(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 9 月 11 日(11.09.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/133015 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 3/04 (2006.01) *H02K 1/12* (2006.01)
H02K 1/02 (2006.01) *H02K 55/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/080933

(22) 国際出願日: 2014 年 11 月 21 日(21.11.2014)

(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 2014-041997 2014 年 3 月 4 日(04.03.2014) JP

(71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目２番４号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 井上　憲一(INOUE, Kenichi). 井上　浩司(INOUE, Koji). 小川　徹也(OGAWA, Tetsuya).

(74) 代理人: 小谷　悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島２丁目２番２号大阪中之島ビル２階 Osaka (JP).

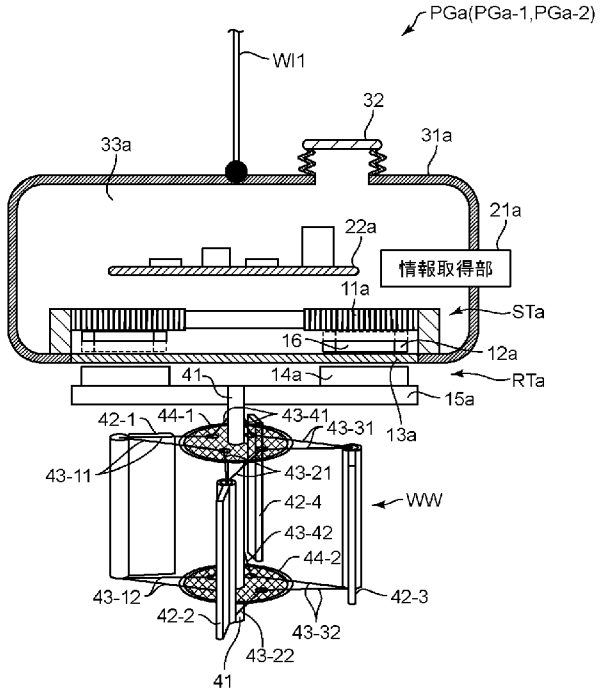
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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).

[続葉有]

(54) **Title**: AXIAL GAP TYPE POWER GENERATOR

(54) 発明の名称 : アキシャルギャップ型発電機



21a Information acquiring unit

(57) **Abstract**: An axial gap type power generator of the present invention is equipped with a coil consisting of a plurality of sub-coils each having a single pancake structure, the winding of each of which is started from the inner circumferential side and ended on the outer circumferential side. The sub-coils are disposed in a circumferential direction about the position of a rotational axis. Adjacent sub-coils are connected to each other in series such that the winding end of one of the sub-coils becomes the winding start of the other thereof. A coil section at the position of the winding end of the one of the sub-coils and another coil section at the position of the winding start of the other thereof are overlapped with each other in a coil axis direction.

(57) 要約: 本発明のアキシャルギャップ型発電機は、内周側から巻初めて外周側で巻き終わるシングルパンケーキ構造の複数のサブコイルを備えるコイルを備え、前記複数のサブコイルは、回転軸の位置を中心に周方向に配置され、互いに隣接するサブコイル同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられている。

WO 2015/133015 A1

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 ： アキシャルギャップ型発電機

技術分野

[0001] 本発明は、コイルを備える固定子と、磁石を備え、前記固定子から回転軸方向に間隔を空けて対向配置される回転子とを備えるアキシャルギャップ型発電機に関する。

背景技術

[0002] 近年、海底資源開発、漁業、自然災害および領土防衛等の目的で、例えば水温、水質、津波および船舶の侵入等を監視するための各種用途に適した海洋ブイ（センサ）のニーズが増加しつつある。従来、このような海洋ブイは、電池を備え、前記電池は、所定期間（例えば１年半）ごとに交換されていた。しかしながら、上記目的の活発化に応じて海洋に設置される海洋ブイの個数が増大すれば、前記電池交換等の保守作業は、非現実的になる。そのため、非常に低速（≦０．５ｍ／ｓ）であるが安定的に流れる潮流でも発電可能な自家発電機を備え、無保守の海洋ブイが望まれる。十年以上の無保守を実現するため、このような海洋ブイでは、機械機構を最小限に留め、電装系の密閉封入が必須となるが、一般の発電機で具現化することは、容易ではない。例えば、従前の発電機として、自動車のオルタネータ等に使用される、いわゆるランデル型の回転電機が特許文献１に開示されている。

[0003] この特許文献１に開示された回転電機は、ボス部、該ボス部と同軸に配設され、該ボス部の軸方向両端部から径方向外方に延在する第１および第２ヨーク部、および該第１および第２ヨーク部のそれぞれの外径部から交互に軸方向に延設され、噛み合って周方向に配列された複数の爪状磁極部を有するポールコアと、上記ボス部、上記第１および第２ヨーク部、および上記複数の爪状磁極部に囲まれた空間内に収納された界磁コイルと、を有する回転子と、上記回転子を囲繞するようにケースに保持された固定子と、を備えた回転電機において、嵌合方向を軸方向とする嵌合部が、上記第１および第２ヨ

ーク部の外径部に形成され、上記嵌合部に嵌合される被嵌合部が、上記爪状磁極部に形成され、上記爪状磁極部が、上記被嵌合部を上記嵌合部に嵌合させて上記第１および第２ヨーク部に保持されている。

[0004] このような構造の回転電機（発電機）を海洋ブイに適用する場合、海中に置いた潮流旋回翼の回転運動を、例えば大気環境のような管理された環境の筐体内に設置された発電機へ伝達するために、シール機構を必要とするが、十年以上に亘る長期間の耐久性を実現することは、困難である。たとえ、磁気継手等によって非接触で前記潮流旋回翼の回転を筐体内へ伝達できたとしても、前記非常に低速（≦０．５ｍ／ｓ）な潮流では、前記潮流旋回翼の回転は、低速となるため、発電機で必要な電力を生成するために、例えば増速ギヤを介する必要が生じ、その機械摩擦および耐久性の課題が別に生じ得る。

[0005] 一方、低速回転でも効率良く発電するために、磁力の強い永久磁石を複数持つ回転子を備えた、多極のラジアル型ＰＭモータを発電機として用いることが考えられる。しかしながら、このような発電機では、ラジアル型であるため、筐体の一部としての隔壁を、固定子と回転子との間に配置することは、幾何学的に困難である。また、固定子の磁極と磁石極との間の吸引力に伴うコギングトルクは、前記非常に低速な潮流によって低速で回転する潮流旋回翼を静止摩擦で容易に静止させてしまう。

[0006] そこで、固定子と回転子とを回転軸方向で対向させたアキシャルギャップ型発電機（例えば特許文献２参照）、あるいは、アキシャルギャップ型ブラシレスモータ（例えば特許文献３参照）を発電機として用いることが考えられる。

[0007] この特許文献２に開示されたアキシャルギャップ型発電機は、磁石を有するロータと、コイルを有するステータとを備えたアキシャルギャップ型発電機であって、前記磁石と前記コイルの間には、エアーギャップが設けられ、前記ロータは、前記ロータの回転に応じて、前記エアーギャップが変化するものである。また、前記特許文献３に開示されたアキシャルギャップ型ブラ

シレスモータは、コイルを備える固定子と、永久磁石を備え、前記固定子から軸方向に間隔を空けて配置される回転子とを備え、前記コイルは、帯状の線材であって、前記帯状の線材の幅方向が前記回転子の永久磁石によって形成される磁束の方向と略一致するように、渦巻き状に巻回されて成るものである。このような発電機では、アキシャルギャップ型であるため、固定子と回転子との間に、所定厚みの隔壁を容易に挟み込むことができ、耐久性に劣る電装部材である固定子を筐体内部に隔離することが可能となる。

[0008] しかしながら、上述の発電機では、複数のコイルにおける巻き始めおよび巻き終りの各リードの取り出しおよびそれらの直列接続は、回転子側から取り出すことはできず、固定子のヨークに巧妙に組み込む必要があるという課題が生じる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開２０１１－１２０４１９号公報

特許文献2：特開２００２－３２５４１２号公報

特許文献3：特開２０１２－５０３１２号公報

発明の概要

[0010] 本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、複数のコイルにおける巻き始めおよび巻き終りの各リードの取り出しおよびそれらの直列接続を必要としないアキシャルギャップ型発電機を提供することである。

[0011] 本発明にかかるアキシャルギャップ型発電機は、内周側から巻初めて外周側で巻き終わるシングルパンケーキ構造の複数のサブコイルを備えるコイルを備え、前記複数のサブコイルは、回転軸の位置を中心に周方向に配置され、互いに隣接するサブコイル同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられている。このため、本発明にかかるアキシャルギャップ型発電機は、複数のコイルにおける巻き

始めおよび巻き終りの各リードの取り出しおよびそれらの直列接続を必要としない。

[0012] 上記並びにその他の本発明の目的、特徴及び利点は、以下の詳細な記載と添付図面から明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]第１実施形態における海洋ブイの構成を示す斜視図である。

[図2]第１実施形態の海洋ブイにおける第１態様のアキシャルギャップ型発電機にかかる部分を示す一部断面図である。

[図3]第１実施形態の海洋ブイにおける第１態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す図である。

[図4]図３に示すアキシャルギャップ型発電機におけるコイルを説明するための図である。

[図5]図３に示すアキシャルギャップ型発電機における諸元を説明するための図である。

[図6]図３に示すアキシャルギャップ型発電機における永久磁石の磁気特性を示す図である。

[図7]各種永久磁石の磁気特性を示す図である。

[図8]第２実施形態における海洋ブイの構成を示す一部断面図である。

[図9]第２実施形態の海洋ブイにおける第２態様のアキシャルギャップ型発電機にかかる部分を示す一部断面図である。

[図10]第３態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す断面図である。

[図11]第４態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す断面図である。

[図12]第５態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。また、本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照

符号で示す。

[0015] （第１実施形態）

図１は、第１実施形態における海洋ブイの構成を示す斜視図である。図２は、第１実施形態の海洋ブイにおける第１態様のアキシャルギャップ型発電機にかかる部分を示す一部断面図である。図３は、第１実施形態の海洋ブイにおける第１態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す図である。図３Ａは、断面図を示し、図３Ｂは、コイルの上面図である。図３Ｂの一点鎖線は、図３Ａの断面線を示す。図４は、図３に示すアキシャルギャップ型発電機におけるコイルを説明するための図である。

[0016] 本実施形態におけるアキシャルギャップ型発電機は、コイルを備える固定子と、磁石を備え前記固定子から回転軸方向に間隔を空けて配置される回転子とを備え、前記コイルは、内周側から巻初めて外周側で巻き終わるようにコイル状に巻回された、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の導体部材と、前記コイル状に巻回された前記帯状の導体部材における各ターン間に配置される絶縁部材とを備えるシングルパンケーキ構造の複数のサブコイルを備え、前記複数のサブコイルは、回転軸を中心に周方向に配置され、互いに隣接するサブコイル同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられている。このようなアキシャルギャップ型発電機は、固定子に対し回転子を回転軸回りに回転させることによって発電でき、様々な用途に適用可能であるが、本実施形態では、海底資源開発、漁業、自然災害および領土防衛等の目的で、例えば水温、水質、津波および船舶の侵入等を監視するための各種用途に適した海洋ブイ（センサ）に適用されたアキシャルギャップ型発電機について、以下に説明する。

[0017] 図１において、第１実施形態における海洋ブイＳａは、浮きＦＬと、アキシャルギャップ型発電機（以下、「ＡＧ型発電機」と略記する。）ＰＧａと、旋回翼ＷＷと、尾翼ＣＡと、錘ＷＥとを備える。

[0018] 浮きＦＬは、浮力を生成する装置であり、例えば、金属材料で形成され、密閉された中空の円柱体である。浮きＦＬは、例えば金属材料で形成された第１ワイヤーＷＩ１によってＡＧ型発電機ＰＧａと連結されている。

[0019] ＡＧ型発電機ＰＧａは、コイル１２ａを備える固定子ＳＴａと、磁石１４ａを備え、固定子ＳＴａから回転軸方向に間隔を空けて配置される回転子ＲＴａとを備えるアキシャルギャップ型の発電機である。本実施形態の海洋ブイＳａには、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａが用いられ、この第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａについては、後に、詳述する。

[0020] 旋回翼WWは、流体の流れを受けて、回転軸４１に回転運動を生じさせる装置である。回転軸４１は、ＡＧ型発電機ＰＧａの回転子ＲＴａに連結され、旋回翼WWで生じた回転運動は、回転軸４１を介してＡＧ型発電機ＰＧａに伝達され、回転子ＲＴａを回転させる。この旋回翼WWは、本実施形態では、海洋ブイＳａに搭載されることから、海洋ブイＳａの使用中には海中に沈められて用いられる。このような旋回翼WWは、本実施形態では、例えば、図２に示すように、２個の第１および第２旋回翼WW－１、WW２を備えられている。これら第１および第２旋回翼WW－１、WW－２は、断面矩形形状の筒形状の第１支持体ＭＢ１の内部に、各回転軸４１の軸方向を揃えて並設されている。

[0021] これら第１および第２旋回翼WW－１、WW－２は、それぞれ、前記回転軸４１と、翼部材４２と、スポーク４３と、固定部材４４とを備えて構成されるが、互いに同形であるので、両者を区別することなく、以下に説明する。

[0022] 回転軸４１は、一方向に長尺な円柱形状の部材であり、上述したように、その一方端は、ＡＧ型発電機ＰＧａの回転子ＲＴａに連結されて固定されている。

[0023] 翼部材４２は、海水の流れ（潮流）を受けるための部材であり、例えば、平板形状の部材である。翼部材４２は、任意の枚数でよいが、図２に示す例では、４枚の第１ないし第４翼部材４２－１～４２－４を備える。

[0024] 固定部材４４は、スポーク４３を介して翼部材４２を回転軸４１に連結して固定するための部材であり、例えば、図２に示す例では、網状の円板である。固定部材４４は、本実施形態では、例えば、図２に示すように、スポーク４３を介して翼部材４２を両端部で支持するために、２個、１対の第１および第２固定部材４４－１、４４－２を備えている。これら１対の第１および第２固定部材４４－１、４４－２それぞれには、中央位置に回転軸４１を挿通するための貫通開口がそれぞれ形成されている。そして、第１固定部材４４－１は、前記貫通開口に回転軸４１が挿通されて固定され、第２固定部材４４－２は、前記貫通開口に回転軸４１が挿通され、第１固定部材４４－１から回転軸方向に翼部材４２における両端部間の長さに応じた間隔を空けて、固定されている。

[0025] スポーク４３は、翼部材４２と固定部材４４とを互いに連結するための部材であり、例えば、線材である。スポーク４３は、本実施形態では、例えば、図２に示すように、１枚の翼部材４２を両端で、４個、２対のスポーク４３で連結するために、４枚の第１ないし第４翼部材４２－１～４２－４に応じて、１６個、８対の第１１ないし第４２スポーク４３－１１～４３－４２を備える。

[0026] １対のスポーク４３は、一方端が連結されて略Ｖ字状に固定された２本の線材を備えて構成される。第１１および第１２スポーク４３－１１、４３－１２それぞれは、前記略Ｖ字状の各連結部分で、第１翼部材４２の軸方向両端部における前記軸方向に直交する各一方端部に、それぞれ角度調節可能に連結されて固定され、前記略Ｖ字状の各先端部分で、第１および第２固定部材４４－１、４４－２それぞれに連結されて固定されている。第２１および第２２スポーク４３－２１、４３－２２それぞれ、第３１および第３２スポーク４３－３１、４３－３２それぞれ、および、第４１および第４２スポーク４３－４１、４３－４２それぞれも、第１１および第１２スポーク４３－１１、４３－１２それぞれと同様に、第２ないし第４翼部材４２－２～４２－４と第１および第２固定部材４４－１、４４－２とに連結されて固定され

ている。これら第１ないし第４翼部材４２－１～４４－４は、このような１６個、８対の第１１ないし第４２スポーク４３－１１～４３－４２によって、周方向に等間隔（図２に示す例では３６０／４＝９０度間隔）で配設されている。また、これら第１ないし第４翼部材４２－１～４４－４は、第１１ないし第４２スポーク４３－１１～４３－４２における略Ｖ字状の各連結部分で角度調節可能に連結されているので、回転軸４１に対する角度を調節できる。この回転軸４１に対する前記角度は、回転軸４１、および、角度調節の際に翼部材４２の回転の軸となる回転軸で形成される平面と、平板形状の翼部材４２の平面と、のなす角度である。これによって本実施形態の旋回翼WWは、潮流の流速（例えば年平均速度等）に応じて適宜な角度に設定できる。

[0027] 尾翼ＣＡは、潮流の流れる方向に応じた方向に第１および第２旋回翼WW－１、WW－２を向けるための部材である。尾翼ＣＡは、例えば、図２に示すように、平板形状の部材であり、この尾翼ＣＡの一方端部は、一方向に長尺な角柱形状の第２支持部材ＭＢ２における他方端に寄った位置で、前記第２支持部材ＭＢ２に連結されて固定されている。そして、前記第２支持部材ＭＢ２の一方端は、互いに並設された第１および第２旋回翼WW－１、WW－２における並設方向の略中央位置で第１支持部材ＭＢ１の底面に連結されて固定されている。

[0028] 錘ＷＥは、第１および第２旋回翼WW－１、WW－２を沈めるための部材であり、例えば、所定の重さを持つ円柱体である。錘ＷＥの一方端は、例えば金属材料で形成された第２ワイヤーＷＩ２によって第１支持部材ＭＢ１と連結され、その他方端は、例えば金属材料で形成された第３ワイヤーＷＩ３によって例えばアンカー等の図略の固定具と連結されている。

[0029] このような海洋ブイＳａの各部材ＦＬ、ＷＩ１、ＭＢ１、WW、ＭＢ２、ＣＡ、ＷＩ２、ＷＥ、ＷＩ３は、耐腐食性の高い材料、例えば、ステンレス鋼、強化プラスチックおよび炭素繊維等で形成されることが好ましい。

[0030] 上述のＡＧ型発電機ＰＧａについて、以下に、より具体的に説明する。第

１実施形態における海洋ブイＳａに用いられる発電機は、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａであり、２個の第１および第２旋回翼ＷＷ－１、ＷＷ－２に対応して２個の第１および第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－１、ＰＧａ－２を備えている。第１旋回翼ＷＷ－１の回転軸４１は、第１ＡＧ型発電機ＰＧａ－１の回転子ＲＴａに連結されて固定され、第２旋回翼ＷＷ－２の回転軸４１は、第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－２の回転子ＲＴａに連結されて固定される。これら第１および第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－１、ＰＧａ－２は、それぞれ、筐体３１ａと、固定子ＳＴａと、回転子ＲＴａとを備えて構成されるが、互いに略同様であるので、一部の相違点を除き、両者を区別することなく、以下に説明する。

[0031] 筐体３１ａは、密閉可能な例えば略直方体形状の中空の箱体であり、固定子ＳＴａを内蔵している。筐体３１ａは、第１および第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－１、ＰＧａ－２ごとに設けられても良いが、本実施形態では、第１および第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－１、ＰＧａ－２に共通に設けられている。

[0032] 筐体３１ａは、図２に示す例では、情報取得部２１ａをその一部が外に臨むようにさらに内蔵し、そして、電装品２２ａもさらに内蔵している。情報取得部２１ａは、所定の情報を取得する装置であり、例えば、海中の様子を撮影するカメラ、例えば塩分濃度等の水質を検出する水質センサおよび水温を検出する水温センサ等である。情報取得部２１ａは、その駆動に電力を必要とする場合には、電装品２２ａを介してまたは直接的にＡＧ型発電機ＰＧａから給電される。電装品２２ａは、ＡＧ型発電機ＰＧａから給電され、情報取得部２１ａを制御し、情報取得部２１ａで取得された情報を記憶するとともに所定の間隔で前記情報を外部へ送信するための装置である。電装品２２ａは、ＡＧ型発電機ＰＧａから給電された交流電力を、必要に応じて、情報取得部２１ａに適した電力へ変換する。例えば、電装品２２ａは、交流電力を直流電力へ変換したり、電圧値を所定値に変換したりする。

[0033] 筐体３１ａの内部には、例えば、オイル等の非圧縮性液体３３ａが一杯に充填されており、筐体３１ａの適所に、筐体３１ａの内外の圧力差を無くす

ための例えば容積調整蛇腹等の調圧機構３２が配設されている。

[0034] そして、筐体３１ａは、その内部に配置された固定子ＳＴａが、旋回翼ＷＷの回転軸４１に連結されて筐体３１ａ外に配置された回転子ＲＴａと対向するように、第１支持部材ＭＢ１に連結されて固定されている。この前記固定子ＳＴａと前記回転子ＲＴａとの間に介在する筐体３１ａの部分（隔壁）１３ａは、非磁性かつ絶縁性を持つ第１材料、または、発電周波数に対応したスキンデプスが筐体３１ａの部分の厚さより１０倍以上大きい抵抗値を持つ第２材料で形成されている。このような隔壁１３ａの第１材料として、例えば、セラミック、ガラス、ガラス繊維および強化プラスチック等が望ましい。固定子ＳＴａのコイル１２ａは、後述するように複数のサブコイル１２ａを備えているが、前記発電周波数は、回転子ＲＴａの回転速度に、サブコイル１２ａの個数を乗じることによって求められた値である（（発電周波数）＝（回転子ＲＴａの回転速度）×（サブコイル１２ａの個数）。スキンデプス（表皮厚み）δは、隔壁１３ａの材料物性に依存して一般に、$\delta=(\rho/\pi f\mu)^{1/2}$で定義され（ただし、ｆ；発電周波数、μ；隔壁１３ａの透磁率、ρ；隔壁１３ａの電気伝導率）、周波数が十分に小さく、隔壁１３ａを十分に薄くしても強度が確保できるならば、隔壁１３ａの第２材料として、例えば、ステンレスやチタン等の金属を採用できる。

[0035] 固定子ＳＴａは、非回転部分であり、周方向に配置された複数のサブコイル１２１ａを備えるコイル１２ａを備える。

[0036] より具体的には、固定子ＳＴａは、例えば、図２および図３に示すように、固定子側ヨーク１１ａと、コイル１２ａと、コア１６とを備える。

[0037] 固定子側ヨーク１１ａは、コイル１２ａを支持する、磁性体から形成された円板形状の部材である。したがって、固定子側ヨーク１１ａは、固定子ＳＴａにおいて、回転子ＲＴａに臨む面とは反対面上に設けられている。

[0038] このような固定子側ヨーク１１ａは、例えば、絶縁皮膜を持つ軟磁性粉末を圧縮成形することによって形成される部材であってよい。このような固定子側ヨーク１１ａは、磁気的に等方性を有する。例えば、透磁率が等方性で

ある。前記軟磁性粉末は、強磁性の金属粉末であり、より具体的には、例えば、純鉄粉、鉄基合金粉末（Ｆｅ－Ａｌ合金、Ｆｅ－Ｓｉ合金、センダスト、パーマロイ等）およびアモルファス粉末等が挙げられる。これら軟磁性粉末は、例えば、アトマイズ法等によって微粒子化する方法や、酸化鉄等を微粉砕した後にこれを還元する方法等によって製造することができる。また、一般に、透磁率が同一である場合に飽和磁束密度が大きいので、軟磁性粉末は、例えば上記純鉄粉、鉄基合金粉末およびアモルファス粉末等の金属系材料であることが特に好ましい。このような絶縁皮膜を持つ軟磁性粉末を圧縮成形した固定子側ヨーク１１ａは、例えば、いわゆる圧粉コアを製造する場合の圧粉形成等の公知の常套手段によって形成することができる。

[0039] なお、このような圧粉コアから成る固定子側ヨーク１１ａは、その粉末の粒度や粒度分布、および、成形体密度等により磁気特性を制御でき、例えば、成形体の密度を高くすることで透磁率を高く、粉末の粒度を小さくすることで渦電流損を抑制することが可能である。このため、固定子側ヨーク１１ａに求められる電磁気特性を実現するために、圧粉体に用いる粉末の粒度や成形体の密度等が調節される。

[0040] また例えば、このような固定子側ヨーク１１ａは、コイル状に巻回された、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の電磁軟鉄または純鉄と、前記コイル状に巻回された前記帯状の電磁軟鉄または純鉄における各ターン間に配置される絶縁部材とを備えるシングルパンケーキ構造の部材であってよい。このような固定子側ヨーク１１ａは、例えば、片面または両面に絶縁性樹脂等の絶縁被覆を持ち、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の電磁軟鉄または純鉄を、幅方向が前記コイル軸方向と平行となるように巻回すことによって形成されてよい。また例えば、このような固定子側ヨーク１１ａは、１層の電磁軟鉄層または純鉄層に１層の絶縁層を積層した長尺な帯状の部材を、幅方向が前記コイル軸方向と平行となるように巻回すことによって形成されてよい。また例えば、このような固定子側ヨーク１１ａは、前記長尺な帯状の電磁軟鉄または純鉄を、長

尺な帯状の絶縁部材（例えば樹脂材料製のテープ等）を挟み込みながら、幅方向が前記コイル軸方向と平行となるように巻回すことによって形成されてよい。前記樹脂材料製のテープは、例えばＰＥＮ（ポリエチレンナフタレート）等のテープである。

[0041] コイル１２ａは、内周側から巻初めて外周側で巻き終わるようにコイル状に巻回された、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の導体部材と、前記コイル状に巻回された前記帯状の導体部材における各ターン間に配置される絶縁部材とを備えるシングルパンケーキ構造の複数のサブコイル１２１ａを備える。前記帯状の導体部材は、後述するように超伝導材料であってよいが、ここでは、例えば純銅等の比較的低抵抗な金属材料である。このようなシングルパンケーキ構造のサブコイル１２１ａは、図４に示すように、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の導体部材を、幅方向が前記コイル軸方向と平行となるように、かつ、内周側から巻初めて外周側で巻き終わるように、絶縁部材によって絶縁しつつコイルボビン１６に巻回すことによって形成される。コイルボビン１６は、比較的低い高さの円柱部材である。より具体的には、このようなサブコイル１２１ａは、例えば、片面または両面に絶縁性樹脂等の絶縁被覆を持ち、前記長尺な帯状の導体部材を、幅方向が前記コイル軸方向と平行となるように巻回すことによって形成されてよい。また例えば、このようなサブコイル１２１ａは、１層の導体層に１層の絶縁層を積層した長尺な帯状の部材を、幅方向が前記コイル軸方向と平行となるように巻回すことによって形成されてよい。また例えば、このようなサブコイル１２１ａは、前記長尺な帯状の導体部材を、長尺な帯状の絶縁部材（例えば樹脂材料製のテープ等）を挟み込みながら、幅方向が前記コイル軸方向と平行となるように巻回すことによって形成されてよい。前記樹脂材料製のテープは、例えばＰＥＮ（ポリエチレンナフタレート）等のテープである。

[0042] そして、この複数のサブコイル１２１ａは、図３および図４に示すように、回転軸４１の位置（回転軸を固定子側ヨーク１１ａに投影した場合におけ

る回転軸の投影位置）を中心に周方向に配置され、周方向で互いに隣接するサブコイル１２１ａ同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられている。図３および図４に示す例では、コイル１２ａは、６個のサブコイル１２１ａ－１～１２１ａ－６を備え、これらは、回転軸４１の位置を中心に周方向に同心円状に均等に配置されている。このように前記互いに隣接するサブコイル１２１ａ同士が一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結されるので、このようなコイル１２ａは、１本の帯状の長尺な導体部材で形成可能である。そして、このようなコイル１２ａでは、前記互いに隣接するサブコイル１２１ａ同士において、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられているので、このようなコイル１２ａは、長手方向のひねりをほぼ無くすことができる。

[0043] また、コイル１２ａに誘電起電力が生じて電流が流れた場合に、複数のサブコイル１２１ａが上述のように構成され、後述するように同位相で回転子ＲＴａの永久磁石１４ａも配置されているので、周方向に互いに隣接するサブコイル１２１ａ同士は、前記コイル軸方向に重ねられ、一方のサブコイル１２１ａ中央の磁場が増加すれば、他方のそれが減少するために、両サブコイル１２１ａは、逆回転の起電力が生じて逆方向に電流が流れる。しかし、一方のサブコイル１２１ａにおける前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と他方のサブコイル１２１ａにおける前記他方の巻始めの位置のコイル部分とが直列に接続されているために、結局、同じ方向に電流が流れる配置となる。このため、周方向で互いに隣接するサブコイル１２１ａ同士におけるコイル軸方向に重ねられたこの各コイル部分において、前記誘導起電力が直列に加算されることによって、効率よく発電できることになる。

[0044] そして、本実施形態では、上述のように形成されたコイル１２ａにおける複数のサブコイル１２１ａそれぞれは、各コイルボビン１６をその各芯部内に配置された状態で、固定子側ヨーク１１ａの一方主面上に配設される。こ

のようなコイルボビン１６は、磁性体で形成されれば、コアとして機能する。本実施形態では、コイルボビン１６は、６個のサブコイル１２１ａ－１～１２１ａ－６に応じて、６個のコイルボビン１６－１～１６－６を備える。このようなコアとして機能するコイルボビン１６は、固定子側ヨーク１１ａと同様に、例えば、絶縁皮膜を持つ軟磁性粉末を圧縮成形することによって形成される部材であってよい。なお、このような圧粉コアから成るコイルボビン１６は、その粉末の粒度や粒度分布、および、成形体密度等により磁気特性を制御でき、コイルボビン１６に求められる電磁気特性を実現するために、圧粉体に用いる粉末の粒度や成形体の密度等が調節される。発電能力を少しでも稼ぐために、コア１６を透磁率の高い磁性体とすることは望ましいが、本実施形態は、必ずしもこれを要求するものではない。コア１６が磁性体の場合、コア１６と回転子ＲＴａの永久磁石１４ａとが、その位置関係に依存して引き合うことから、多少なりともコギング・トルクが生じることになる。コギング・トルクを完全に無くすためには、ボビンを兼ねたコア部１６を、非磁性または比較的透磁率の低い磁性体で構成することも設計の選択肢の１つである。

[0045] 回転子ＲＴａは、回転部分であり、周方向に配置された、前記コイル１２ａにおける複数のサブコイル１２１ａ（図２および図３に示す例では、６個のサブコイル１２１ａ－１～１２１ａ－６）とは異なる個数（極数）の磁石１４ａを備える。

[0046] より具体的には、回転子ＲＴａは、例えば、図２および図３に示すように、複数の磁石１４ａと、回転子側ヨーク１５ａとを備える。

[0047] 回転子側ヨーク１５ａは、複数の磁石１４ａを支持する、磁性体から形成された円板形状の部材である。したがって、回転子側ヨーク１５ａは、回転子ＲＴａにおいて、固定子ＳＴａに臨む面とは反対面上に設けられている。そして、回転子側ヨーク１５ａの中央位置には、旋回翼WWの回転軸４１を挿通するための貫通開口が形成されている。旋回翼WWの回転軸４１は、前記貫通開口に挿通されて固定される。これによって回転子ＲＴａは、旋回翼

WWの回転軸４１と連結されて固定される。

[0048] 複数の磁石１４ａは、磁界を生じさせ、コイル１２ａと相互作用することによってコイル１２ａに誘導起電力を生じさせるための磁石であり、例えば永久磁石である。複数の磁石１４ａは、回転子側ヨーク１５ａの一方主面上に、周方向に等間隔で固定されている。複数の磁石１４ａのそれぞれは、軸方向（厚さ方向）に着磁されており、互いに隣接する磁石１４ａ同士では、各磁極が相互に逆方向となるように配置されている。このような複数の磁石１４ａは、旋回翼WWの回転軸４１の回転に伴って回転子側ヨーク１５ａが回転すると、回転軸４１回りに回転する。

[0049] このような第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａを搭載した海洋ブイＳａは、第２ワイヤーＷＩ２、錘ＷＥおよび第３ワイヤーＷＩ３によって、所定の経度および緯度の位置に略固定され、浮きＦＬの浮力と錘ＷＥの重さとのバランスによって、第１および第２旋回翼WW－１、WW－２が所定の深さに位置するように、海洋に配置される。海洋に配置された海洋ブイＳａでは、尾翼ＣＡが潮流の流れる方向に沿うように向くことによって、第１支持部材ＭＢ１における一方端の開口から潮流が流れ込み、この流れ込んだ潮流が第１および第２旋回翼WW－１、WW－２の各翼部材４２を押し、第１支持部材ＭＢ１における他方端の開口から潮流が流れ出す。この第１および第２旋回翼WW－１、WW－２の各翼部材４２が上記流れ込んだ潮流で押されることによって、第１および第２旋回翼WW－１、WW－２の各回転軸４１が回転し、そして、各回転軸４１の各回転運動が第１および第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－１、ＰＧａ－２における各回転子ＲＴａにそれぞれ伝達される。第１および第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－１、ＰＧａ－２それぞれでは、各回転子ＲＴａの回転によって、各磁石１４ａが各固定子ＲＴａの各コイル１２ａに対し相対的にそれぞれ運動することで、各固定子ＲＴａの各コイル１２ａに誘導起電力が生じ、第１および第２ＡＧ型発電機ＰＧａ－１、ＰＧａ－２それぞれは、発電する。

[0050] そして、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａでは、シング

ルパンケーキ構造の複数のサブコイル１２１ａにおける互いに隣接するサブコイル１２１ａ同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられている。このため、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、複数のサブコイル１２１ａを直列接続するために、巻き始めおよび巻き終りの各リードの取り出しを必要とせず、それらの直列接続も必要としない。

[0051] また、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、固定子側ヨーク１１ａを備えるので、回転子ＲＴａの磁石１４ａ面から出た磁束線は、サブコイル１２１ａを貫通し、比較的低い磁気抵抗で前記固定子側ヨークを１１ａ介して、前記貫通したサブコイル１２１ａに隣接するサブコイル１２１ａを貫通し、隣の反対極性をもつ磁石１４ａ面へ導かれる。したがって、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、磁気回路を、このような閉ループにできる。この結果、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、コイル１２ａ近傍の磁束線をコイル軸に平行化でき、磁気回路全体の磁気抵抗を下げ、磁界強度を強めることができ、したがって、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、結果的に発電能力を向上できる。そして、コイル１２ａ近傍の磁束線をコイル軸に平行化できるので、このようなこのような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、帯状の導体部材を側面から貫く磁束線を抑制でき、その磁束線によって生じる渦電流を抑え、渦電流に起因する制動トルクを抑制できる。したがって、このようなこのような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、前記固定子側ヨーク１１ａを備えない場合に較べて、より大きな電力を発電できる。

[0052] また、固定子側ヨーク１１ａを貫く磁束線は、回転子側ヨーク１５ａと異なり、回転子ＲＴａの回転による磁石１４ａの移動によって磁界の方向および強度が正弦波状に変化する。このため、導電性を持つ磁性体で固定子側ヨーク１１ａを形成すると、その内部に渦電流が生じ、前記渦電流に起因する制動トルクを回転子に与えてしまう。しかしながら、上述の海洋ブイＳａお

よびＡＧ型発電機ＰＧａにおいて、固定子側ヨーク１１ａが絶縁皮膜を持つ軟磁性粉末を圧縮成形することによって形成された部材である場合では、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、固定子側ヨーク１１ａ内を貫く磁束線に伴う渦電流が流れるための電流経路を阻害でき、渦電流を抑制できる。

[0053] 一方、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａにおいて、固定子側ヨーク１１ａが絶縁部材を介して巻回された帯状の電磁軟鉄または純鉄のシングルパンケーキ構造の部材である場合では、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、ターンごとに配設される前記絶縁部材によって固定子側ヨーク１１ａ内を貫く磁束線に伴う渦電流が流れるための電流経路を阻害でき、渦電流を抑制できる。

[0054] なお、固定子側ヨーク１１ａが絶縁部材を介して巻回された帯状の電磁軟鉄または純鉄のシングルパンケーキ構造の部材である場合において、好ましくは、前記帯状の電磁軟鉄または純鉄は、発電周波数に対応したスキンデプス以下の厚さである。このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、前記帯状の電磁軟鉄または純鉄で生じる渦電流をさらに効果的に抑制できる。

[0055] また、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、回転子側ヨーク１５ａを備えるので、回転子ＲＴａにおける磁石１４ａの背面（固定子ＳＴａに臨む面とは反対面）から出た磁束線は、比較的低い磁気抵抗で前記回転子側ヨーク１５ａを介して、隣の反対極性をもつ磁石１４ａの背面へ導かれる。したがって、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、磁気回路を、このような閉ループにできる。この結果、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、コイル１２ａ近傍の磁束線をコイル軸に平行化でき、磁気回路全体の磁気抵抗を下げ、磁界強度を強めることができ、したがって、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、結果的に発電能力を向上できる。そして、コイル１２ａ近傍の磁束線をコイル軸に平行化できるので、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、

帯状の導体部材を側面から貫く磁束線を抑制でき、その磁束線によって生じる渦電流を抑え、渦電流に起因する制動トルクを抑制できる。したがって、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、前記固定子側ヨークを備えない場合に較べて、より大きな電力を発電できる。

[0056] また、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａにおいて、好ましくは、コイル１２ａを形成する前記帯状の導体部材は、発電周波数に対応したスキンデプス以下の厚さである。一般に、コイルに流れる電流は、スキンデプスまでの範囲でしか流れず、導体断面全体に一様に電流が流れない。したがって、前記帯状の導体部材の厚みをスキンデプス以下に設定することで、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、帯状の導体部材を軸方向から貫く磁束線によって生じる渦電流を抑え、渦電流に起因する制動トルクを抑制できる。

[0057] また、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａでは、密閉可能な筐体３１ａ内に固定子ＳＴａが配置されるので、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、固定子ＳＴａのコイル１２ａ等の電装部品を筐体３１ａ内に密閉でき、比較的長期間に亘って絶縁性を安定的に維持できる。

[0058] そして、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａにおいて、固定子ＳＴａと回転子ＲＴａとの間に介在する前記筐体３１ａの隔壁１３ａが非磁性かつ絶縁性を持つ材料で形成されている場合では、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、回転子ＲＴａの磁石１４ａから出た磁束線を低減することなくそのまま固定子ＳＴａのコイル１２ａに導くことができ、発電能力の低下を防止できる。

[0059] 一方、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａにおいて、固定子ＳＴａと回転子ＲＴａとの間に介在する前記筐体３１ａの隔壁１３ａが前記抵抗値を持つ高抵抗な材料で形成されている場合では、このような海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、回転子ＲＴａの回転に伴って磁束線が周方向に走引されても（固定位置では強度が変化しても）、前記筐体３１ａの隔壁１３ａ内に渦電流を生じさせない。この結果、このような海洋ブイＳａお

よびＡＧ型発電機ＰＧａでは、渦電流に起因する磁場の減衰が生じないので、その発電能力の低下が抑えられる。

[0060] 図５は、図３に示すアキシャルギャップ型発電機における諸元を説明するための図である。図６は、図３に示すアキシャルギャップ型発電機における永久磁石の磁気特性を示す図である。図７は、各種永久磁石の磁気特性を示す図である。図６および図７において、各横軸は、磁化力であり、各縦軸は、磁束密度である。

[0061] なお、上述の海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａにおいて、磁石１４ａは、永久磁石であり、図５に示すように、前記磁石１４ａにおける回転方向の幅および厚さをそれぞれW_{PM}およびT_{PM}とし、前記コイルの厚さをT_Cとし、前記磁石と前記コイルとの対向面間の距離をｇとする場合に、W_{PM}／（T_{PM}＋T_C＋ｇ）≧１．５の扁平条件を満たすことが好ましい。この扁平条件を満たすことによって、海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、以下に解析するように、固定子ＳＴａと回転子ＲＴａとの間に隔壁１３ａが介在しても、好適に、発電能力の低下が抑えられる。

[0062] まず、永久磁石１４ａが形成する磁界について説明する。W_{PM}／（T_{PM}＋T_C＋ｇ）≧１．５の扁平条件下の等価磁気回路モデルでは、パーミアンスＢ／Ｈは、次式（１－１）となり、永久磁石１４ａの磁気特性をＢ＝ｆ（Ｈ）≒Ｂｒ（１－Ｈ／Ｈｅ）と線形近似すると、次式（１－２）となる。なお、T_Yは、固定子側ヨーク１１ａの厚さであり、ｓは、周方向で互いに隣接する磁石１４ａ間における周方向の距離（磁石１４ａ間における周方向のギャップ長）である。ここで、固定子側ヨーク１１ａおよび回転子側ヨーク１５ａの各透磁率が十分大きく、$\mu \gg \mu_0$であるならば、式（１－２）の分母における第３項は、無視することができ、式（１－２）は、次式（１－３）となる。ここで、（μ_0×Ｈｅ）／Ｂｒは、永久磁石１４の材質に固有な値である（（μ_0×Ｈｅ）／Ｂｒ≒１）。また、μ_0は、真空中の透磁率であり、Ｈｅは、永久磁石の保持力であり、Ｂｒは、残留磁束密度である。

[0063]

[数1]

$$\frac{B}{H}=\mu_0\cdot\frac{T_{PM}}{(T_C+g)}\cdot\frac{1}{\left\{1+\cdot\frac{1}{4}\frac{\mu_0}{\mu}\frac{W_{PM}}{T_Y}\frac{W_{PM}}{(T_C+g)}\cdot\left(1+\frac{s}{W_{PM}}\right)\right\}} \quad \cdots(1-1)$$

$$B=\mu_0 H_e\cdot\frac{T_{PM}}{(T_C+g)}\cdot\frac{1}{\left\{1+\frac{\mu_0 H_e}{B_r}\frac{T_{PM}}{(T_C+g)}+\frac{1}{4}\frac{\mu_0}{\mu}\frac{W_{PM}}{T_Y}\frac{W_{PM}}{(T_C+g)}\cdot\left(1+\frac{s}{W_{PM}}\right)\right\}} \quad \cdots(1-2)$$

$$B\approx\mu_0 H_e\cdot\frac{T_{PM}}{(T_C+g)}\cdot\frac{1}{\left\{1+\frac{\mu_0 H_e}{B_r}\frac{T_{PM}}{(T_C+g)}\right\}}\rightarrow B_r \quad at \quad T_{PM}\gg(T_C+g) \quad \cdots(1-3)$$

[0064] なお、パーミアンスは、図６に示すように、原点と動作点における磁束密度Ｂおよび磁場強度Ｈとを結ぶパーミアンス直線における傾きであり、図７には、前記動作点における磁束密度Ｂおよび磁場強度Ｈとを決定するために用いられる、各種永久磁石の磁気特性が示されている。より具体的には、図７には、アルニコ磁石、Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ磁石、$SmCo_5$磁石およびフェライト磁石の各磁気特性が示されている。

[0065] 次に、コイル１２ａのコイル電流が形成する磁界について説明する。

[0066] W_{PM}／（T_{PM}＋T_C＋ｇ）≧１．５の扁平条件下の等価磁気回路モデルでは、コイル１２ａ近傍に生じる磁界は、次式（２－１）となる。上述と同様に、固定子側ヨーク１１ａおよび回転子側ヨーク１５ａの各透磁率が十分大きく、$\mu\gg\mu_0$であるならば、式（２－１）の分母における第２項は、無視することができ、式（２－１）は、次式（２－２）となる。

[0067]

[数2]

$$B=(NI)\cdot\frac{\mu_0}{(T_{PM}+T_C+g)}\times\frac{1}{1+\frac{\mu_0}{\mu}\frac{W_{PM}}{(T_{PM}+T_C+g)}\left\{\frac{T_Y}{W_{PM}}+\frac{(W_{PM}+s)}{T_Y}\right\}}\quad\cdots(2-1)$$

$$B\approx(NI)\cdot\frac{\mu_0}{(T_{PM}+T_C+g)}\quad\cdots(2-2)$$

[0068] 次に、ＡＧ型発電機ＰＧａの最大発電能力について推定する。ここで、コイル１２ａの材質を完全導体（抵抗ゼロ、すなわち、超電導体）の閉回路（短絡状態）であると仮定すると、レンツ則に従って、永久磁石によって生じる磁界B_{PM}と、コイル１２ａに流れるコイル電流によって生じる磁界B_Cとが、互いに打ち消して相殺する。この場合におけるコイル電流値Ｉｍａｘが最大発電能力を表す指標とされる。すなわち、前記磁界B_{PM}が上述の式（１－３）で表され、前記磁界B_Cが上述の式（２－２）で表され、これら前記磁界B_{PM}および前記磁界B_Cが互いに等しいとされる（$B_{PM}\equiv B_C$）。これによって次式（３）が導かれる。ここで幾何パラメータｘをｘ≡T_{PM}／（T_c＋ｇ）と定義すると、次式（４）となる。したがって、発電能力は、W_{PM}／（T_{PM}＋T_C＋ｇ）≧１．５の扁平条件を満たすことにより、主には永久磁石１４ａの強さＨｅと、その厚みT_{PM}の積に依存し、幾何構造には、鈍感となり、依存しないことになる。

[0069] [数3]

$$NI_{\max}=H_eT_{PM}\cdot\frac{\left(1+\frac{T_{PM}}{(T_C+g)}\right)}{\left\{1+\frac{\mu_0H_e}{B_r}\frac{T_{PM}}{(T_C+g)}\right\}}\quad\cdots(3)$$

[0070]

[数4]

$$NI_{\max} = H_e T_{PM} \cdot \frac{(1+x)}{\left\{1+\frac{\mu_0 H_e}{B_r} \cdot x\right\}} \approx H_e T_{PM} \quad at \quad \frac{\mu_0 H_e}{B_r} \approx 1 \quad \cdots(4)$$

[0071] このように前記扁平条件を満たすことによって、海洋ブイＳａおよびＡＧ型発電機ＰＧａは、幾何構造に依存しないことになり、固定子ＳＴａと回転子ＲＴａとの間に隔壁１３ａが介在しても、好適に、発電能力の低下が抑えられる。すなわち、磁石１４ａから出た磁束は、前記扁平条件を満たすことによって、隣接する磁石１４ａに直ちに流れ込むことなく、より多くの磁束線でコイル１２ａと交差した後に、前記隣接する磁石１４ａに流れ込むことができ、発電能力の低下が抑えられる。したがって、非常に低速（≦０．５ｍ／ｓ）な潮流でも発電可能となる。

[0072] 次に、別の実施形態について説明する。

[0073] （第２実施形態）

図８は、第２実施形態における海洋ブイの構成を示す一部断面図である。図９は、第２実施形態の海洋ブイにおける第２態様のアキシャルギャップ型発電機にかかる部分を示す一部断面図である。

[0074] 第１実施形態における海洋ブイＳａは、内部を非圧縮性液体３３ａで一杯に充填した筐体３１ａを備えたが、第２実施形態における海洋ブイＳｂは、大気圧３３ｂで密封した筐体を用いるものである。

[0075] 第２実施形態における海洋ブイＳｂは、第２態様のＡＧ型発電機ＰＧｂと、旋回翼WWと、錘ＷＥとを備える。これら第２実施形態の海洋ブイＳｂにおける旋回翼WWおよび錘ＷＥは、それぞれ、第２実施形態の海洋ブイＳｂにおける旋回翼WWおよび錘ＷＥと同様であるので、その説明を省略する。

[0076] 第２態様のＡＧ型発電機ＰＧｂは、筐体３１ｂと、固定子ＳＴｂと、回転子ＲＴｂとを備える。

[0077] 筐体３１ｂは、大気圧３３ｂで密閉可能な例えば中空の球体（球殻体）であり、固定子ＳＴｂを内蔵している。第１実施形態の筐体３１ａは、１つの

箱体内に固定子ＳＴａ、情報取得部２１ａおよび電装品２２ａを内蔵したが、第２実施形態では、筐体３１ｂは、３個の第１ないし第３筐体３１ｂ－１～３１ｂ－３を備えて構成される。

[0078] これら第１ないし第３筐体３１ｂ－１～３１ｂ－３は、互いに同形であり、それぞれ、上下２つの半球殻体３１ｂ－１１、３１ｂ－１２；３１ｂ－２１、３１ｂ－２２；３１ｂ－３１、３１ｂ－３２から成る。これら第１ないし第３筐体３１ｂ－１～３１ｂ－３において、上下２つの半球殻体３１ｂ－１１、３１ｂ－１２；３１ｂ－２１、３１ｂ－２２；３１ｂ－３１、３１ｂ－３２それぞれは、シール部材を用いて各端面を互いに連結することで、防水状態で密閉された球殻体となる。これら第１ないし第３筐体３１ｂ－１～３１ｂ－３は、旋回翼WWと合わせて、断面矩形形状の筒形状の第３支持体ＭＢ３の内部に、一方端から他方端へ旋回翼WW、第１筐体３１ｂ－１、第２筐体３１ｂ－２および第３筐体３１ｂ－３の順で並設されている。そして、第３支持体ＭＢ３は、第１実施形態の第１支持体ＭＢ１のように、第２ワイヤーＷＩ２を介して錘ＷＥと連結され、この錘ＷＥは、第３ワイヤーＷＩ３を介して例えばアンカー等の図略の固定具と連結されている。

[0079] そして、第１筐体３１ｂ－１は、第２態様のＡＧ型発電機ＰＧｂにおける固定子ＳＴｂと、第１電装品２２ｂ－１と、第１非接触電力伝送部２３－１とを内蔵している。第２筐体３１ｂ－２は、情報取得部２１ｂと、第２および第３非接触電力伝送部２３－２、２３－３とを内蔵している。第３筐体３１ｂ－３は、第２電装品２２ｂ－２と、第４非接触電力伝送部２３－４とを内蔵している。

[0080] これら第１ないし第４非接触電力伝送部２３－１～２３－４は、非接触で、すなわち、配線を用いることなく、一方から他方へ電力を伝送するための装置であり、例えば、コイルを備えて構成される。このコイルを用いた第１ないし第４非接触電力伝送部２３－１～２３－４では、第１筐体３１ｂ－１内に配設された第１非接触電力伝送部２３－１は、交流電力が通電されると、第２非接触電力伝送部２３－２が第１非接触電力伝送部２３－１に対向す

るように第２筐体３１ｂ－２内に配設されることで、第２非接触電力伝送部２３－２に誘導起電力を生る。これによって第１非接触電力伝送部２３－１から第２非接触電力伝送部２３－２へ電力が伝送される。同様に、第２筐体３１ｂ－２内に配設された第３非接触電力伝送部２３－３は、交流電力が通電されると、第４非接触電力伝送部２３－４が第３非接触電力伝送部２３－３に対向するように第３筐体３１ｂ－３内に配設されることで、第４非接触電力伝送部２３－４に誘導起電力を生る。これによって第３非接触電力伝送部２３－３から第４非接触電力伝送部２３－４へ電力が伝送される。

[0081] 第１電装品２２ｂ－１は、ＡＧ型発電機ＰＧａから給電された電力を、第１非接触電力伝送部２３－１および第２非接触電力伝送部２３－２によって、第２筐体３１ｂ－２内の情報取得部２１ｂへ伝送し、さらに、第３非接触電力伝送部２３－３および第４非接触電力伝送部２３－４によって、第３筐体３１ｂ－３内の第２電装品２２ｂ－２へ伝送するための装置である。情報取得部２１ｂは、第１実施形態の情報取得部２１ａと同様に、所定の情報を取得する装置であり、その駆動に電力を必要とする場合には、第１非接触電力伝送部２３－１および第２非接触電力伝送部２３－２によって伝送された前記電力が用いられる。情報取得部２１ｂは、その取得した情報を図略の伝送手段（通信手段）によって第３筐体３１ｂ－３内の第２電装品２２ｂ－２へ伝送する。なお、情報取得部２１ｂは、第３非接触電力伝送部２３－３および第４非接触電力伝送部２３－４によって、前記取得した情報を第３筐体３１ｂ－３内の第２電装品２２ｂ－２へ伝送してもよい。第２電装品２２ｂ－２は、第１ないし第４非接触電力伝送部２３－１～２３－４によって伝送された前記電力を用い、情報取得部２１ａで取得された情報を記憶するとともに所定の間隔で前記情報を外部へ送信するための装置である。

[0082] 固定子ＳＴｂと、実施形態１の固定子ＳＴａと同様に、非回転部分であり、周方向に配置された複数のサブコイル１２１ｂを備えるコイル１２ｂを備える。より具体的には、固定子ＳＴｂは、例えば、図９に示すように、固定子側ヨーク１１ｂと、コイル１２ｂと、コア１６とを備える。第２実施形態

では、上述したように、第１筐体３１ｂ－１が球殻体である。このため、この第２実施形態における固定子側ヨーク１１ｂは、その形状が前記球殻体の内面形状に沿うように形成されている。この点を除き、前記固定子側ヨーク１１ｂは、第１実施形態における固定子側ヨーク１１ａと同様であるので、その説明を省略する。また、この第２実施形態におけるコイル１２ｂも、複数のサブコイル１２１ａから成る全体形状が、上述のように前記球殻体の内面形状に沿った固定子側ヨーク１１ｂの形状に合わせた形状とされている。すなわち、コイル１２ｂにおける各サブコイル１２１ａは、固定子側ヨーク１１ｂの曲面上にそれぞれ配置されている。この点を除き、前記コイル１２ｂは、第１実施形態におけるコイル１２ａと同様であるので、その説明を省略する。また、第２実施形態におけるコア１６は、第１実施形態におけるコア（コイルボビン）１６と同様であるので、その説明を省略する。

[0083] 回転子ＲＴｂは、実施形態１の回転子ＲＴａと同様に、回転部分であり、周方向に配置された、前記コイル１２ｂにおける複数のサブコイル１２１ａとは異なる個数（極数）の磁石１４ｂを備える。より具体的には、回転子ＲＴｂは、図９に示すように、複数の磁石１４ｂと、回転子側ヨーク１５ｂとを備える。第２実施形態では、上述したように、第１筐体３１ｂ－１が球殻体である。このため、この第２実施形態における回転子側ヨーク１５ｂは、その形状が前記球殻体の外面形状に沿うように形成されている。すなわち、回転子側ヨーク１５ｂは、球殻体の一部の形状となっている。この点を除き、前記回転子側ヨーク１５ｂは、第１実施形態における回転子側ヨーク１５ａと同様であるので、その説明を省略する。また、この第２実施形態における複数の磁石１４ｂも、上述のように前記球殻体の外面形状に沿った回転子側ヨーク１５ｂの形状に合わせた形状とされている。すなわち、各磁石１４ｂは、回転子側ヨーク１５ｂの曲面上にそれぞれ配置されている。この点を除き、前記複数の磁石１４ｂは、第１実施形態における複数の磁石１４ａと同様であるので、その説明を省略する。

[0084] これら固定子ＳＴｂは、第１筐体３１ｂ－１内に配置されて第１筐体３１

ｂ－１に内蔵され、回転子ＲＴｂは、この第１筐体３１ｂ－１内に配置された固定子ＳＴｂと、第１筐体３１ｂ－１を介して対向するように、第１筐体３１ｂ－１外に配置される。

[0085] このような第２実施形態における海洋ブイＳｂおよび第２態様のＡＧ型発電機ＰＧｂは、第１実施形態における海洋ブイＳａおよび第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａと同様の作用効果を奏する。

[0086] 次に、アキシャルギャップ型発電機の他の態様について説明する。

[0087] （アキシャルギャップ型発電機の他の態様）

図１０は、第３態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す断面図である。図１１は、第４態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す断面図である。図１２は、第５態様のアキシャルギャップ型発電機の構成を示す断面図である。

[0088] 第１および第２実施形態では、第１および第２態様のＡＧ型発電機ＰＧａ、ＰＧｂについて説明したが、これら態様に限定されるものではなく、他の態様も取り得る。以下、第３ないし第５態様のＡＧ型発電機ＰＧｃ～ＰＧｅについて説明する。

[0089] 第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、超伝導材料によって形成された線材を巻回したコイル１２ｃを備えるものである。この第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、例えば液体窒素等の冷却材が必要なことから、例えば、火力発電所の発電機、コジェネレーション発電の発電機および水力発電所の発電機等として用いられる。より具体的には、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、図１０に示すように、筐体３１ｃと、固定子ＳＴｃと、回転子ＲＴａとを備える。

[0090] 第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃにおける回転子ＲＴａは、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａにおける回転子ＲＴａと同様であるので、その説明を省略する。この回転子ＲＴａには、燃焼ガスや水流によってタービンスクリューの回転軸に回転運動を生じさせる所定の旋回機構ＷＭの前記回転軸に連結され、前記旋回機構ＷＭによって得られた回転運動が前記回転軸を介して伝達さ

れ、回転子ＲＴａは、前記回転軸回りに回転する。

[0091] 固定子ＳＴｃは、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａにおける固定子ＳＴａと同様に、非回転部分であり、周方向に配置された複数のサブコイル１２１ｃを備えるコイル１２ｃを備える。より具体的には、固定子ＳＴｃは、例えば、固定子側ヨーク１１ａと、コイル１２ｃと、コア１６とを備える。これら第３態様の固定子ＳＴｃにおける固定子側ヨーク１１ａおよびコア１６は、それぞれ、第１態様の固定子ＳＴａにおける固定子側ヨーク１１ａおよびコア１６と同様であるので、その説明を省略する。第３態様の固定子ＳＴｃにおけるコイル１２ｃは、その導体部材が超伝導材料によって形成された線材である点を除き、第１態様の固定子ＳＴａにおけるコイル１２ａと同様であるので、その説明を省略する。

[0092] 筐体３１ｃは、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａにおける筐体３１ａと同様に、密閉可能な例えば略直方体形状の中空の箱体であり、固定子ＳＴａを内蔵しているが、第３態様では、上述のようにコイル１２ｃが超伝導材料によって形成されているので、これに対応可能に構成されている。より具体的には、筐体３１ｃは、断熱性を持つ断熱材で、あるいは、二重構造等の断熱構造で形成される。筐体３１ｃの内部には、例えば、液体窒素等の、超伝導材料のコイル１２ｃを冷却するための冷却材３３ｃが一杯に充填されており、筐体３１ｃの適所に、筐体３１ｃの内外の圧力差を無くすための調圧機構３２が配設され、そして、筐体３１ｃの適所（図１０に示す例では前記調圧機構３２の配設場所）に、前記冷却材３３ｃを冷却するための冷凍機３４が配設されている。

[0093] そして、筐体３１ｃ外には、筐体３１ｃ内に配置された固定子ＳＴｃと対向するように、回転子ＲＴａが配置されている。この前記固定子ＳＴｃと前記回転子ＲＴａとの間に介在する筐体３１ｃの部分（隔壁）１３ｃは、非磁性かつ絶縁性を持つ第１材料、または、発電周波数に対応したスキンデプスが筐体３１ａの部分の厚さより１０倍以上大きい抵抗値を持つ第２材料で形成されている。そして、第３態様では、これら第１および第２材料は、さら

に、断熱性を持つ材料である。隔壁１３ｃの第１材料は、セラミック、ガラス、ガラス繊維および強化プラスチック等である。隔壁１３ｃの第２材料は、例えば、スキンデプス条件を満たす薄いステンレスやチタン等の金属材料も可能である。

[0094] このような第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、第１実施形態における第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａと同様の作用効果を奏する。

[0095] そして、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃでは、コイル１２ｃにおける互いに隣接するサブコイル１２１ｃ同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結されるので、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、コイル１２ｃを１本の帯状の長尺な導体部材で形成可能である。そして、この構成によれば、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられているので、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、長手方向のひねりをほぼ無くすことができる。したがって、このような第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、超伝導特性を保つことができる。特に、この第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、超伝導特性を保持したまま接続する工法が未確立である酸化物系超伝導材料によってコイル１２ｃの前記導体部材を形成する場合に、好適である。

[0096] また、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃでは、筐体３１ｃは、隔壁１３ｃを含め、断熱性を持つ材料で形成されるので、外界からの熱の侵入を抑制できる。したがって、この観点からも、上述のようにコイル１２ｃにおける前記導体部材が超伝導材料である場合に、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃは、好適である。

[0097] 第４態様のＡＧ型発電機ＰＧｄは、インナーロータ型の発電機である。より具体的には、第４態様のＡＧ型発電機ＰＧｄは、図１１に示すように、筐体３１ｄと、固定子ＳＴｄ（ＳＴｄ－１、ＳＴｄ－２）と、回転子ＲＴｄとを備える。

[0098] 固定子ＳＴｄは、インナーロータ型であるので、回転子ＲＴｄの両側それぞれに配置できるように、２個の第１および第２固定子ＳＴｄ－１、ＳＴｄ

－２を備える。第１および第２固定子ＳＴｄ－１、ＳＴｄ－２は、それぞれ、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃにおける固定子ＳＴｃと同様に、非回転部分であり、周方向に配置された複数のサブコイル１２１ｃを備えるコイル１２ｃを備える。より具体的には、第１固定子ＳＴｄ－１は、例えば、第１固定子側ヨーク１１ａ－１と、第１コイル１２ｃ－１と、第１コア１６－１とを備える。これら第４態様の第１固定子ＳＴｄにおける第１固定子側ヨーク１１ａおよび第１コア１６－１は、それぞれ、第１態様の固定子ＳＴａにおける固定子側ヨーク１１ａおよびコア１６と同様であるので、その説明を省略する。第４態様の第１固定子ＳＴｄ－１における第１コイル１２ｃ－１は、その導体部材が超伝導材料によって形成された線材である点を除き、第１態様の固定子ＳＴａにおけるコイル１２ａと同様であるので、その説明を省略する。第２固定子ＳＴｄ－２は、例えば、第２固定子側ヨーク１１ａ’－２と、第２コイル１２ｃ－１と、第２コア１６－２とを備える。第４態様の第２固定子ＳＴｄにおける第２固定子側ヨーク１１ａ’－２は、インナーロータ型であるために、その中央位置に形成された、旋回機構ＷＭの回転軸を挿通するための貫通開口をさらに備える点を除き、第１態様の固定子ＳＴａにおける固定子側ヨーク１１ａと同様であるので、その説明を省略する。コア１６－２は、第１態様の固定子ＳＴａにおけるコア１６と同様であるので、その説明を省略する。第４態様の第２固定子ＳＴｄにおける第２コア１６－２は、第１態様の固定子ＳＴａにおけるコア１６と同様であるので、その説明を省略する。第４態様の第２固定子ＳＴｄ－２における第２コイル１２ｃ－２は、その導体部材が超伝導材料によって形成された線材である点を除き、第１態様の固定子ＳＴａにおけるコイル１２ａと同様であるので、その説明を省略する。

[0099] 回転子ＲＴｄは、第１態様の回転子ＲＴａと同様に、回転部分であり、周方向に配置された、前記第１および第２コイル１２ｃ－１、１２ｃ－２における複数のサブコイル１２１ｃとは異なる個数（極数）の磁石１４ｂを備える。より具体的には、第４態様の回転子ＲＴｄは、図１１に示すように、複

数の磁石１４ｄと、回転子側ヨーク１５ｄとを備える。この第４態様では、インナーロータ型であるので、回転子ＲＴｄの両面から磁束が出るように、複数の磁石１４ｄは、それぞれ、その両面が外部に臨むように回転子側ヨーク１５ｄに配設されている。すなわち、回転子側ヨーク１５ｄは、磁性体から形成された円板形状の部材であり、中央位置から等距離で周方向に等間隔に、磁石１４ｄの外形形状に応じた形状で形成された複数の貫通開口を備える。前記複数の貫通開口それぞれに前記複数の磁石１４ｄそれぞれが嵌め込まれて例えば接着剤等によって固定されることで、回転子側ヨーク１５ｄは、複数の磁石１４ｄそれぞれの両面が外部に臨むように複数の磁石１４ａを支持する。そして、回転子側ヨーク１５ｄの中央位置には、前記所定の旋回機構WMの回転軸を挿通するための貫通開口が形成されている。旋回機構WMの前記回転軸は、前記貫通開口に挿通されて固定される。これによって回転子ＲＴｄは、旋回機構WMの前記回転軸と連結されて固定され、旋回機構WMによって得られた回転運動が前記回転軸を介して伝達され、前記回転軸回りに回転する。

[0100] 筐体３１ｄは、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａにおける筐体３１ａと同様に、密閉可能な例えば略直方体形状の中空の箱体であり、第１および第２固定子ＳＴｄ－１、ＳＴｄ－２を内蔵しているが、第４態様でも、上述のようにコイル１２ｃが超伝導材料によって形成されているので、これに対応可能に構成されている。そして、第４態様では、インナーロータ型であるため、筐体３１ｄは、第１固定子ＳＴｄ－１を内蔵するための第１室と、第２固定子ＳＴｄ－２を内蔵するための第２室と、これら第１室と第２室との間に回転子を配置するための第３室とに、区分けするために、板形状の２枚の第１および第２隔壁１３ｃ－１、１３ｃ－２とを備える。これら第１および第２隔壁１３ｃ－１、１３ｃ－２は、箱体の筐体３１ｄにおける上面から底面に向けて所定の間隔を空けて順次に筐体３１ｄ内に配設されている。第１および第２隔壁１３ｃ－１、１３ｃ－２は、第３態様の隔壁１３ｃと同様に、非磁性かつ絶縁性を持つ第１材料、または、発電周波数に対応したスキンデプ

スが筐体３１ａの部分の厚さより１０倍以上大きい抵抗値を持つ第２材料で形成され、これら第１および第２材料は、さらに、断熱性を持つ材料である。第１室に臨む第１隔壁１３ｃ－１上には、第１固定子ＳＴｄ－１が配設され、第２室に臨む第２隔壁上には、第２固定子ＳＴｄ－２が配設される。そして、第３室には、第１および第２室それぞれ内に配置された第１および第２固定子ＳＴｄ－１、ＳＴｄ－２１それぞれと対向するように、回転子ＲＴｄが配置されている。したがって、第１隔壁１３ｃ－１は、第１固定子ＳＴｄ－１と回転子ＲＴｄとの間に介在し、第２隔壁１３ｃ－２は、第２固定子ＳＴｄ－２と回転子ＲＴｄとの間に介在する。

[0101] また、箱体の筐体３１ｄにおける底面および第２隔壁１３ｃ－２それぞれには、略中央位置に貫通開口がそれぞれ形成され、第３室には、箱体の筐体３１ｄにおける底面と第２隔壁１３ｃ－２との間に、箱体の筐体３１ｄにおける底面に形成された前記貫通開口および第２隔壁１３ｃ－２に形成された前記貫通開口それぞれに連通する円筒部材３５が配設され、この円筒部材３５内に、回転子ＲＴｄに連結される旋回機構ＷＭの回転軸が挿通している。

[0102] 筐体３１ｄにおける第１および第２室内には、前記冷却材３３ｃが一杯に充填されており、筐体３１ｄの適所に、前記調圧機構３２が配設され、そして、筐体３１ｃの適所（図１１に示す例では前記調圧機構３２の配設場所）に、前記冷却材３３ｃを冷却するための冷凍機３４が配設されている。そして、筐体３１ｄには、第１室の冷却材３３ｃと第２室の冷却材３３ｃとを互いに流通させるための図略の複数の流通管が配設されている。

[0103] このような第４態様のＡＧ型発電機ＰＧｄは、第１実施形態における第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａと同様の作用効果を奏する。そして、第４態様のＡＧ型発電機ＰＧｄは、回転子ＲＴｄの両側にそれぞれ配置される２個の第１および第２コイル１２ａ－１、１２ａ－２を備えるので、片側に配置される１個のコイル１２の場合に較べて、旋回機構ＷＭによって生成された回転運動をより効率よく電力に変換できる。

[0104] 第５態様のＡＧ型発電機ＰＧｅは、アウターロータ型の発電機である。よ

り具体的には、第５態様のＡＧ型発電機ＰＧｅは、図１２に示すように、筐体３１ｅと、固定子ＳＴｅと、回転子ＲＴｅとを備える。

[0105] 固定子ＳＴｅは、第３態様のＡＧ型発電機ＰＧｃにおける固定子ＳＴｃと同様に、非回転部分であり、周方向に配置された複数のサブコイル１２１ｃを備えるコイル１２ｃを備える。より具体的には、固定子ＳＴｅは、例えば、コイル１２ｃと、コア１６とを備える。この第５態様では、アウターロータ型であるため、固定子ＳＴｅは、回転子ＲＴｅからの磁束をコイル１２ｃの両面から受けるために、第１態様の固定子側ヨーク１１ａのような固定子側ヨークを備えていない。これら第５態様の固定子ＳＴｅにおけるコア１６は、第１態様の固定子ＳＴａにおけるコア１６と同様であるので、その説明を省略する。第５態様の固定子ＳＴｅにおけるコイル１２ｃは、その導体部材が超伝導材料によって形成された線材である点を除き、第１態様の固定子ＳＴａにおけるコイル１２ａと同様であるので、その説明を省略する。

[0106] 回転子ＲＴｅは、アウターロータ型であるので、固定子ＳＴｅの両側それぞれに配置できるように、２個の第１および第２回転子ＳＴｅ－１、ＳＴｅ－２を備える。第１および第２回転ＳＴｅ－１、ＳＴｅ－２は、それぞれ、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａにおける回転子ＳＴａと同様に、回転部分であり、周方向に配置された、固定子ＳＴｅにおけるコイル１２ｃの複数のサブコイル１２１ｃとは異なる個数（極数）の磁石１４ａを備える。より具体的には、第１回転子ＲＴｅ－１は、例えば、複数の第１磁石１４ａ－１と、第１回転子側ヨーク１５ａ－１とを備える。これら第５態様の第１回転子ＲＴｅ－１における複数の第１磁石１４ａ－１および第１回転子側ヨーク１５ａ－１は、それぞれ、第１態様の回転子ＲＴａにおける複数の磁石１４ａおよび回転子側ヨーク１５ａと同様であるので、その説明を省略する。第２回転子ＲＴｅ－２は、例えば、複数の第２磁石１４ａ－２と、第２回転子側ヨーク１５ａ－２とを備える。これら第５態様の第２回転子ＲＴｅ－２における複数の第２磁石１４ａ－２および第２回転子側ヨーク１５ａ－２も、それぞれ、第１態様の回転子ＲＴａにおける複数の磁石１４ａおよび回転子側ヨ

ーク１５ａと同様であるので、その説明を省略する。そして、第１および第２回転子ＲＴｅ－１、ＲＴｅ－２は、固定子ＳＴｅを介して、磁石１４ａ－１、１４ａ－２を配置した各面で互いに対向するように、前記所定の旋回機構ＷＭの回転軸に連結されている。これによって第１および第２回転子ＲＴｅ－１、ＲＴｅ－２は、旋回機構ＷＭによって得られた回転運動が前記回転軸を介して伝達され、前記回転軸回りに回転する。

[0107] 筐体３１ｅは、第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａにおける筐体３１ａと同様に、密閉可能な例えば比較的扁平な略直方体形状の中空の箱体であり、固定子ＳＴｅを内蔵しているが、第５態様でも、上述のようにコイル１２ｃが超伝導材料によって形成されているので、これに対応可能に構成されている。そして、第５態様では、アウターロータ型であるため、箱体の筐体３１ｅの上面外側には、筐体３１ｅ内に配置された固定子ＳＴｅと対向するように、第１回転子ＲＴｅ－１が配置され、その底面外側には、筐体３１ｅ内に配置された固定子ＳＴｅと対向するように、第２回転子ＲＴｅ－２が配置されている。この第１回転子ＲＴｅ－１と固定子ＳＴｅとの間に介在する筐体３１ｅの部分（リング板状の第１隔壁）１３ｄ－１と、第２回転子ＲＴｅ－２と固定子ＳＴｅとの間に介在する筐体３１ｅの部分（リング板状の第２隔壁）１３ｄ－２とは、それぞれ、第３態様の隔壁１３ｃと同様に、非磁性かつ絶縁性を持つ第１材料、または、発電周波数に対応したスキンデプスが筐体３１ａの部分の厚さより１０倍以上大きい抵抗値を持つ第２材料で形成され、これら第１および第２材料は、さらに、断熱性を持つ材料である。

[0108] また、比較的扁平な箱体の筐体３１ｅにおける上面および底面それぞれには、略中央位置に貫通開口がそれぞれ形成され、筐体３１ｅにおける上面および底面との間に、その上面に形成された前記貫通開口およびその底面に形成された前記貫通開口それぞれに連通する円筒部材３６が配設され、この円筒部材３６内に、第２回転子ＲＴｅ－２を挿通して第１回転子ｄに連結される旋回機構ＷＭの回転軸が挿通している。

[0109] 筐体３１ｅの内部には、前記冷却材３３ｃが一杯に充填されており、筐体

３１ｅの適所に、前記調圧機構３２が配設され、そして、筐体３１ｃの適所（図１２に示す例では前記調圧機構３２の配設場所）に、前記冷凍機３４が配設されている。

[0110] このような第５態様のＡＧ型発電機ＰＧｅは、第１実施形態における第１態様のＡＧ型発電機ＰＧａと同様の作用効果を奏する。そして、第５態様のＡＧ型発電機ＰＧｅは、固定子ＳＴｅの両側にそれぞれ配置される２個の第１および第２回転子ＲＴｅ－１、ＲＴｅ－２を備えるので、片側に配置される１個の回転子ＲＴの場合に較べて、旋回機構WMによって生成された回転運動をより効率よく電力に変換できる。

[0111] 本明細書は、上記のように様々な態様の技術を開示しているが、そのうち主な技術を以下に纏める。

[0112] 一態様にかかるアキシャルギャップ型発電機は、コイルを備える固定子と、磁石を備え、前記固定子から回転軸方向に間隔を空けて配置される回転子とを備える。そして、前記コイルは、内周側から巻初めて外周側で巻き終わるようにコイル状に巻回された、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の導体部材と、前記コイル状に巻回された前記帯状の導体部材における各ターン間に配置される絶縁部材とを備えるシングルパンケーキ構造の複数のサブコイルを備える。これら前記複数のサブコイルは、回転軸の位置を中心に周方向に配置され、互いに隣接するサブコイル同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられている。

[0113] このようなアキシャルギャップ型発電機では、シングルパンケーキ構造の複数のサブコイルにおける互いに隣接するサブコイル同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられている。このため、このようなアキシャルギャップ型発電機は、複数のサブコイルを直列接続するために、巻き始めおよび巻き終りの各リードの取

り出しを必要とせず、それらの直列接続も必要としない。

[0114] また、他の一態様では、上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記導体部材は、超伝導材料によって形成された線材である。

[0115] この構成によれば、超伝導材料によって形成された線材を巻回したサブコイルのコイルを備えるアキシャルギャップ型発電機が提供される。そして、この構成によれば、前記互いに隣接するサブコイル同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結されるので、このようなアキシャルギャップ型発電機は、コイルを１本の帯状の長尺な導体部材で形成可能である。そして、この構成によれば、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられているので、このようなアキシャルギャップ型発電機は、長手方向のひねりをほぼ無くすことができる。したがって、このようなアキシャルギャップ型発電機は、超伝導特性を保つことができる。特に、このようなアキシャルギャップ型発電機は、超伝導特性を保持したまま接続する工法が未確立である酸化物系超伝導材料によって前記線材を形成する場合に、好適である。

[0116] また、他の一態様では、上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記固定子は、前記回転子に臨む面とは反対面上に設けられ、磁性体から形成された固定子側ヨークをさらに備える。

[0117] このようなアキシャルギャップ型発電機では、固定子側ヨークを備えるので、回転子の磁石面から出た磁束線は、サブコイルを貫通し、比較的低い磁気抵抗で前記固定子側ヨークを介して、前記貫通したサブコイルに隣接するサブコイルを貫通し、隣の反対極性をもつ磁石面へ導かれる。したがって、このようなアキシャルギャップ型発電機は、磁気回路を、このような閉ループにできる。この結果、このようなアキシャルギャップ型発電機は、コイル近傍の磁束線をコイル軸に平行化でき、磁気回路全体の磁気抵抗を下げ、磁界強度を強めることができ、結果的に、このようなアキシャルギャップ型発電機は、発電能力を向上できる。そして、コイル近傍の磁束線をコイル軸に平行化できるので、このようなアキシャルギャップ型発電機は、帯状の導体

部材を側面から貫く磁束線を抑制でき、その磁束線によって生じる渦電流を抑え、渦電流に起因する制動トルクを抑制できる。したがって、このようなアキシャルギャップ型発電機は、前記固定子側ヨークを備えない場合に較べて、より大きな電力を発電できる。

[0118] また、他の一態様では、上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記固定子側ヨークは、絶縁皮膜を持つ軟磁性粉末を圧縮成形することによって形成された部材である。そして、好ましくは、前記軟磁性粉末は、鉄基軟磁性粉末であり、より好ましくは、前記軟磁性粉末は、純鉄粉である。

[0119] 固定子側ヨークを貫く磁束線は、回転子側ヨークと異なり、回転子の回転による磁石の移動によって磁界の方向および強度が正弦波状に変化する。このため、導電性を持つ磁性体で固定子側ヨークを形成すると、その内部に渦電流が生じ、前記渦電流に起因する制動トルクを回転子に与えてしまう。しかしながら、上記アキシャルギャップ型発電機では、記固定子側ヨークは、絶縁皮膜を持つ軟磁性粉末の圧縮成形部材であるので、上記アキシャルギャップ型発電機は、固定子側ヨーク内を貫く磁束線に伴う渦電流が流れるための電流経路を阻害でき、渦電流を抑制できる。

[0120] また、他の一態様では、上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記固定子側ヨークは、コイル状に巻回された、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の電磁軟鉄または純鉄と、前記コイル状に巻回された前記帯状の電磁軟鉄または純鉄における各ターン間に配置される絶縁部材とを備えるシングルパンケーキ構造の部材である。

[0121] このようなアキシャルギャップ型発電機では、固定子側ヨークは、絶縁部材を介して巻回された帯状の電磁軟鉄または純鉄のシングルパンケーキ構造の部材であるので、上記アキシャルギャップ型発電機は、ターンごとに配設される前記絶縁部材によって、固定子側ヨーク内を貫く磁束線に伴う渦電流が流れるための電流経路を阻害でき、渦電流を抑制できる。

[0122] また、他の一態様では、上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記帯状の電磁軟鉄または純鉄は、発電周波数に対応したスキンデプス以下の

厚さである。

[0123] このようなアキシャルギャップ型発電機では、前記帯状の電磁軟鉄または純鉄がスキンデプス以下の厚さであるので、上記アキシャルギャップ型発電機は、前記帯状の電磁軟鉄または純鉄で生じる渦電流をさらに効果的に抑制できる。

[0124] また、他の一態様では、これら上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記回転子は、前記固定子に臨む面とは反対面上に、磁性体から形成された回転子側ヨークをさらに備える。

[0125] このようなアキシャルギャップ型発電機では、回転子側ヨークを備えるので、回転子における磁石の背面（固定子に臨む面とは反対面）から出た磁束線は、比較的低い磁気抵抗で前記回転子側ヨークを介して、隣の反対極性をもつ磁石の背面へ導かれる。したがって、このようなアキシャルギャップ型発電機は、磁気回路を、このような閉ループにできる。この結果、このようなアキシャルギャップ型発電機は、コイル近傍の磁束線をコイル軸に平行化でき、磁気回路全体の磁気抵抗を下げ、磁界強度を強めることができ、したがって、結果的に発電能力を向上できる。そして、コイル近傍の磁束線をコイル軸に平行化できるので、このようなアキシャルギャップ型発電機は、帯状の導体部材を側面から貫く磁束線を抑制でき、その磁束線によって生じる渦電流を抑え、渦電流に起因する制動トルクを抑制できる。したがって、このようなアキシャルギャップ型発電機は、前記固定子側ヨークを備えない場合に較べて、より大きな電力を発電できる。

[0126] また、他の一態様では、これら上述のアキシャルギャップ型発電機において、密閉可能な筐体をさらに備え、前記固定子は、前記筐体内に配置され、前記回転子は、前記筐体外に配置され、前記固定子と前記回転子との間に介在する前記筐体の部分は、非磁性かつ絶縁性を持つ材料、または、発電周波数に対応したスキンデプスが前記筐体の部分の厚さより１０倍以上大きい抵抗値を持つ材料で形成されている。

[0127] このようなアキシャルギャップ型発電機では、密閉可能な筐体内に固定子

が配置されるので、上記アキシャルギャップ型発電機は、固定子のコイル等の電装部品を筐体内に密閉でき、比較的長期間に亘って絶縁性を安定的に維持できる。そして、上記アキシャルギャップ型発電機では、前記固定子と前記回転子との間に介在する前記筐体の部分（隔壁）が非磁性かつ絶縁性を持つ材料で形成されているので、上記アキシャルギャップ型発電機は、回転子の磁石から出た磁束線を低減することなくそのまま固定子のコイルに導くことができ、発電能力の低下を防止できる。または、上記アキシャルギャップ型発電機では、前記固定子と前記回転子との間に介在する前記筐体の部分（隔壁）が前記抵抗値を持つ高抵抗な材料で形成されているので、上記アキシャルギャップ型発電機は、回転子の回転に伴って磁束線が周方向に走引されても（固定位置では強度が変化しても）、前記筐体の部分内に渦電流を生じさせない。この結果、上記アキシャルギャップ型発電機では、渦電流に起因する磁場の減衰が生じないので、その発電能力の低下が抑えられる。

[0128] また、他の一態様では、これら上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記非磁性かつ絶縁性を持つ材料は、さらに断熱性を持つ。前記非磁性かつ絶縁性を持つ材料は、好ましくは、ガラス、セラミックおよびガラス繊維強化樹脂のうちのいずれかである。

[0129] このようなアキシャルギャップ型発電機は、前記筐体の部分が断熱性を持つ材料であるので、外界からの熱の侵入を抑制できる。特に、前記帯状の導体部材が超伝導材料である場合に、上記アキシャルギャップ型発電機は、好適である。

[0130] また、他の一態様では、これら上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記磁石は、永久磁石であり、前記磁石における回転方向の幅および厚さをそれぞれW_{PM}およびT_{PM}とし、前記コイルの厚さをT_Cとし、前記磁石と前記コイルとの対向面間の距離をｇとする場合に、$W_{PM}／（T_{PM}＋T_C＋g）≧１．５$の扁平条件を満たす。

[0131] このようなアキシャルギャップ型発電機は、前記扁平条件を満たすので、後述で解析するように、固定子と回転子との間に前記筐体の部分（隔壁）が

介在しても、好適に、発電能力の低下が抑えられる。

[0132] また、他の一態様では、これら上述のアキシャルギャップ型発電機において、前記複数のサブコイルそれぞれの各芯部内に配置されたコアをさらに備える。

[0133] このようなアキシャルギャップ型発電機は、各サブコイルの各芯部内にコアを備えるので、回転子の磁石から出た磁束線をより多くコイルの芯部内へ導くことができ、その発電能力を向上できる。

[0134] この出願は、２０１４年３月４日に出願された日本国特許出願特願２０１４－４１９９７を基礎とするものであり、その内容は、本願に含まれるものである。

[0135] 本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および／または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

産業上の利用可能性

[0136] 本発明によれば、アキシャルギャップ型発電機を提供できる。

請求の範囲

[請求項1] コイルを備える固定子と、

磁石を備え、前記固定子から回転軸方向に間隔を空けて配置される回転子とを備え、

前記コイルは、内周側から巻初めて外周側で巻き終わるようにコイル状に巻回された、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の導体部材と、前記コイル状に巻回された前記帯状の導体部材における各ターン間に配置される絶縁部材とを備えるシングルパンケーキ構造の複数のサブコイルを備え、

前記複数のサブコイルは、回転軸の位置を中心に周方向に配置され、互いに隣接するサブコイル同士は、一方の巻き終わりが他方の巻始めとなって直列に連結され、前記一方の巻き終わり位置のコイル部分と前記他方の巻始めの位置のコイル部分とがコイル軸方向で重ねられていること

を特徴とするアキシャルギャップ型発電機。

[請求項2] 前記導体部材は、超伝導材料によって形成された線材であること

を特徴とする請求項１に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項3] 前記固定子は、前記回転子に臨む面とは反対面上に設けられ、磁性体から形成された固定子側ヨークをさらに備えること

を特徴とする請求項１または請求項２に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項4] 前記固定子側ヨークは、絶縁皮膜を持つ軟磁性粉末を圧縮成形することによって形成された部材であること

を特徴とする請求項３に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項5] 前記固定子側ヨークは、コイル状に巻回された、コイル軸方向の幅がコイル径方向の厚さよりも長い長尺な帯状の電磁軟鉄または純鉄と、前記コイル状に巻回された前記帯状の電磁軟鉄または純鉄における各ターン間に配置される絶縁部材とを備えるシングルパンケーキ構造

の部材であること

を特徴とする請求項３に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項6] 前記帯状の電磁軟鉄または純鉄は、発電周波数に対応したスキンデプス以下の厚さであること

を特徴とする請求項５に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項7] 前記回転子は、前記固定子に臨む面とは反対面上に、磁性体から形成された回転子側ヨークをさらに備えること

を特徴とする請求項１または請求項２に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項8] 前記帯状の導体部材は、発電周波数に対応したスキンデプス以下の厚さであること

を特徴とする請求項１または請求項２に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項9] 密閉可能な筐体をさらに備え、

前記固定子は、前記筐体内に配置され、

前記回転子は、前記筐体外に配置され、

前記固定子と前記回転子との間に介在する前記筐体の部分は、非磁性かつ絶縁性を持つ材料、または、発電周波数に対応したスキンデプスが前記筐体の部分の厚さより１０倍以上大きい抵抗値を持つ材料で形成されていること

を特徴とする請求項１または請求項２に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項10] 前記非磁性かつ絶縁性を持つ材料は、さらに断熱性を持つこと

を特徴とする請求項９に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[請求項11] 前記磁石は、永久磁石であり、

前記磁石における回転方向の幅および厚さをそれぞれW_{PM}およびT_{PM}とし、前記コイルの厚さをT_Cとし、前記磁石と前記コイルとの対向面間の距離をｇとする場合に、$W_{PM}/(T_{PM}+T_C+g)\geqq 1$．

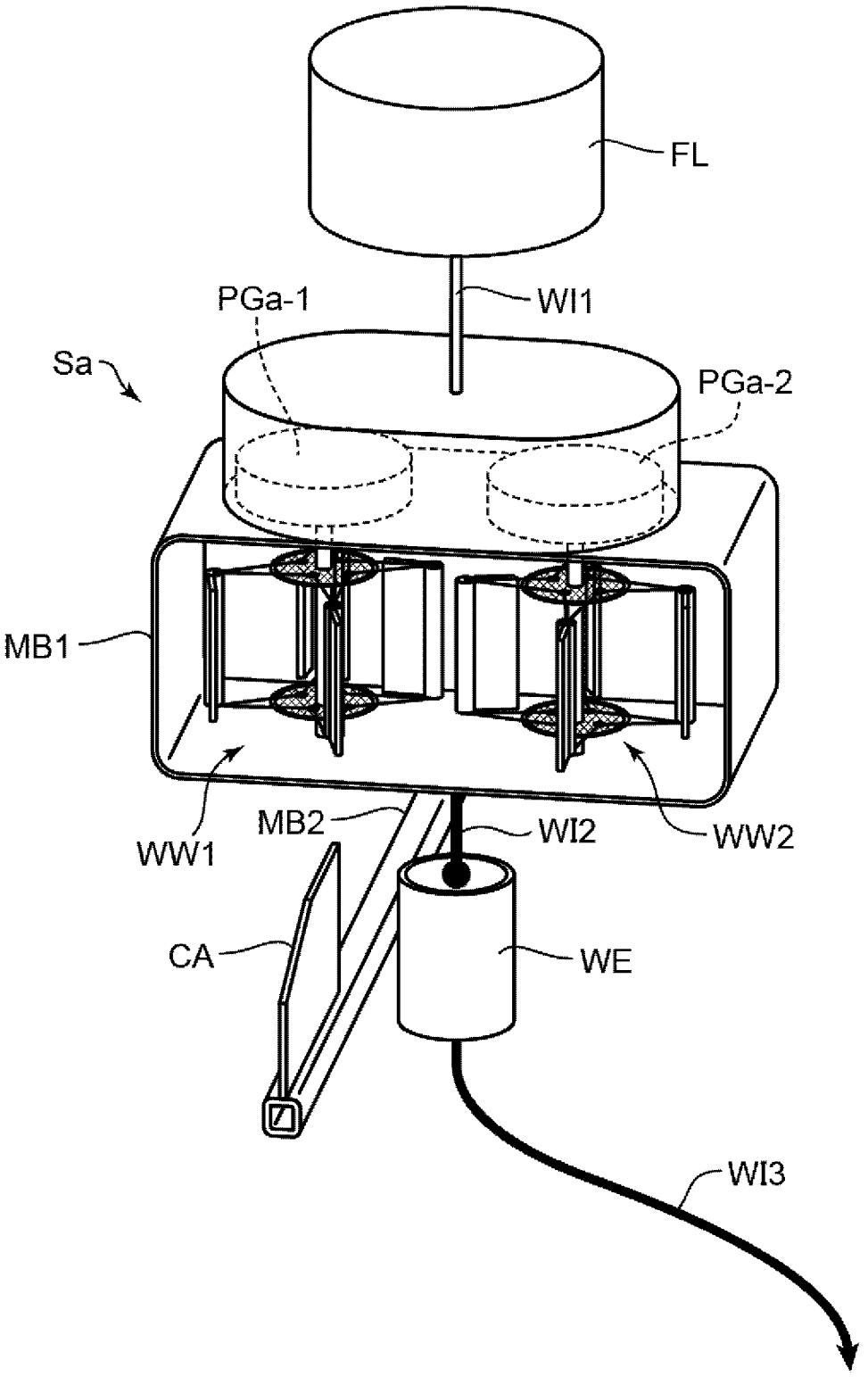
５の扁平条件を満たすこと

を特徴とする請求項１または請求項２に記載のアキシャルギャップ型発電機。

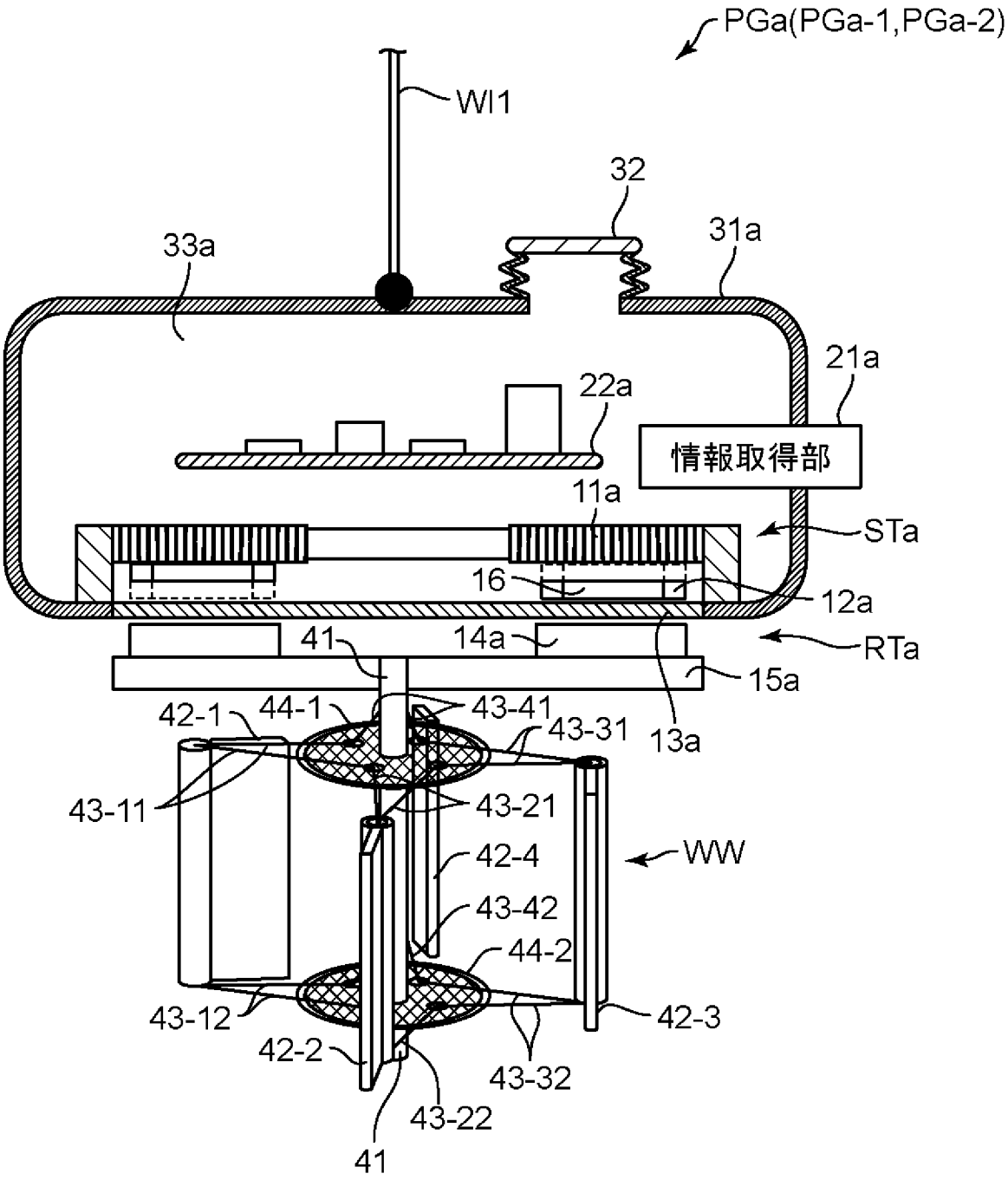
[請求項12] 前記複数のサブコイルそれぞれの各芯部内に配置されたコアをさらに備えること

を特徴とする請求項１または請求項２に記載のアキシャルギャップ型発電機。

[図1]

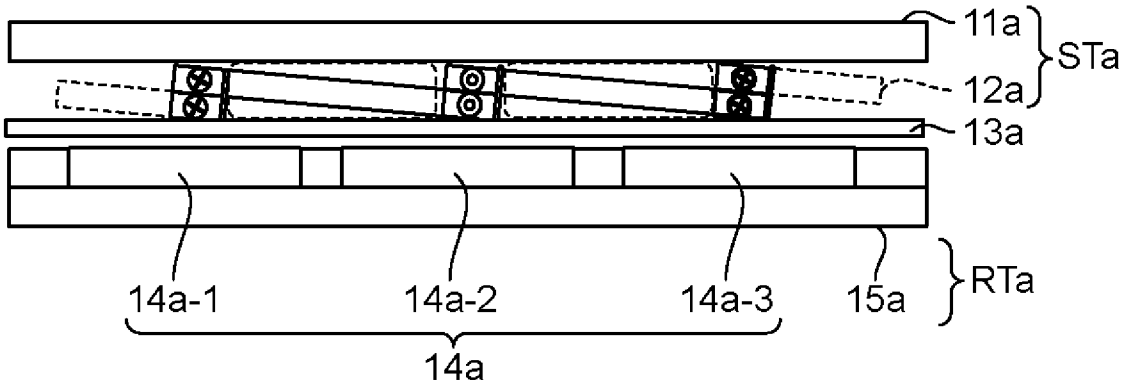


[図2]

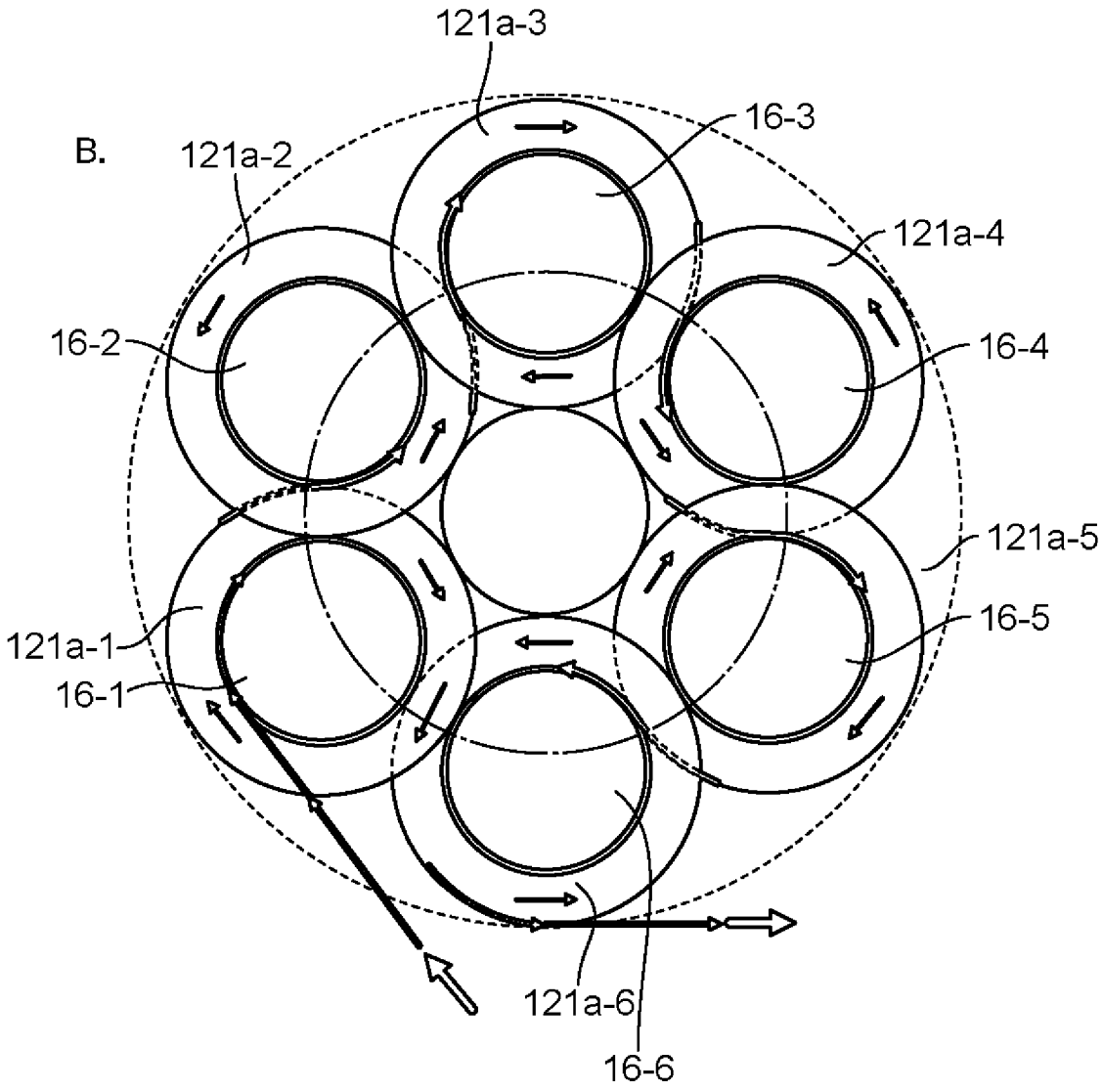

PGa(PGa-1,PGa-2)
WI1
32
31a
33a
21a
22a
情報取得部
11a
STa
16
12a
41
14a
RTa
15a
42-1
44-1
43-41
43-31
13a
43-11
43-21
42-4
WW
43-42
44-2
43-12
42-3
42-2
43-32
43-22
41

[図3]

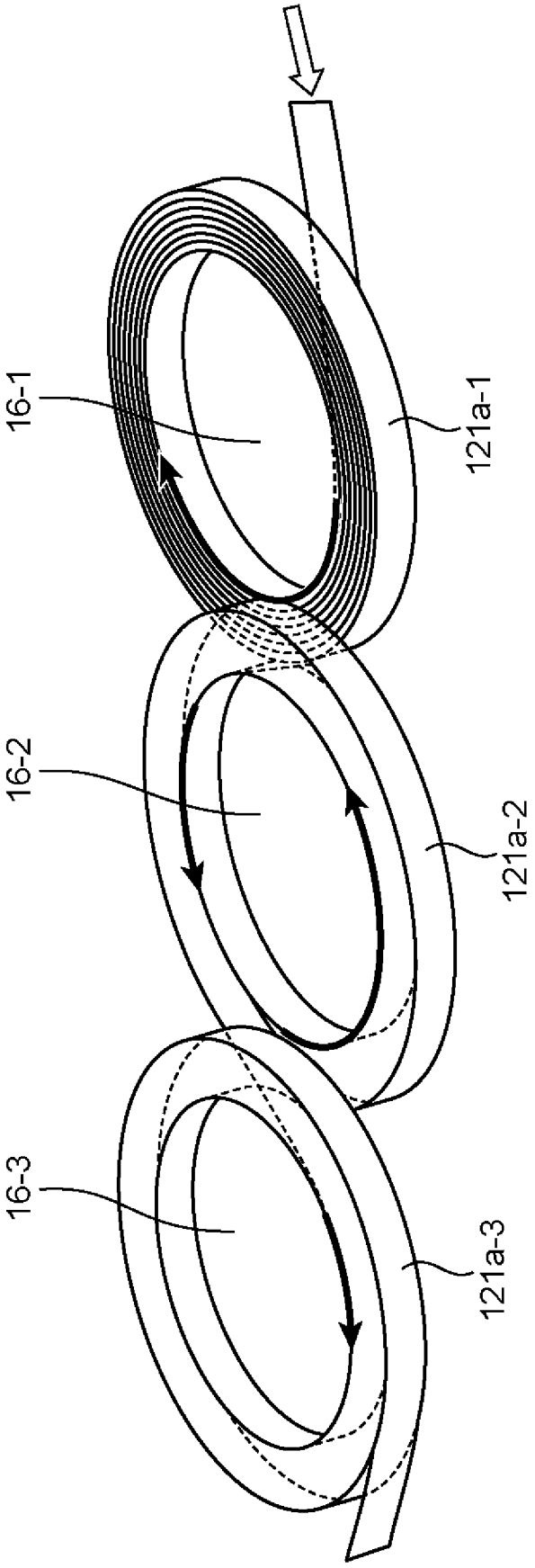
A.


11a
STa
12a
13a
14a-1
14a-2
14a-3
15a
RTa
14a

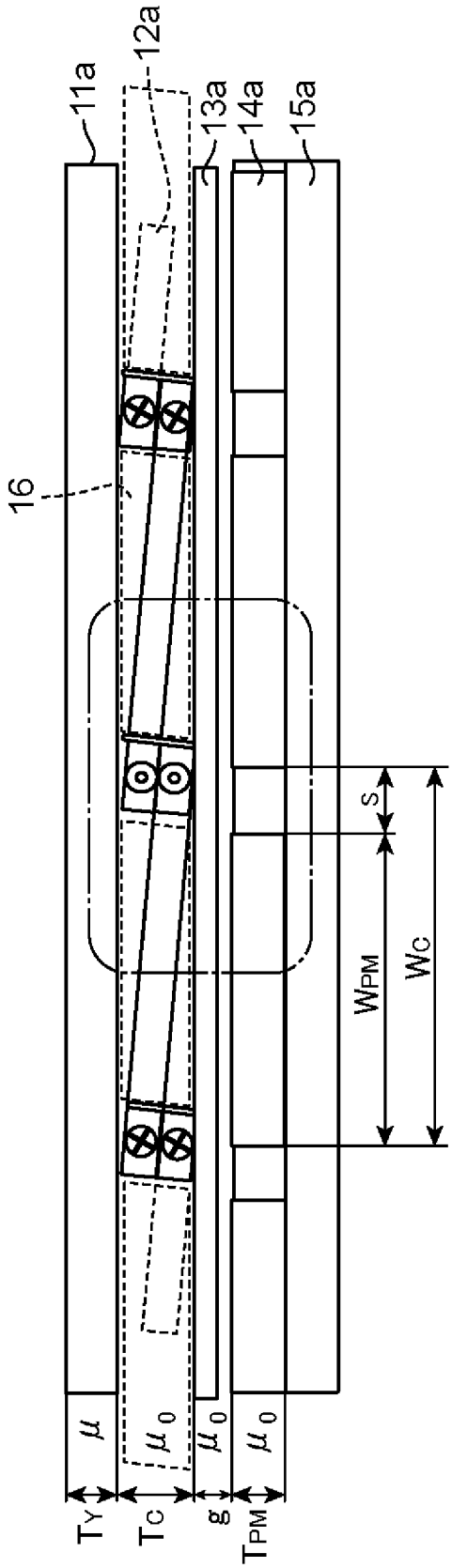
B.


121a-3
16-3
121a-2
121a-4
16-2
16-4
121a-5
16-5
121a-1
16-1
121a-6
16-6

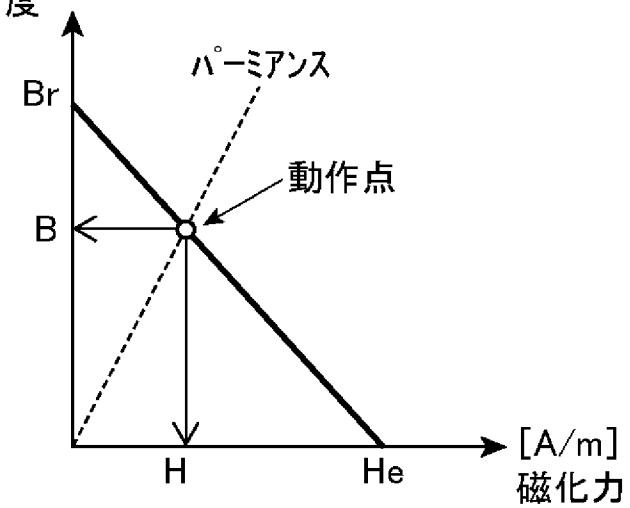
[図4]



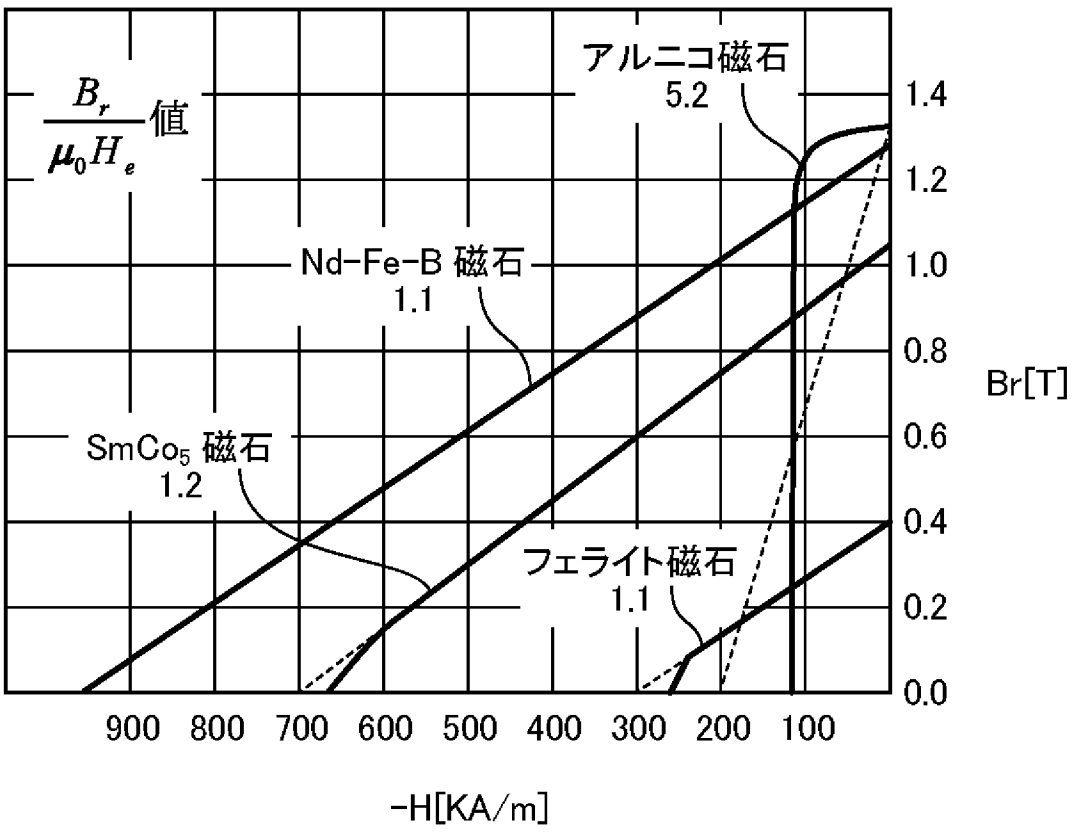
[図5]



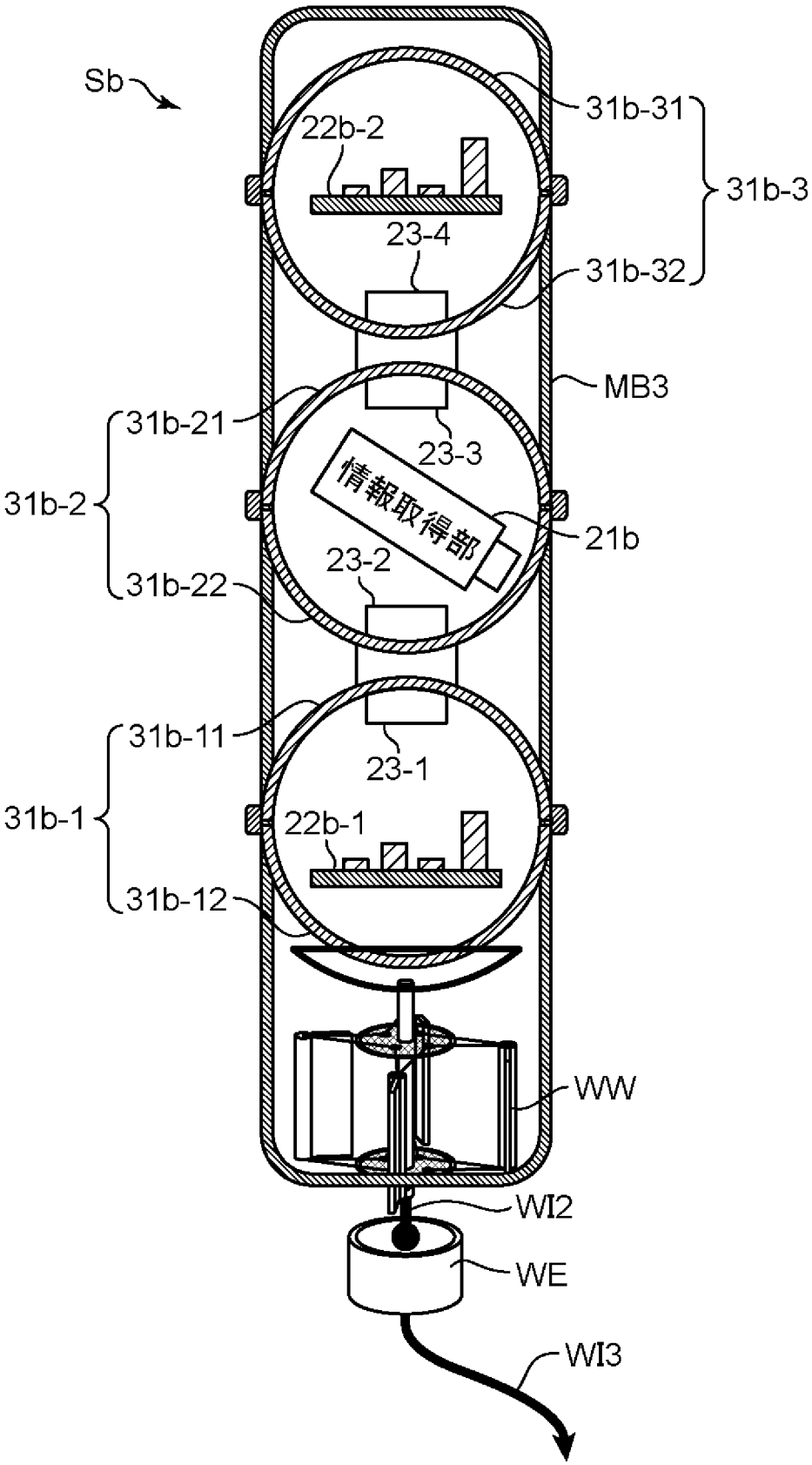
[図6]


磁束密度[T]
パーミアンス
Br
動作点
B
H
He
[A/m]
磁化力

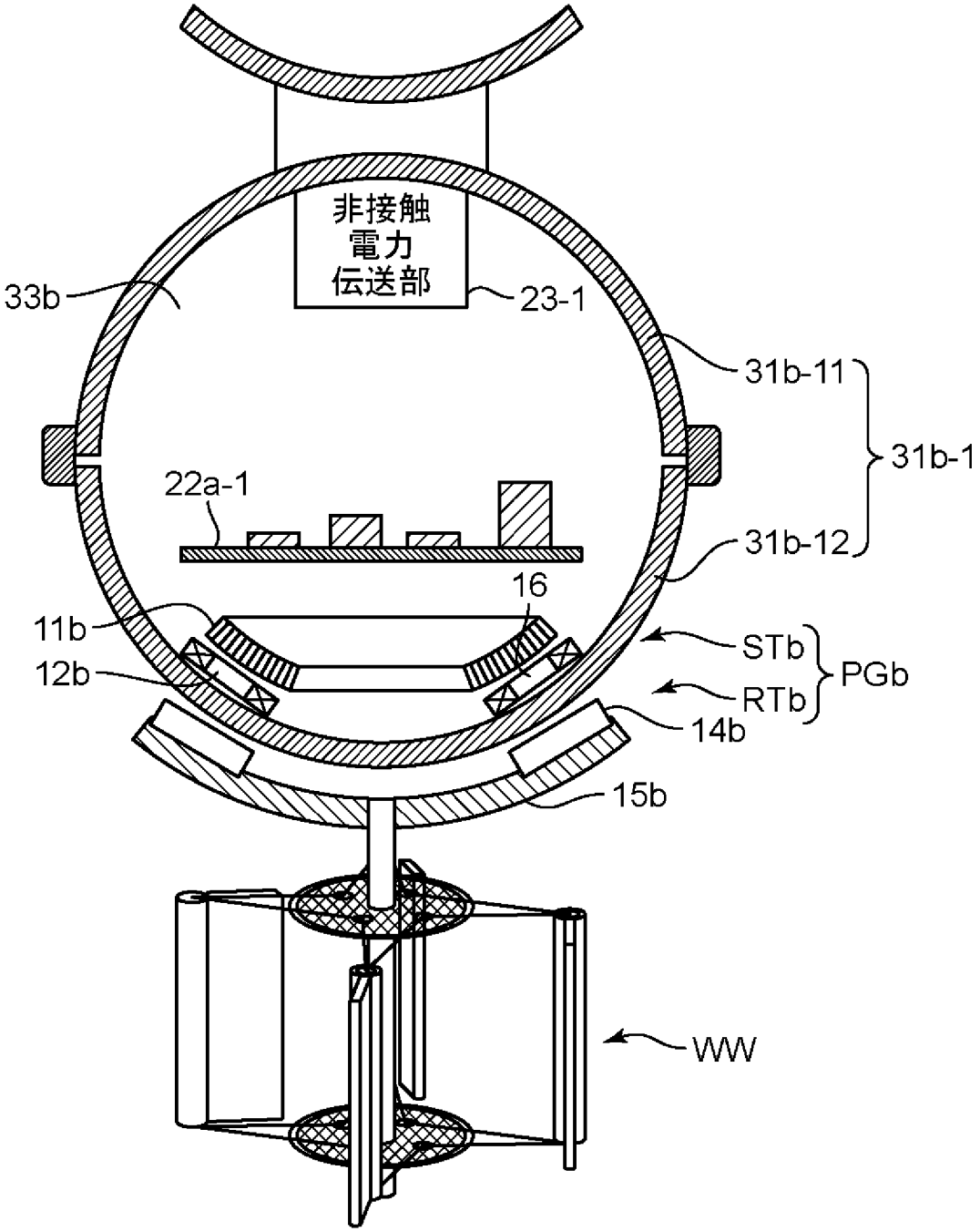
[図7]


$\frac{B_r}{\mu_0 H_e}$値
アルニコ磁石
5.2
Nd-Fe-B 磁石
1.1
SmCo5 磁石
1.2
フェライト磁石
1.1
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Br[T]
900 800 700 600 500 400 300 200 100
-H[KA/m]

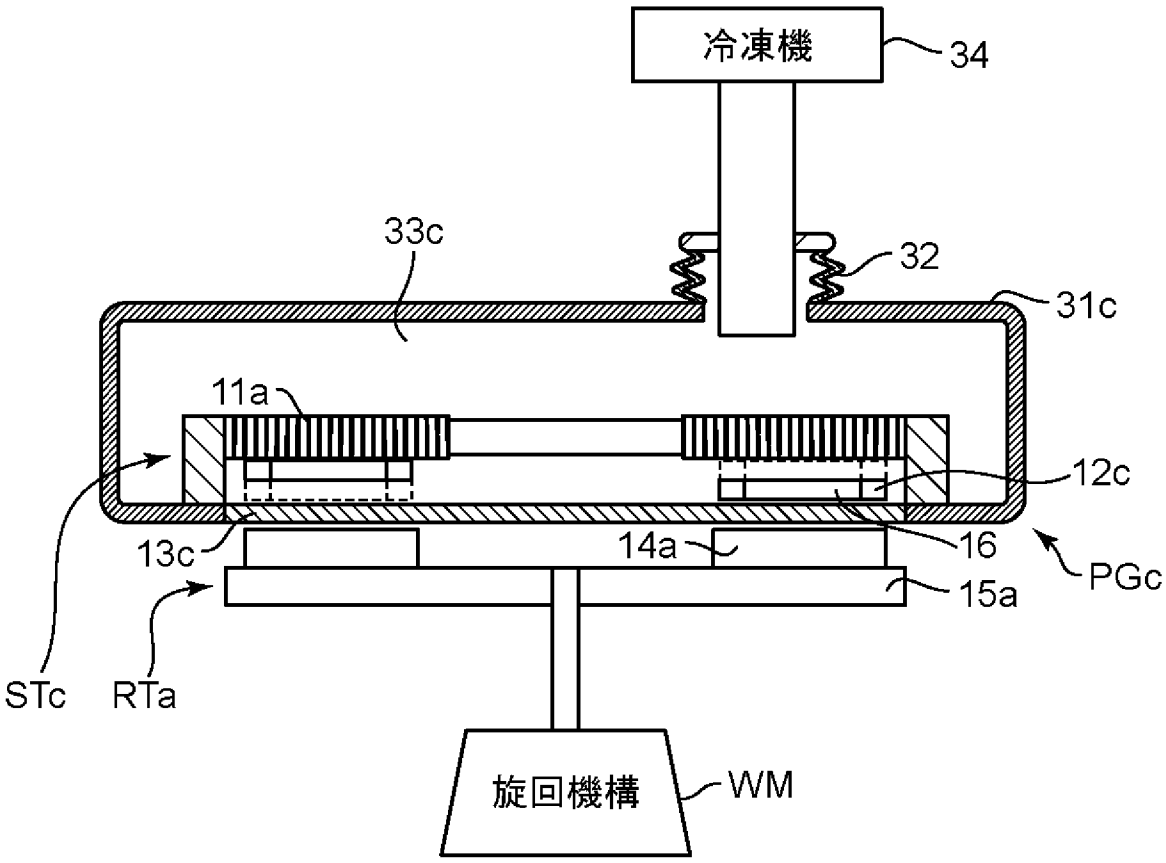
[図8]


Sb
31b-31
22b-2
31b-3
23-4
31b-32
MB3
31b-21
23-3
31b-2
情報取得部
21b
23-2
31b-22
31b-11
23-1
31b-1
22b-1
31b-12
WW
WI2
WE
WI3

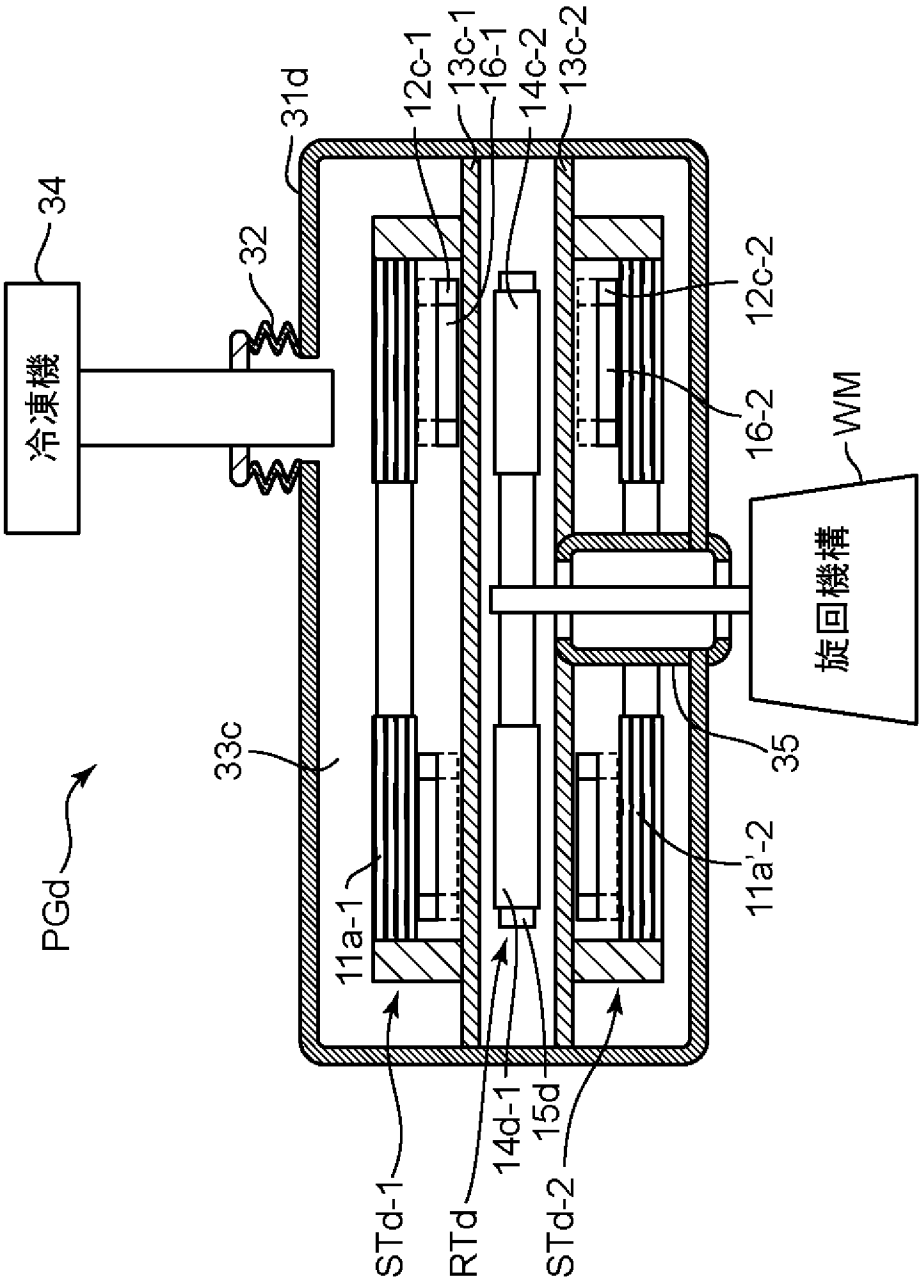
[図9]


非接触
電力
伝送部
33b
23-1
31b-11
31b-1
22a-1
31b-12
16
11b
STb
12b
RTb
PGb
14b
15b
WW

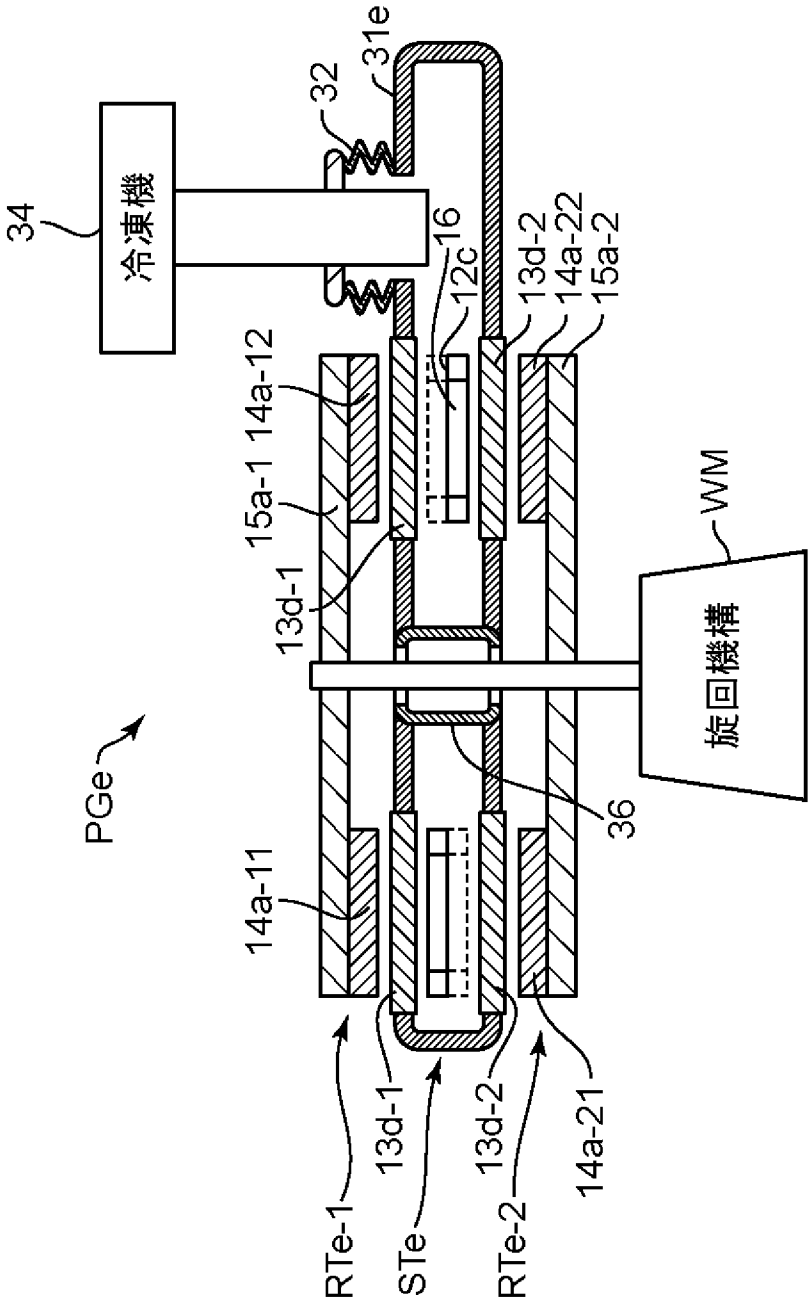
[図10]



[図11]


冷凍機
34
32
31d
12c-1
13c-1
16-1
14c-2
13c-2
12c-2
16-2
WM
旋回機構
35
11a'-2
33c
PGd
11a-1
STd-1
RTd
14d-1
15d
STd-2

[図12]


34
冷凍機
32
31e
16
12c
13d-2
14a-22
15a-2
14a-12
15a-1
13d-1
WM
旋回機構
PGe
36
14a-11
RTe-1
13d-1
STe
13d-2
RTe-2
14a-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/080933

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02K3/04(2006.01)i, *H02K1/02*(2006.01)i, *H02K1/12*(2006.01)i, *H02K55/02*(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)
H02K3/04, H02K1/02, H02K1/12, H02K55/02

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2013-155609 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 August 2013 (15.08.2013), entire text (Family: none)	1-12
A	JP 2005-224001 A (National University Corporation University of Fukui), 18 August 2005 (18.08.2005), entire text (Family: none)	1-12
A	JP 2012-88092 A (Kabushiki Kaisha Cho Dendo Kiko), 10 May 2012 (10.05.2012), entire text (Family: none)	1-12

☒ 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	Date of mailing of the international search report
02 February 2015 (02.02.15)	10 February 2015 (10.02.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/080933

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 2009-43912 A (Kobe Steel, Ltd.), 26 February 2009 (26.02.2009), entire text (Family: none)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０８０９３３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02K3/04(2006.01)i, H02K1/02(2006.01)i, H02K1/12(2006.01)i, H02K55/02(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.　H02K3/04, H02K1/02, H02K1/12, H02K55/02

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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 2013-155609 A（三菱重工業株式会社）2013.08.15, 全文（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2005-224001 A（国立大学法人福井大学）2005.08.18, 全文（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2012-88092 A（株式会社超電導機構）2012.05.10, 全文（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2009-43912 A（株式会社神戸製鋼所）2009.02.26, 全文（ファミリーなし）	1-12

☐　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	国際調査報告の発送日
０２．０２．２０１５	１０．０２．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　３７３６
服部　俊樹
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７