方向に分岐し、リーク流れが分岐する際の損失が発生する可能性がある。

[0009] そこで本発明は、リーク流れの分岐による損失を抑制し、高性能な軸流回転機械を提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の第一の態様に係る軸流回転機械は、流体の主流が流れる流路に配置され、先端部にシュラウドを有するブレードと、該ブレードの先端側に隙間を介して設けられ、前記ブレードに対して相対回転する構造体と、を備え、前記構造体は、前記シュラウドに向かって突出して前記シュラウドとの間に微小隙間を形成する縮流部材を有し、前記ブレードには、前記シュラウドにおける上流側を向く端面に径方向外側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する上流側傾斜面が設けられ、前記構造体には、前記シュラウドの上流側に配置されて、該シュラウドに前記主流が流れる方向に対向

する位置に径方向外側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する上流側傾斜内壁面が設けられている。

[0011] このような軸流回転機械によれば、構造体とブレードとの間のキャビティの入口で、シュラウドに上流側傾斜面が設けられ、構造体に上流側傾斜内壁面が設けられている。このため、主流から分岐してキャビティに流入しようとするリーク流れは径方向に真っ直ぐではなく、これら上流側傾斜面及び上流側傾斜内壁面に沿って下流側に向って斜めに流れ込む。従って、主流からリーク流れが分岐する際のリーク流れが全く異なる方向に分岐することがなくなる。さらに上流側傾斜面及び上流側傾斜内壁面によってキャビティ内に角部が形成されることを回避できるため死水域の発生を抑えることができる。この結果、流体の剥離を抑えて損失を低減することができる。

さらに上流側傾斜面に沿って流れる流体が縮流部材に接触し、上流側に向って押戻されるように流れ、その結果、キャビティ内で縮流部材の上流側には渦が形成される。そしてこの渦は、上流側傾斜面及び上流側傾斜内壁面に沿って斜めに延びるように形成されるため、主流から分岐するリーク流れの流れ方向に沿って渦が形成されることになる。よってこの渦の周りに細かな渦が形成されてしまうことを抑制でき、回転機械に振動が生じることを抑制できる。

[0012] また、本発明の第二の態様に係る軸流回転機械では、上記第一の態様において、前記ブレードと前記構造体との相対回転の中心軸に対する前記上流側傾斜面の傾斜角度は、前記中心軸に対する前記上流側傾斜内壁面の傾斜角度よりも大きくともよい。

[0013] このように傾斜角度を設定することで、シュラウドの上流側傾斜面に沿って流れる流体の剥離をできるだけ促進し、剥離させた流体を縮流部材の根元に案内して接触させることができる。この結果、縮流部材の先端部の微小隙間にリーク流れがそのまま流れ込んでしまうことがなく、リーク流れの流量低減が可能である。

[0014] また、本発明の第三の態様に係る軸流回転機械では、上記第一又は第二の

態様において、前記上流側傾斜面の径方向内側の端部位置は、前記上流側傾斜内壁面の径方向内側の端部位置よりも径方向外側に位置していてもよい。

[0015] このように上流側傾斜面及び上流側傾斜内壁面を形成することで、構造体とブレードとの間のキャビティの入口部で縮流部材の上流側に形成される渦を、主流から分岐するリーク流れの流れ方向に沿って大きく形成でき、この渦の周りに細かな渦が形成されてしまうことを抑制でき、回転機械に振動が生じることを抑制できる。

[0016] また、本発明の第四の態様に係る軸流回転機械では、上記第一から第三のいずれかの態様において、前記上流側傾斜面は、下流側に向って凹状をなす湾曲凹面を有していてもよい。

[0017] 上流側傾斜面に湾曲凹面を形成することで、構造体とブレードとの間のキャビティの入口部に形成される渦の形状に上流側傾斜面を沿わせることができる。従って渦と上流側傾斜面との間の摩擦損失を低減することができる。

[0018] また、本発明の第五の態様に係る軸流回転機械では、上記第一から第四のいずれかの態様において、前記ブレードには、前記シュラウドにおける下流側を向く端面に径方向内側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する下流側傾斜面が設けられ、前記構造体には、前記シュラウドの下流側に配置されて、該シュラウドに前記主流が流れる方向に対向する位置に径方向内側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する下流側傾斜内壁面が設けられていてもよい。

[0019] このように、構造体とブレードとの間のキャビティの出口部で、シュラウドに下流側傾斜面が設けられ、構造体に下流側傾斜内壁面が設けられている。このため、リーク流れが主流に合流しようとする際、径方向に真っ直ぐではなくこれら下流側傾斜面及び下流側傾斜内壁面に沿って下流側に向って斜めに主流に流れ込む。従って、リーク流れが主流へ合流する際、その流れ方向をできるだけ近づけることができる。さらに下流側傾斜面及び下流側傾斜内壁面によってキャビティ内に角部が形成されることを回避できるため、死水域の発生を抑えることができる。この結果、流体の剥離を抑えて損失を低

減することができる。

[0020] また、本発明の第六の態様に係る軸流回転機械では、上記第五の態様において、前記下流側傾斜面の径方向外側の端部位置は、前記下流側傾斜内壁面の径方向内側の端部位置よりも径方向外側に位置していてもよい。

[0021] このように下流側傾斜面及び下流側傾斜内壁面を形成することで、構造体とブレードとの間のキャビティの出口部で縮流部材の下流側に形成される渦が、主流へ合流するリーク流れの流れ方向に沿って渦を大きく形成でき、この渦の周りに細かな渦が形成されてしまうことを抑制でき、回転機械に振動が生じることを抑制できる。

[0022] また、本発明の第七の態様に係る軸流回転機械では、上記第五又は第六の態様において、前記下流側傾斜面は、下流側に向って凸状をなすと湾曲凸面を有していてもよい。

[0023] このような湾曲凸面によって、シュラウドの表面に沿って流れるリーク流れが、構造体とブレードとの間のキャビティの出口部でシュラウドの表面から剥離し、下流側に向って真っすぐに流れることなく、ある程度までは湾曲凸面から剥離することなく径方向に斜めに向かって流れた後に、主流に合流させることができる。従って、湾曲凸面の形状を適宜設計することで、下流側の隣接したブレードに直接リーク流れを流入させてしまうことを回避しつつ、主流の流れ方向に沿うようにリーク流れを主流に合流させることができる。よって主流へのリーク流れの混合損失を低減することが可能となる。

[0024] また、本発明の第八の態様に係る軸流回転機械では、上記第七の態様において、前記湾曲凸面はR面であり、該R面の曲率半径は、前記シュラウドにおける下流側を向く端面の径方向の寸法の $1/2$ よりも小さくともよい。

[0025] このようにR面の曲率半径を設定することで、リーク流れが下流側に向って真っすぐに流れることなく、ある程度までは湾曲凸面から剥離することなく径方向に斜めに向かって流れ、主流に合流させることができる。従って、下流側にブレードに直接リーク流れを流入させてしまうことを回避しつつ、主流の流れ方向に沿うようにリーク流れを主流に合流させ、主流へのリーク

流れの混合損失を低減することが可能となる。

発明の効果

[0026] 上記の軸流回転機械によれば、構造体とブレードとの間のキャビティの入口部での上流側傾斜面及び上流側傾斜内壁面によって、主流からのリーク流れの分岐による損失を抑制し、高性能化が可能となる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の第一実施形態の蒸気タービンの概略構成断面図である。

[図2]本発明の第一実施形態に係る蒸気タービンの要部を示す図であって、図1のX部を示す。

[図3]本発明の第二実施形態に係る蒸気タービンの要部を示す図であって、図1のX部に相当する位置を示す。

[図4]本発明の第三実施形態に係る蒸気タービンの要部を示す図であって、図1のX部に相当する位置を示す。

[図5]本発明の実施形態の変形例に係る蒸気タービンの要部を示す図であって、図1のX部に相当する位置を示す。

発明を実施するための形態

[0028] [第一実施形態]

以下、本発明の第一実施形態の蒸気タービン（軸流回転機械）100について説明する。

図1に示すように、本実施形態に係る蒸気タービン100は、回転軸（構造体）1と、ケーシング（構造体）2と、複数の動翼（ブレード）4を有する動翼段3と、複数の静翼（ブレード）7を有する静翼段6と、を備えている。

[0029] 回転軸1は、中心軸Acに沿って延びる円柱状をなしている。回転軸1は、中心軸Acに沿った中心軸方向Daの両端部が、軸受装置5によって中心軸Ac回りに回転自在に支持されている。軸受装置5は、回転軸1の中心軸方向Da両側に1つずつ設けられたジャーナル軸受5Aと、中心軸方向Daの第一側のみに設けられたスラスト軸受5Bと、を有している。ジャーナル

軸受 5 A は、回転軸 1 による径方向 D_r への荷重を支持する。スラスト軸受 5 B は、回転軸 1 による中心軸方向 D_a への荷重を支持する。

[0030] ケーシング 2 は、中心軸方向 D_a に延びる筒状をなしている。ケーシング 2 は、回転軸 1 を外周側から覆っており、回転軸 1 に対して相対回転する。

ケーシング 2 は、吸気口 10 と、排気口 11 と、を備えている。吸気口 10 は、ケーシング 2 の中心軸方向 D_a の第一側に形成され、外部からケーシング 2 内に蒸気（作動流体）を取り入れる。排気口 11 は、ケーシング 2 の中心軸方向 D_a の第二側に形成され、ケーシング 2 内部を通過した蒸気を外部に排気する。

以降の説明では、排気口 11 から見て吸気口 10 が位置する側を上流側と呼び、吸気口 10 から見て排気口 11 が位置する側を下流側と呼ぶ。

[0031] 動翼段 3 は、回転軸 1 の外周面 1 S に、中心軸方向 D_a の第一側から第二側に向かって間隔をあけて、複数段が設けられている。各動翼段 3 は、回転軸 1 の外周面 1 S 上で、中心軸 A_c 回りの周方向に間隔をあけて配列された複数の動翼 4 を有している。

[0032] 図 2 に示すように、動翼 4 は、回転軸 1 の外周面 1 S に設けられたプラットフォーム 43 と、動翼本体 40 と、動翼シュラウド 41 と、を有している。

[0033] 詳しくは図示しないが、動翼本体 40 は、プラットフォーム 43 から径方向外側に向かって延びるよう形成されている。動翼本体 40 は、径方向 D_r から見て翼型の断面を有している。

動翼シュラウド 41 は、動翼本体 40 の径方向外側の端部に設けられている。動翼シュラウド 41 は、中心軸方向 D_a における寸法が、同中心軸方向 D_a における動翼本体 40 の寸法よりも大きく設定されている。

[0034] ケーシング 2 の内周側であって、動翼シュラウド 41 と径方向 D_r で対向する領域には、動翼シュラウド 41 を収容するための動翼収容凹部 20 が形成されている。動翼収容凹部 20 は、ケーシング 2 の内周面 2 S から径方向 D_r 外側に向かって窪み、中心軸 A_c 回りの周方向に連続する溝状をなして

いる。

[0035] 動翼收容凹部20の底面23（径方向Drの内側を向く面）には、ケーシング2から動翼シュラウド41に向かって突出するケーシング側フィン（縮流部材）42が、本実施形態では2つ、中心軸方向Daに離れて並んで設けられている。これらケーシング側フィン42は、ケーシング2から径方向Drの内側に向かって延びる薄板状をなしている。ケーシング側フィン42の先端部と、動翼シュラウド41との間には、径方向Drにクリアランス（微小隙間）が形成されている。なおケーシング側フィン42の形状は薄板状に限定されず、例えばブロック状であってもよい。

[0036] また、動翼收容凹部20には、動翼シュラウド41の中心軸方向Daの中央部からケーシング2に向かって突出するシュラウド側フィン44が本実施形態では1つ、中心軸方向Daの上流側と下流側からケーシング側フィン42に挟まれるようにして設けられている。シュラウド側フィン44は、動翼シュラウド41から径方向Drの外側に向かって延びる薄板状をなしている。シュラウド側フィン44の先端部と、ケーシング2との間には、径方向Drにクリアランス（微小隙間）が形成されている。

[0037] 図1に示すように、静翼段6は、ケーシング2の内周面に、中心軸方向Daに沿って間隔をあけて、複数段が設けられている。各静翼段6は、各動翼段3の上流側に配置されている。各静翼段6は、中心軸Ac回りの周方向に間隔をあけて配列された複数の静翼7を有している。

[0038] 静翼7は、静翼本体70と、静翼シュラウド71と、を備えている。

静翼本体70は、ケーシング2の内周面2Sから径方向Drの内側に向かって延びるよう設けられている。静翼本体70は、径方向Drから見て翼型の断面を有している。

静翼シュラウド71は、静翼本体70の径方向Drの内側の端部に取り付けられている。

[0039] 回転軸1の径方向Dr外側を向く外周面1S上において、各動翼段3の上流側には、回転軸1の外周面1Sから径方向Dr内側に向かって窪み、中心

軸A c 回りの周方向に連続する溝状の静翼收容凹部 8 が形成されている。各静翼 7 の静翼シュラウド 7 1 は、静翼收容凹部 8 内に收容されている。

[0040] 次に図 2 を参照して、動翼收容凹部 2 0 及び動翼シュラウド 4 1 について詳細に説明する。

動翼收容凹部 2 0 は、動翼シュラウド 4 1 とケーシング 2 との間に形成されたいわゆるキャビティである。このキャビティには、回転軸 1 の周りを中心軸方向 D a に流通する蒸気の主流 M F から径方向に分岐したリーク流れ L F が流入する。動翼收容凹部 2 0 における下流側を向く面と、動翼シュラウド 4 1 の上流側を向く端面とは径方向に離れて隙間をあけて配置されており、即ち、動翼收容凹部 2 0 の下流側を向く面は、動翼シュラウド 4 1 の上流側を向く端面の上流側に、動翼シュラウド 4 1 と対向するように配置されている。そしてこの隙間がキャビティの入口部となっている。

[0041] そして、ケーシング 2 の内面である動翼收容凹部 2 0 は、下流側を向く面として、径方向 D r の内側に中心軸 A c に直交して径方向 D r に延びる平面 2 1 と、平面 2 1 の径方向 D r の外側に連続して径方向 D r の外側に向かうに従って下流側に向うように傾斜する上流側傾斜内壁面 2 2 とを有している。上流側傾斜内壁面 2 2 と平面 2 1 との接続部分は角がなく円弧状に滑らかに接続されている。また動翼收容凹部 2 0 の上記底面 2 3 と上流側傾斜内壁面 2 2 との接続部分にも角がなく、円弧状に滑らかに接続されている。

ここで上流側傾斜内壁面 2 2 は、動翼收容凹部 2 0 に別部材を取り付けて形成してもよいし、動翼收容凹部 2 0 の表面を傾斜面状に形成することで設けてもよい。

[0042] 動翼シュラウド 4 1 の上流側を向く端面は、径方向 D r の外側に向かうに従って下流側に向うように傾斜する平面状の上流側傾斜面 4 5 となっている。

[0043] 本実施形態では、中心軸 A c に対する上流側傾斜内壁面 2 2 の傾斜角度 α 1 よりも中心軸 A c に対する上流側傾斜面 4 5 の傾斜角度 α 2 の方が大きい。また、上流側傾斜面 4 5 の径方向 D r の内側の端部位置 P 1、即ち、動翼

シュラウド41の径方向Drの内側の端部位置P1は、上流側傾斜内壁面22の径方向内側の端部位置P2よりも径方向外側に位置している。

[0044] 以上説明したように、本実施形態の蒸気タービン100によれば、ケーシング2と動翼シュラウド41との間のキャビティの入口部で、動翼シュラウド41に上流側傾斜面45が設けられ、ケーシング2に上流側傾斜内壁面22が設けられている。このため、蒸気の主流MFから分岐してキャビティに流入しようとするリーク流れLFは径方向Drの外側に向かって真っ直ぐではなく、これら上流側傾斜面45及び上流側傾斜内壁面22に沿って下流側に向って斜めに流れ込む。

[0045] 従って、主流MFからリーク流れLFが分岐する際のリーク流れLFが主流MFから全く異なる方向に分岐することがなくなる。さらに上流側傾斜面45及び上流側傾斜内壁面22によって、動翼収容凹部20内に角部が形成されることを回避できるため、死水域の発生を抑えることができる。この結果、蒸気の剥離を抑えて損失を低減することができる。これにより、リーク流れLFの主流MFからの分岐による損失を抑制し、蒸気タービン100の高性能化を達成できる。

[0046] さらに上流側傾斜面45に沿って流れる蒸気がケーシング側フィン42に接触し、上流側に向って押戻されるように流れる。その結果、キャビティ内でケーシング側フィン42の上流側には渦V1（図2参照）が形成される。そしてこの渦V1は、上流側傾斜面45及び上流側傾斜内壁面22に沿って、径方向Drの外側に向かうに従って下流側に向って斜めに延びるように形成される。このため、主流MFから分岐するリーク流れLFの流れ方向に沿って渦V1が形成されることになる。よってこの渦V1の周りに細かな渦が形成されてしまうことを抑制でき、回転軸1に軸振動が生じること等を抑制できる。

[0047] また、本実施形態では、上流側傾斜内壁面22の傾斜角度： $\alpha 1$ < 上流側傾斜面45の傾斜角度： $\alpha 2$ となっている。このため動翼シュラウド41の上流側傾斜面45に沿って流れる蒸気の径方向成分を確保しつつ斜めに流通

させることで、上流側傾斜面 4 5 の径方向 D_r の外側の端部での蒸気の剥離を促進できる。

[0048] また剥離させた蒸気を最も上流側のケーシング側フィン 4 2 の根元に案内して接触させることができる。この結果、ケーシング側フィン 4 2 の先端部の微小隙間にリーク流れ L_F がそのまま流れ込んでしまうことがなく、ケーシング側フィン 4 2 によって上流側にリーク流れ L_F を押し返すことで、キャビティを通過してキャビティの下流側（出口部）から主流 M_F へ合流するリーク流れ L_F の流量を低減することができる。

[0049] また、本実施形態では、上流側傾斜面 4 5 の径方向内側の端部位置は、上流側傾斜内壁面 2 2 の径方向外側の端部位置よりも径方向外側に位置している。このためキャビティの入口部に形成される上記の渦 V_1 を、主流 M_F から分岐するリーク流れ L_F の流れ方向に沿って大きく形成できる。よってこの渦 V_1 の周りに細かな渦が形成されてしまうことを抑制でき、回転軸 1 に軸振動が生じることを抑制できる。

[0050] ここで仮に動翼收容凹部 2 0 の下流側を向く面に平面 2 1 が設けられず、動翼收容凹部 2 0 の下流側を向く面が上流側傾斜内壁面 2 2 のみからなる場合、渦 V_1 が径方向 D_r の内側まで延びてしまい（図 2 の Z 部参照）、前段側の静翼 7 まで渦 V_1 が発達して、静翼での主流 M_F に影響を及ぼす可能性がある。上流側傾斜内壁面 2 2 に接続された平面 2 1 が設けられていることで、このような現象の発生を抑制できる。しかしながら、必ずしも平面 2 1 は設けられていなくともよい。

[0051] 〔第二実施形態〕

次に、本発明の第二実施形態の蒸気タービン（軸流回転機械）200について説明する。以下に説明する第二実施形態においては、第一実施形態と上流側傾斜面 4 5 A が異なるのみであるため、第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複説明を省略する。

[0052] 図 3 に示すように、動翼シュラウド 4 1 の上流側を向く端面は、径方向 D_r の外側に向かうに従って下流側に向うように傾斜する上流側傾斜面 4 5 A

となっている。また、この上流側傾斜面 45A は、下流側に向って凹状をなす湾曲凹面である。この湾曲凹面の曲率は、渦 V1 の形状に沿うように決定するとよい。

[0053] 以上説明した本実施形態の蒸気タービン 200 によれば、上流側傾斜面 45A として湾曲凹面を形成することで、キャビティの入口に形成される渦 V1 の形状に上流側傾斜面を沿わせることができる。従って、渦 V1 と上流側傾斜面 45A との間の摩擦損失を低減することができ、リーク流れ LF の分岐による損失を抑制し、蒸気タービン 200 の高性能化を達成できる。

[0054] [第三実施形態]

次に、本発明の第三実施形態の蒸気タービン（軸流回転機械）300 について説明する。以下に説明する第三実施形態においては、第一実施形態と動翼收容凹部 20B と動翼シュラウド 41B の形状が異なるのみであるため、第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複説明を省略する。

[0055] 図 4 に示すように、動翼收容凹部 20B における上流側を向く面と、動翼シュラウド 41B の下流側を向く端面とは径方向に離れて隙間をあけて配置されており、即ち、動翼收容凹部 20B の下流側を向く面は、動翼シュラウド 41B の下流側を向く端面の下流側の位置で、動翼シュラウド 41B に対向するように配置されている。そしてこの隙間がキャビティの出口部となっている。キャビティの出口部では、最も下流側に配置されたケーシング側フィン 42 と動翼シュラウド 41B との間に形成された微小隙間を通過した蒸気であるリーク流れ LF が、主流 MF へ合流する。

[0056] そして、ケーシング 2 の内面である動翼收容凹部 20 は上流側を向く面として、径方向 Dr の内側に中心軸 Ac に直交して径方向 Dr に延びる平面 81 と、径方向 Dr の内側に向かうに従って下流側に向うように傾斜して平面 81 の径方向 Dr の外側に連続する下流側傾斜内壁面 82 とを有している。

[0057] 下流側傾斜内壁面 82 と平面 81 との接続部分は角がなく円弧状に滑らかに接続されている。また動翼收容凹部 20 の上記底面 23 と下流側傾斜内壁

面 8 2 との接続部分にも角がなく円弧状に滑らかに接続されている。

ここで、下流側傾斜内壁面 8 2 は、動翼収容凹部 2 0 B に別部材を取り付けて形成してもよいし、動翼収容凹部 2 0 の表面を傾斜面状に形成して設けてもよい。

[0058] 動翼シュラウド 4 1 B は、下流側を向く端面に、径方向 D r の外側に向かって従って下流側に向うように傾斜する曲面状の下流側傾斜面 8 5 と、下流側傾斜面 8 5 の径方向 D r の内側に連続して径方向 D r に延びる平面 8 6 とを有している。下流側傾斜面 8 5 は、R 面状に形成されている。

[0059] また本実施形態では、下流側傾斜面 8 5 の径方向外側の端部位置 P 3 は、下流側傾斜内壁面 8 2 の径方向内側の端部位置 P 4 よりも径方向外側に位置している。

また下流側傾斜内壁面 8 2 の径方向外側の端部位置 P 5 は、動翼シュラウド 4 1 B の下流側を向く端面よりも下流側に位置している。

[0060] また、下流側傾斜面 8 5 は、下流側に向って凸状をなす湾曲凸面 8 5 a と、湾曲凸面 8 5 a の径方向 D r の内側に連続して径方向 D r に延びる平面 8 5 b とを有する。湾曲凸面 8 5 a に代えて平面状の傾斜面を形成してもよい。

[0061] また本実施形態では湾曲凸面は R 面であり、R 面の曲率半径は動翼シュラウド 4 1 B における下流側を向く端面の径方向の寸法 H の $1/2$ よりも小さくともよい。

[0062] 以上説明した本実施形態の蒸気タービン 3 0 0 によれば、キャビティの出口で、動翼シュラウド 4 1 B に下流側傾斜面 8 5 が設けられ、ケーシング 2 に下流側傾斜内壁面 8 2 が設けられている。このため、リーク流れ L F が主流 M F に合流しようとする際、径方向に真っ直ぐではなく、リーク流れ L F は下流側傾斜面 8 5 及び下流側傾斜内壁面 8 2 に沿って下流側に向って径方向 D r の内側に向かって斜めに主流 M F に流れ込む。

[0063] 従って、リーク流れ L F が主流 M F へ合流する際、リーク流れ L F の流れ方向と主流 M F の流れ方向とをできるだけ近づけることができる。さらに下

流側傾斜面 85 及び下流側傾斜内壁面 82 によって動翼収容凹部 20 内に角部が形成されることを回避できるため、死水域の発生を抑えることができる。この結果、蒸気の剥離を抑えて損失を低減することができる。これにより、リーク流れ LF の主流 MF への合流による損失を抑制し、蒸気タービン 300 の高性能化を達成できる。この結果、リーク流れ LF の主流 MF への合流による損失を抑制し、蒸気タービン 300 の高性能化が可能となる。

[0064] さらに本実施形態では、最も下流側に配置されたケーシング側フィン 42 と動翼シュラウド 41 B との間の微小隙間を通過して噴流となったリーク流れ LF によって、キャビティの出口部でケーシング側フィン 42 の下流側に渦 V2 が形成される。この渦 V2 は、下流側傾斜面 85 及び下流側傾斜内壁面 82 に沿って、径方向 Dr の内側に向かうに従って下流側に向って斜めに延びるように形成される。

[0065] そして本実施形態では、下流側傾斜面 85 の径方向外側の端部位置は、下流側傾斜内壁面 82 の径方向内側の端部位置よりも径方向外側に位置している。このため、キャビティの出口部で、主流へ合流するリーク流れの流れ方向に沿って渦 V2 を大きく形成でき、この渦 V2 の周りに細かな渦が形成されてしまうことを抑制でき、回転軸 1 に軸振動が生じることを抑制できる。

[0066] また、キャビティの出口部で動翼シュラウド 41 B の表面から剥離する。この際、動翼シュラウド 41 B の表面に沿って流れるリーク流れ LF が、下流側に向って径方向に真っすぐに主流 MF に向かって流れることなく、ある程度までは湾曲凸面 85 a から剥離することなく径方向に斜めに向かって流れた後にリーク流れ LF を主流 MF に合流させることができる。

[0067] 従って、湾曲凸面 85 a の形状を適宜設計することで、特に湾曲凸面 85 a の曲率半径が寸法 H の $1/2$ よりも小さくなっている場合には、キャビティ出口部からリーク流れ LF を後段側に位置する静翼 7 に直接流入させてしまうことを回避しつつ、主流 MF の流れ方向に沿うようにリーク流れ LF を主流 MF に合流させることができる。よって主流 MF へのリーク流れ LF の混合損失を低減することが可能となる。

[0068] 以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、各実施形態における各構成及びそれらの組み合わせ等は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。また、本発明は実施形態によって限定されることはなく、特許請求の範囲によってのみ限定される。

[0069] 例えば動翼シュラウドの形状は上記の実施形態の場合に限定されない。即ち、図5に示すように、動翼シュラウド41Cは、下流側に向うに従って、径方向Drの外側を向く面の径方向Drの位置が段階的に変化するようなステップ形状をなしていてもよい。この場合、フィンは全てケーシング側フィン42となる。

[0070] また、上記の実施形態では、動翼収容凹部20へ上流側傾斜内壁面22（及び下流側傾斜内壁面82）を設け、動翼シュラウド41に上流側傾斜面45（45A）（及び下流側傾斜面85）を設けたが、これに限られない。即ち、静翼収容凹部8に上流側傾斜内壁面（及び下流側傾斜内壁面）を設け、静翼シュラウド71に上流側傾斜面（及び下流側傾斜面）を設けてもよい。

[0071] また、上記各実施形態およびその変形例では、軸流回転機械として蒸気タービンを適用した例に基づいて説明した。しかしながら、軸流回転機械の様子は蒸気タービンに限定されず、ガスタービンや航空機用のジェットエンジン等、他の装置を軸流回転機械として適用することが可能である。

[0072] また、各実施形態の構成は適宜組み合わせてもよい。

産業上の利用可能性

[0073] 上記の軸流回転機械によれば、構造体とブレードとの間のキャビティの入口部での上流側傾斜面及び上流側傾斜内壁面によって、主流からのリーク流れの分岐による損失を抑制し、高性能化が可能となる。

符号の説明

[0074] 1…回転軸（構造体）

1S…外周面

2…ケーシング（構造体）

2 S …内周面
3 …動翼段
4 …動翼(ブレード)
5 …軸受装置
5 A …ジャーナル軸受
5 B …スラスト軸受
6 …静翼段
7 …静翼(ブレード)
8 …静翼収容凹部
2 0、2 0 B …動翼収容凹部
2 1 …平面
2 2 …上流側傾斜内壁面
2 3 …底面
4 0 …動翼本体
4 1、4 1 B、4 1 C …動翼シュラウド
4 2 …ケーシング側フィン (縮流部材)
4 3 …プラットフォーム
4 4 …シュラウド側フィン
4 5、4 5 A …上流側傾斜面
7 0 …静翼本体
7 1 …静翼シュラウド
8 1 …平面
8 2 …下流側傾斜内壁面
8 5 …下流側傾斜面
8 5 a …湾曲凸面
8 5 b …平面
1 0 0、2 0 0、3 0 0 …蒸気タービン (軸流回転機械)
V 1、V 2 …渦

A c …中心軸

D a …中心軸方向

D r …径方向

M F …主流

L F …リーク流れ

請求の範囲

- [請求項1] 流体の主流が流れる流路に配置され、先端部にシュラウドを有するブレードと、該ブレードの先端側に隙間を介して設けられ、前記ブレードに対して相対回転する構造体と、を備え、
- 前記構造体は、前記シュラウドに向かって突出して前記シュラウドとの間に微小隙間を形成する縮流部材を有し、
- 前記ブレードには、前記シュラウドにおける上流側を向く端面に径方向外側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する上流側傾斜面が設けられ、
- 前記構造体には、前記シュラウドの上流側に配置されて、該シュラウドに前記主流が流れる方向に対向する位置に径方向外側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する上流側傾斜内壁面が設けられており、
- 前記ブレードと前記構造体との相対回転の中心軸に対する前記上流側傾斜面の傾斜角度は、前記中心軸に対する前記上流側傾斜内壁面の傾斜角度よりも大きく、
- 前記上流側傾斜面の径方向内側の端部位置は、前記上流側傾斜内壁面の径方向内側の端部位置よりも径方向外側に位置している
- 軸流回転機械。
- [請求項2] 前記上流側傾斜面は、下流側に向って凹状をなす湾曲凹面を有する請求項1に記載の軸流回転機械。
- [請求項3] 前記ブレードには、前記シュラウドにおける下流側を向く端面に径方向内側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する下流側傾斜面が設けられ、
- 前記構造体には、前記シュラウドの下流側に配置されて、該シュラウドに前記主流が流れる方向に対向する位置に径方向内側に向かうに従って上流側から下流側に向うように傾斜する下流側傾斜内壁面が設けられている

請求項 1 又は 2 に記載の軸流回転機械。

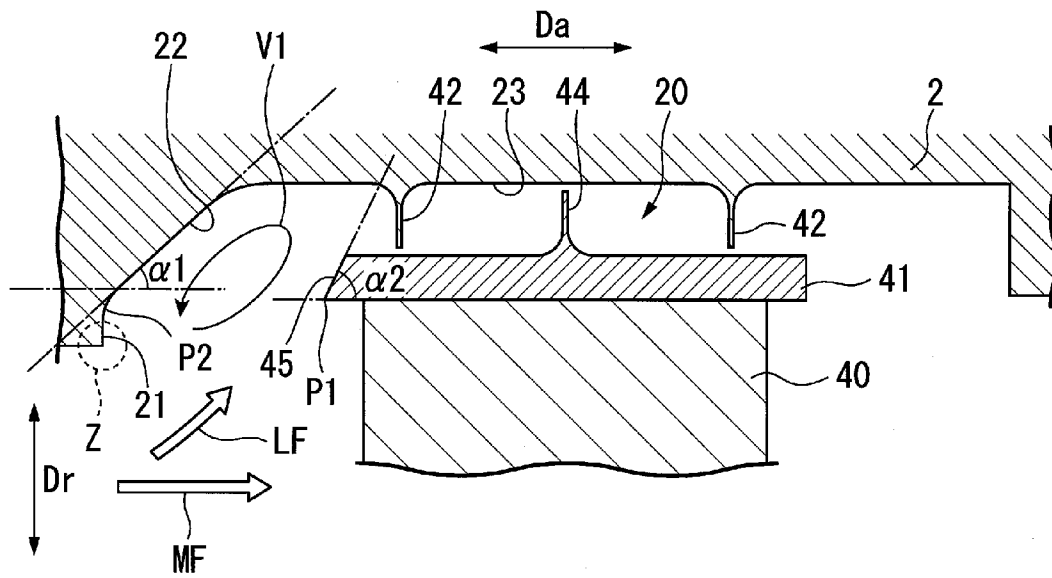
[請求項4] 前記下流側傾斜面の径方向外側の端部位置は、前記下流側傾斜内壁面の径方向内側の端部位置よりも径方向外側に位置している

請求項 3 に記載の軸流回転機械。

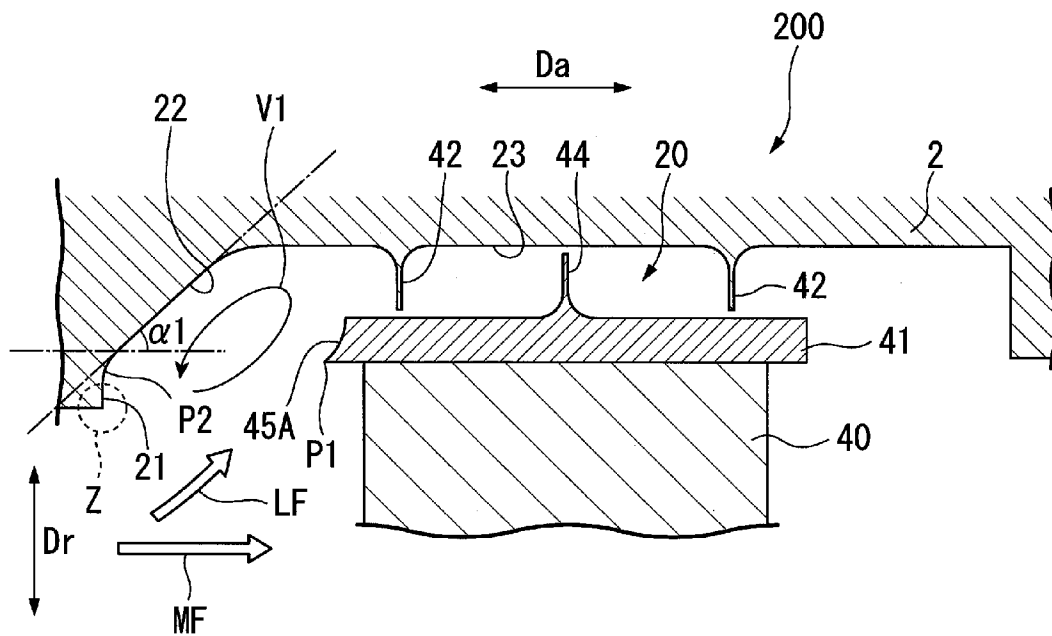
[請求項5] 前記下流側傾斜面は、下流側に向って凸状をなす湾曲凸面を有する
請求項 3 又は 4 に記載の軸流回転機械。

[請求項6] 前記湾曲凸面は R 面であり、該 R 面の曲率半径は、前記シュラウドにおける下流側を向く端面の径方向の寸法の $1/2$ よりも小さい
請求項 5 に記載の軸流回転機械。

[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/006802

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F01D11/08 (2006.01) i, F01D5/20 (2006.01) i, F01D9/04 (2006.01) i, F01D25/00 (2006.01) i, F02C7/28 (2006.01) i, F16J15/447 (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)

Int.Cl. F01D11/08, F01D5/20, F01D9/04, F01D25/00, F02C7/28, F16J15/447

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
X A	JP 63-097804 A (TOSHIBA CORPORATION) 28 April 1988, page 1, right column, line 9 to page 3, lower right column, line 3, fig. 1-11 (Family: none)	1 2-6
A	JP 2011-085138 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 28 April 2011, paragraphs [0017]-[0019], fig. 5 & US 2011/0085892 A1, paragraphs [0027]-[0029], fig. 5 & DE 102010037862 A1 & CH 702000 A2 & CN 102042043 A	1-6



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
09.04.2018

Date of mailing of the international search report
17.04.2018

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/JP2018/006802

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 2009-243287 A (TOSHIBA CORPORATION) 22 October 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-6
A	US 2011/0070074 A1 (SCHABOWSKI, Z.) 24 March 2011, entire text, all drawings & EP 2302174 A2 & DE 102009042857 A1	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F01D11/08(2006.01)i, F01D5/20(2006.01)i, F01D9/04(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i,
F02C7/28(2006.01)i, F16J15/447(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. F01D11/08, F01D5/20, F01D9/04, F01D25/00, F02C7/28, F16J15/447

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X A	JP 63-097804 A（株式会社東芝） 1988.04.28, 第1頁右欄第9行-第3頁右下欄第3行, 図1-図11 (ファミリーなし)	1 2-6
A	JP 2011-085138 A（ゼネラル・エレクトリック・カンパニー） 2011.04.28, 段落[0017]-[0019], 図5 & US 2011/0085892 A1, 段落[0027]-[0029], 図5 & DE 102010037862 A1 & CH 702000 A2 & CN 102042043 A	1-6

☑ 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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.04.2018

国際調査報告の発送日

17.04.2018

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）

高吉 続久

3 S

3932

電話番号 03-3581-1101 内線 3391

C (続き) . 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 2009-243287 A (株式会社東芝) 2009.10.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	US 2011/0070074 A1 (SCHABOWSKI, Zbigniew) 2011.03.24, 全文, 全図 & EP 2302174 A2 & DE 102009042857 A1	1-6