

(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
2010年8月5日(05.08.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/087178 A1

- (51) 国際特許分類:
F03D 1/02 (2006.01) F03D 11/00 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/000501
- (22) 国際出願日: 2010年1月28日(28.01.2010)
- (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 2009-020675 2009年1月30日(30.01.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人九州工業大学(KYUSHU INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒8048550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 金元敏明 (KANEMOTO, Toshiaki) [JP/JP]; 〒8048550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号国立大学法人九州工業大学内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 加藤久, 外 (KATO, Hisashi et al.); 〒8120011 福岡県福岡市博多区博多駅前3丁目2

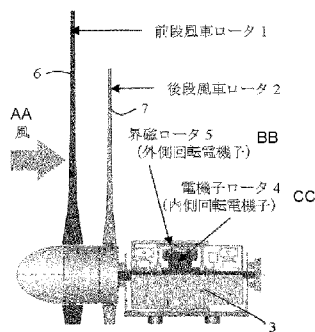
- 5番21号博多駅前ビジネスセンター411号 Fukuoka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: WIND TURBINE GENERATOR

(54) 発明の名称: 風力発電装置

[図1]



- AA... WIND
- 1... FRONT WIND ROTOR
- 2... REAR WIND ROTOR
- 5... FIELD ROTOR
- BB... (EXTERNAL ROTATION ARMATURE)
- 4... ARMATURE ROTOR
- CC... (INTERNAL ROTATION ARMATURE)

(57) Abstract: Provided is a tandem rotor type wind turbine generator capable of improving the efficiency of power generation. In the wind turbine generator, each blade (6) for a front wind rotor (1) connected to the armature rotor (4) for a motor (3) is configured as follows: in the area outer than the intermediate position of the radius of the rotation of the front wind rotor (1), in order to obtain a desired torque therein, a blade element composed of a blade type the cross-sectional shape along the rotational direction of which is curved is adopted, and the blade is twisted radially so as to obtain an angle of attack smaller by a predetermined stable margin angle than an angle of attack providing a maximum lift-drag ratio without regard to a radial position; in the area inner than the intermediate position of the rotation radius of the front wind rotor, in order to attain no-load therein, the blade is twisted radially so as to obtain an angle of attack in which without regard to a radial direction a drag acting on the blade element is small and the total force of the drag and a lift force is directed to the axial direction.

(57) 要約: 本発明は、発電効率を向上させることのできるタンデムロータ型の風力発電装置を提供することを目的とする。発電機(3)の電機子ロータ(4)に連結される前段風車ロータ(1)のブレード(6)には、

前段風車ロータ(1)の回転半径の中間位置の外側領域では、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りをもつ翼型からなる翼素を採用するとともに、半径位置によらず最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、前段風車ロータの回転半径の前記中間位置の内側領域では無負荷にするため、半径位置によらず、翼素に働く抗力が小さく、かつ揚力との合力が軸方向を向く迎え角が得られるように半径方向に捻りを与えたブレードを用いた風力発電装置。

WO 2010/087178 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称： 風力発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、発電効率を向上させることのできるタンデムロータ型の風力発電装置に関する。

背景技術

[0002] 風況が良好な欧米に適した従来技術の延長線上にある現状風車の問題点を克服し、適用範囲の拡大と運転方法の改善を目的とし、大小二段の風車ロータが固定子を持たない発電機の内外二重回転電機子／回転界磁をそれぞれ駆動する、まったく新しい風力発電装置が本願発明者によって提案され、特許が付与された（特許文献1）。その構成の概略図と特性図を図1、図2に示す。図1において本提案のタンデムロータ型風力発電装置は、前段風車ロータ1と後段風車ロータ2を同軸上に配置し、前段風車ロータ1を発電機3の電機子ロータ4（内側回転電機子）に、後段風車ロータ2を同発電機3の界磁ロータ5（外側回転電機子）にそれぞれ連結し、前段風車ロータ1のブレード6の捻れ方向と後段風車ロータ2のブレード7の捻れ方向とが軸方向に対して逆に向くように配置した構成である。図1は発電機3を搭載するタワーの上流側に風車ロータを設けたアップウィンド型であるが、同図の風車ロータの左右（前後）を入れ換え、右方向からの風に対応させると、タワーの後流側が風車ロータとなるダウンウィンド型にも適用できる。

[0003] このタンデムロータ型風力発電装置の特徴は、発電機3の電機子ロータ4と界磁ロータ5に働く相反回転トルクが一致する点で運転されるが、その回転速度と回転方向は任意であることを利用する風車ロータの回転挙動にある。増速機構はなく、前後段の風車ロータ軸が発電機3の電機子ロータ4と界磁ロータ5にそれぞれ連結されている。このとき上述のように、両ロータ4、5に働く相反回転トルク、すなわち前後二段の風車ロータ1、2それぞれの発生トルク（方向は逆）が同じ点で運転されるが、風車ロータ1、2の回転

速度や回転方向は風速に応じて次のようになる。図2に示すように、両風車ロータ1, 2はカットイン風速から互いに逆方向に回転（相反回転）し始め、風速の増加とともに両風車ロータの回転速度は増し、後段風車ロータ2の最高回転速度付近において出力一定の定格運転状態に達する。それより風速が増すと、後段風車ロータ2は回転トルクの大きい前段風車ロータ1と回転トルクを一致させるために徐々に減速し、停止状態を経て前段風車ロータ1と同方向に回転するようになる（風に逆らって上流側に空気を送る一種の送風作用）。このような挙動は、内外二重ロータ（回転電機子／回転界磁）方式の発電機3との的確な連携プレーによって実現される。

[0004] 本風力発電装置の好適なブレード枚数について考察した文献として、本願発明者の非特許文献1がある。

風車ロータのブレードとして最も簡単な平板（厚さ1.5mmの矩形、前段風車ロータ径500mmに対する後段風車ロータ径の比 $D_{RF}=0.71$ ）を用いた場合について、性能に及ぼす前後段風車ロータのブレード枚数 Z_F 、 Z_R の影響を図3に示す（風速 $V=12.1\text{ m/s}$ 、回転方向から測った前後段のブレード取付け角 $\beta_F=\beta_R=45^\circ$ ）。ここに、 N_T は相対回転速度 $[=N_F-N_R]$ 、 N_F 、 N_R ：前後段風車ロータの回転速度（前段風車ロータの回転方向を正）、 T は回転トルク、 P は出力であり、同図（a）は後段ブレード枚数 $Z_R=5$ で前段ブレード枚数 Z_F を変えた場合、（b）は $Z_F=3$ で Z_R を変えた場合である。回転速度に対する回転トルク変化や最高出力が得られる最適な回転速度が存在するなどの傾向は従来の単段風車となんら変わりはないが、本風力発電装置では後段風車ロータの回転挙動に着目する必要がある。

[0005] すなわち前述のように、後段風車ロータは、回転トルクが比較的小さい領域では前段風車ロータとは逆方向に回転（相反回転、極低風速から定格運転開始をある程度越えた風速までの運転）するが、回転トルクが大きくなるにつれて前段風車ロータと同方向に回転（同方向回転、強風下での運転）する必要がある。前段のブレード枚数を変えても回転トルクおよび出力はさほど変わらないが、 $Z_F=2$ では本着想の坳りどころである前後段風車ロータの同

方向回転は望めず、出力などから評価して、従来の単段風車ロータ通り $Z_F = 3$ が良好となる [図 3 (a)]。これに対し、性能に及ぼす後段ブレード枚数の影響は大きい [図 3 (b)]。後段ブレード枚数の増加とともに、回転トルクと出力は増加し、絶対値で見ると N_F は遅く N_R は速くなる。着想の相反回転と同方向回転の混在機能および出力から評価すると、後段のブレード枚数は $Z_R = 4 \sim 6$ が最適である。

[0006] 図 3 の相対回転速度、出力をそれぞれ相対周速比 λ_T (=前後段風車ロータの相対外周速度/風速)、出力係数 C_P [= $P / (\rho A V^3 / 2)$]、 ρ : 空気密度、 A : 風車ロータの受風面積] でまとめ直し、図 4 に示す。なお、風速に対して相似性が確認されたので、種々な風速における実験値を一つの曲線で代表させている。前述のように、 C_P に及ぼす前段ブレード枚数の影響は比較的少ないが、後段ブレード枚数の影響は顕著となる。図 4 (b) には前段ブレードのみで運転したときの値 (Single、単段風車ロータの場合に相当、もともと出力が期待できない平板のため絶対値の評価はさほど意味がない) を細実線で示すが、タンデム (二段) 風車ロータにすることにより、最高出力を与える最適相対周速比 λ_T は単段風車ロータの場合に比べて 3 倍近く速くなり、その出力 C_P も $Z_R = 5$ で 2.5 倍近くになる。

[0007] 前後段風車ロータの最適な直径比と軸間距離については、本願発明者の非特許文献 2、3 に示されている。

タンデム風車ロータとして望ましい直径比および軸間距離を求めるため、反りを持たない対称翼型の翼素からなる捻りがない二次元のブレード E (図 5)、産業技術総合研究所が公表している (<http://riodb.ibase.aist.go.jp/db060/index.html>) MEL002 翼型を流用して半径によらず好適な迎え角となるように捻りを与えたブレード G (図 6、現状実機の単段風車ロータに採用) を準備した (前段風車ロータ径 500 mm)。以下、表記の単純化のため、これらのブレードのアルファベットを前後段順に記し、例えば前段風車ロータに前段ブレード (Front Blade) G、後段風車ロータに後段ブレード (Rear Blade) E を使用した場合をタンデム風車ロータ (Tandem Wind Rotor

) GEと表記する。なお、相反回転時の回転方向から測った前後段風車ロータのブレードティップにおける取付角 β_F 、 β_R はそれぞれ予備的研究で最適化されている。

[0008] タンデム風車ロータEE, GEについて、出力特性に及ぼす前後段風車ロータの直径比 D_{RF} ($= d_R / d_F$; d_F, d_R : 前後段風車ロータの回転直径) の影響を図7に示す。ここに、 C_{Pmax} は各 D_{RF} における出力係数 C_P の最高値、 L は無次元軸間距離(後の図9参照)である。前段風車ロータの形状によらず、前段風車ロータを出た流れは半径外向きに向かうため(後の図10参照)、後段風車ロータ径が大きくなると、その流れのエネルギーをより多く吸収することができ、タンデム風車ロータとしての出力は高くなる($D_{RF}=1$ で最高値)。しかし、図8に示す風車ロータの回転挙動をみると、 D_{RF} が0.84付近より小さいと、相対回転速度 N_T が遅い領域において後段風車ロータは前段風車ロータと同方向に回転するが、 $D_{RF}=0.84$ よりも大きくなると前段風車ロータが後段風車ロータと同じ方向に回転する。後者の回転挙動は、本風力発電装置の着想から大きく逸脱するものである。したがって、着想に添い、かつ高出力が得られる最適な前後段風車ロータ径比は、 $D_{RF}=0.84$ 付近となる。

[0009] 次に、前後段風車ロータの軸方向距離比 L ($= L_{12} / d_F$, L_{12} : 前後段風車ロータの軸間距離) がタンデム風車ロータの出力 C_{Pmax} に与える影響を図9に示す。前後段風車ロータの軸間距離 L_{12} が短いほど高出力となり、その傾向はブレード形状に依存しない。図10に示すように、前段風車ロータ1を通過した流れは半径外向きの速度成分をもつため、図10(b)に示すように軸間距離 L_{12} が長いほど後段風車ロータ2に流入する流れが減少するためである。したがって、風によるブレードのたわみや振動などを考慮しながら、図10(a)に示すように、前後段風車ロータの軸間距離 L_{12} をできるだけ近づけるのが望ましい。

[0010] 特許文献1: 特許第4040939号公報

[0011] 非特許文献1: Toshiaki KANEMOTO and Ahmed Mohamed GALAL, Development o

f Intelligent Wind Turbine Generator with Tandem Wind Rotors and Double Rotational Armatures (1st Report, Superior Operation of Tandem Wind Rotors), JSME International Journal, Series B, Vol.49, No.2 (2006-5), pp. 450-457.

非特許文献2 : Toshiaki Kanemoto, Hiromi Mitarai, Koichi Kubo, Noboru Aoki, Nobuyuki Esaki, Akinori Maeyama, Hidenori Eguchi, Hideharu Noda and Ikumi Yamada, Almighty High Output Type Intelligent Wind Turbine Generator with Tandem Rotors, Proceedings of the 5th Joint JSME-ASME Fluid Engineering Conference, (2007-7), CD-ROM FEDSM2007-37534.

非特許文献3 : Koichi Kubo and Toshiaki Kanemoto, Development of Intelligent Wind Turbine Unit with Tandem Wind Rotors and Double Rotational Armatures (2nd Report, Characteristics of tandem wind rotors), Journal of Fluid Science and Technology, Vol. 3, No. 3, (2008-6), pp. 370-378.

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0012] 現在活躍している従来風車は、風況が良好な欧州や米国に適した単段プロペラに固執した延長線上にあり、次のような解決すべき技術的問題を抱えている。

(a) 高出力には大径風車ロータが適しているが微風速下では稼働せず、微風速下では軽量小径風車ロータが適しているが強風下でも出力が低いなど、風車ロータの径によって適用範囲は限定される。

(b) 電気の質が保たれるよう、発電機の磁界を横切る速度を速くするため、増速機構を介するか、あるいは大径／多極発電機を準備する必要がある。

(c) 強風速下における風車ロータやタワーの破損と発電機への過負荷を避け、かつ定格運転域で出力を一定に保つため、ブレーキや可変ピッチブレードなどの複雑な回転速度制御機構を必要とする。

(d) 従来風車は風速約 11 m/s 以上で出力一定の定格運転となる。たと

例えば、カリフォルニア州丘陵のアルタモントパスウィンドファームの平均風速は約 11 m/s 、デンマーク湾岸のミデルグランデンウィンドファームの平均風速は約 9 m/s であり、従来風車の能力が十分発揮されている。しかし、微風速と強風速の差が著しく、風車にとって良好な風況が安定して豊富に得られない地域、たとえば日本における年平均風速は離島や岬で $5 \sim 8 \text{ m/s}$ 、海岸地域で 5 m/s 内外、内陸で 3 m/s 、山岳や山頂で $5 \sim 10 \text{ m/s}$ であり、従来風車の定格運転開始風速 11 m/s 以上に達する地域や季節/時間はかなり限定される。風車の出力は、風速の3乗に比例するので、風速が遅くなるとともに著しく低下するから、風車にとって風況が好ましくない地域では低風速域での出力増大が望まれる。

今後は、風況を選ぶ従来風車を設置できる適地は少なくなり、風況を選ばず低風速にも適した高出力風力発電装置が採用されるようになると思われる。

[0013] 以上に述べた問題点を解決する風力発電装置の望ましい姿は、(1) 微風速下での出力増大、(2) 定格運転開始風速の低下、(3) 増速機構、ブレーキや可変ピッチ機構などの排除、であり、先に特許化したタンデムロータ型風力発電装置は、実用化のためのこれらの要求を総て満たすものである。

しかし、流体力学/航空力学を基盤にした単段のプロペラ開発に終始してきた従来の研究開発方針を踏襲する限り、今以上より格段の発展は望めないため、本発明者とは別の観点に立った新たな技術も提案されつつある。

[0014] その代表例として太田俊昭らの“風レンズ”（特開2009-47069号公報参照）があげられ、利用が難しい微風速エネルギーをも集積活用でき、格段の高出力化に成功しており将来の一姿と考えられるが、風車ロータまわりにダクトを設けるのでタワーに作用する抗力が極めて大きく、適用範囲は小容量/小型機に限られる。また、同様に小容量/小型機を対象として、柔軟ブレードの採用による騒音軽減と強風速下の自己出力制御、抗力可変型垂直軸風車（西ほか、「風圧利用抗力可変形風車の空力特性」、ターボ機械、第34巻第12号、pp. 44-50、2006年12月）などの発想も生まれつつある。

また、韓国では小径前段風車ロータと大径後段風車ロータあるいは同径風車ロータの採用を考えた例もある（Sung Nam Jung, et al., Aerodynamic performance prediction of 30 kW counter-rotating wind turbine system, www.sciencedirect.com, Renewable Energy 30 (2005), pp. 631-644.）。

[0015] 本発明の対象は、前記タンデムロータ型風力発電装置に採用する風車ロータに関するものである。本発明者は、二段ランナ（羽根車）と内外二重回転電機子方式発電機からなる相反転方式水力発電ユニットの開発実績を有しているが、本風力発電装置とは次の点で大きく相違している。

[0016] (a) ランナ流路：水力発電ユニットではランナを設ける流路を有するので、ランナを通過する流量（軸方向速度）は前後段とも同じであるが、風車ロータは自由流中に設けられるので、風が風車ロータを通過する際、前述のように半径方向外向き流れが生じる。したがって、前後の風車ロータを通過する軸方向速度は異なり、かつ本風力発電装置の後段風車ロータは風車作用と送風作用を兼ね備えるから流れは極めて複雑になる。その影響は前段風車ロータにまで及ぶので、たとえ前段風車ロータのみ取り上げても従来の単段風車ロータとは異なった流れとなり、新たな設計法の確立が必要となる。

(b) 回転速度：水力発電ユニットでは設置点の落差と流量によって前後段ランナの相対回転速度（一定）は決まるが、本風力発電装置の相対回転速度は風速と発電負荷に左右される。

上述のようにタンデム風車ロータは両風車ロータ間の流れの干渉が極めて強く、単段風車ロータの設計法が適用できないため、新たな設計法の確立が望まれる。

本発明は、発電効率を向上させることのできるタンデムロータ型の風力発電装置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

[0017] 前記目的を達成するための、本発明の第1の構成は、前段風車ロータと後段風車ロータを同軸上に配置し、一方の風車ロータを発電機の回転自在な電機子ロータに、他方の風車ロータを同発電機の回転自在な界磁ロータにそれ

ぞれ連結し、前記前段風車ロータのブレードの捻れ方向と前記後段風車ロータのブレードの捻れ方向とが軸方向に対して逆に向くように配置した風力発電装置において、

前記後段風車ロータの回転半径を、前記前段風車ロータの回転半径よりも短く同回転半径の半分よりも長くし、

前記前段風車ロータのブレードには、

同前段風車ロータの回転半径の中間位置の外側領域では、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りをもつ翼型からなる翼素を採用するとともに、半径位置によらず最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、

前記前段風車ロータの回転半径の前記中間位置の内側領域では無負荷にするため、半径位置によらず、翼素に働く抗力が小さく、かつ揚力との合力が軸方向を向く迎え角が得られるように半径方向に捻りを与えたことを特徴とする。

[0018] このように、大径の前段風車ロータでは、回転トルクにあまり寄与しない半径の小さいハブ側のブレード形状として、極力抗力が小さい翼素を採用して無負荷を実現し、半径の小さいところでは仕事をせず風を通り抜かせ、後段風車ロータに上流側の風のエネルギーをそのまま受け渡すことにより、タンデム風車ロータとして効率的なエネルギー吸収を行う。なお、「最高揚抗比」は、揚抗比曲線の最大値を取る揚抗比を意味する。

[0019] 本発明の第2の構成は、前記後段風車ロータのブレードは、同ブレード全域で、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りを持つ翼型からなる翼素とし、

前記前段風車ロータの前記外側領域に対応する後段風車ロータの部分では、前記前段風車ロータからの旋回流に対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、

前段風車ロータの前記内側領域に対応する後段風車ロータの部分では、無旋回流れに対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与えたことを特徴とする。

後段風車ロータのブレードを上述の形態とすることにより、後段風車ロータは全域にわたって効率良く風のエネルギーを吸収し、タンデム風車ロータとしての出力増大に寄与する。

[0020] 本発明の第3の構成は、前記前段風車ロータと前記後段風車ロータとを近接配置し、前記前段風車ロータのブレードの枚数を3枚とし、前記後段風車ロータのブレードの枚数を4～6枚としたことを特徴とする。

これにより、後段風車ロータは、微風速下で前段風車ロータとは逆方向に回転し始めるが、風速の増加とともに回転速度が最高になった後、徐々に減速し、さらに風速が増すと停止状態を経て前段風車ロータと同方向に回転し始めるようになり、タンデムロータ型風力発電装置としての理想的な運転が実現される。

[0021] 本発明の第4の構成は、後段風車ロータの回転半径を、前記前段風車ロータの回転半径に対して0.84付近にしたことを特徴とする。

これにより、前記後段風車ロータの相反回転、停止、同方向回転を実現しながら最高効率を達成することができる。

[0022] 本発明の第5の構成は、前記安定余裕角度が2～5度であることを特徴とする。

これにより、発電装置の運転の安定性を保持することができる。

[0023] 本発明の第6の構成は、前記前段風車ロータにおける中間位置が、前記前段風車ロータの回転半径の40～60%であることを特徴とする。

これにより、前段風車ロータの内側領域における風のエネルギーを後段風車ロータに有効に受け渡すことができる。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、前段風車ロータのブレードには、同前段風車ロータの回転半径の中間位置の外側領域では、所望する回転トルクが得られるように回

転方向に沿う断面形状が反りをもつ翼型からなる翼素を採用するとともに、半径位置によらず最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、前段風車ロータの回転半径の中間位置の内側領域では無負荷にするため、半径位置によらず、翼素に働く抗力が小さく、かつ揚力との合力が軸方向を向く迎え角が得られるように半径方向に捻りを与えたことにより、効率的な風のエネルギー変換が行われ、タンデムロータ型風力発電装置の特徴を十分に達成することができる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]先に提案した特許文献1におけるタンデムロータ型風力発電装置（アップウインドウ型の場合）の概略構成図である。
- [図2]図1に示したタンデムロータ型風力発電装置の運転時における各風車ロータの回転速度、出力特性と風速の関係を示すグラフである。
- [図3]風車ロータのブレードとして最も簡単な平板を用いた場合について、性能に及ぼす前後段風車ロータのブレード枚数の影響を示すグラフである。
- [図4]図3に対応し、風車ロータのブレード枚数の影響を受ける相対周速比と出力係数との関係を示すグラフであり、（a）は前段風車ロータのブレード枚数の影響、（b）は後段風車ロータのブレード枚数の影響を示す。
- [図5]反りを持たない対称翼型の翼素からなる捻りがない二次元のブレードEを示す側面図及び断面図である。
- [図6]半径によらず最適な迎え角となるように半径方向に捻りを与えたブレードGの形態を示すもので、（a）は前段風車ロータのブレードの側面図、正面図、平面図、底面図、各部の断面図であり、（b）は後段風車ロータのブレードの側面図、正面図、平面図、底面図、各部の断面図である。
- [図7]出力係数に及ぼす前後段風車ロータ径比の影響を示すグラフである。
- [図8]タンデム風車ロータの回転の振る舞いを示すグラフであり、（a）はタンデム風車ロータEEの場合、（b）はタンデム風車ロータGEの場合を示す。

[図9]出力特性に及ぼす前後段風車ロータの軸間距離の影響を示すグラフである。

[図10]風車ロータまわりの空気の流れの状態を示すもので、(a)は軸間距離が短い場合、(b)は軸間距離が長い場合を示す。

[図11]本発明の実施の形態に係るブレードの形態を示すものであり、(a)は前段風車ロータのブレードHの形態を示す正面図、側面図、平面図、底面図、各部の断面図、(b)は図6(b)と同様の後段風車ロータのブレードGの側面図、正面図、平面図、底面図、各部の断面図である。なお、本図に記された寸法は風洞実験用の小型ブレードのものである。

[図12]前段風車ロータ出入口の速度三角形および翼に働く揚力、抗力、合力の説明図であり、(a)はディップ側、(b)はハブ側を示す。

[図13]産業技術総合研究所(MEL)および米国の国家航空宇宙諮問委員会(NACA)が公表している一翼型の性能曲線であり、(a)は揚抗比、(b)は揚力係数、(c)は抗力係数を示す。

[図14]後段風車ロータの出力に及ぼす前段風車ロータのブレード形状の影響を示すグラフである。

[図15]タンデム風車ロータの相対周速比と出力係数との関係を示すグラフである。

符号の説明

- [0026]
- 1 前段風車ロータ
 - 2 後段風車ロータ
 - 3 発電機
 - 4 電機子ロータ(内側回転電機子)
 - 5 界磁ロータ(外側回転電機子)
 - 6 前段風車ロータのブレード
 - 7 後段風車ロータのブレード

発明を実施するための最良の形態

- [0027] 以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて説明する。

前段風車ロータの好適ブレード形状の一例（前段ブレードH）を図11（a）に示す。

本発明の風力発電装置のタンデム風車ロータとして望ましい形態は、次の通りである。

（a）前段風車ロータのブレード枚数は3枚、後段風車ロータのブレード枚数は4～6枚とする。

（b）前段風車ロータ径に対する後段風車ロータ径の比は0.84程度とする。

（c）両風車ロータは可能な限り隣接させる。

[0028] なお、図11（a）における寸法は、実験模型（前段風車ロータ径500mm）での数値を示しており、長さの単位はmmである。また、ブレードの各部の断面の角度および形状は、ブレードの長手方向の各寸法位置における設定値である。なお、後段風車ロータのブレードとしては、前掲の図6（b）と同様の形状を有する図11（b）の形状とすることができる。

[0029] 前段風車ロータの半径 r が大きいブレードティップ側（外側領域：回転半径の40～60%、本実施の形態では50%が目安）は従来通り、翼型の翼素を採用して所望する回転トルクが得られるように反りを与え、半径位置によらず最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角 α （以下に使用する α は、「最高揚抗比を与える迎え角」ではなく、安定余裕角度を引いた、この迎え角を指す。）となるようにブレードを半径方向に捻る。ティップ側の任意半径位置における翼素前後の速度三角形を図12（a）に示す。ここに、 u は周方向速度（回転速度 $r\omega$ ）、 v は絶対速度、 v_m は軸方向速度、 w は相対速度、 α は翼弦と相対速度 w_1 がなす迎え角、添字1、2は入口と出口断面の値である。

[0030] 出入口の相対速度 w_2 、 w_1 のベクトル平均に平行な方向の抗力 D とそれに垂直な揚力 L の合力 F の回転方向成分 F_T によって風車ロータが回転する。したがって、揚抗比（ $\varepsilon = L/D$ ）が大きいほど合力 F の回転方向成分 F_T すなわち出力は高くなり、たとえば、産業技術総合研究所のMEL002翼型では

、迎え角 $\alpha = 10$ 度付近で揚抗比は最高となる。半径によらず迎え角 $\alpha = 10$ 度に保ちたければ、図 12 (a) の速度三角形を参照して、各半径 r における風速 v_{m1} (一般には一定) と回転速度 $u = r \omega$ から相対速度 w_1 を求め、 w_1 と翼弦のなす角 α が半径によらず 10 度となるようにブレードを半径方向に捻ればよい。実際の設計では、風車ロータ回転の安定性を考慮して、最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が選定される。

[0031] ここで、ブレード形状によって揚力 L と抗力 D すなわち揚抗比 $\varepsilon = L/D$ は異なる。これらの値は画一的なものではなく (式では与えられない)、個々についてそれぞれ、性能試験あるいは数値シミュレーションによって求めざるを得ない。図 13 は産業技術総合研究所 (MEL) および米国 NASA (航空宇宙局) の前身である国家航空宇宙諮問委員会 (NACA) が公表している一翼型の性能曲線 (Robert E. S. et al., Aerodynamic Characteristics of Seven Symmetrical Airfoil Sections Through 180-Degree Angle of Attack for Use in Aerodynamic Analysis of Vertical Axis Wind Turbines, SAND80-2114, (1981)) である。

[0032] 図 12 (a) からわかるように揚抗比 $\varepsilon = L/D$ が大きいほど回転力 F_T は大きくなる。たとえば図 13 (a) の MEL002 翼型では、迎え角 $\alpha = 10$ 度付近で揚抗比は最高となる。理想的にはこの迎え角となるようにブレードを設計すればよい。しかし、実際の風は乱流成分を持ちながら脈動している。また、風力発電装置自身の何らかの問題で回転速度や負荷が変わる場合がある。たとえば、MEL002 を用いて迎え角 $\alpha = 10$ 度で設計されたブレードを考える。何らかの外乱等で回転速度 u が遅くなると迎え角 α は 10 度より大きくなる (図 12 参照)。このとき、揚抗比は急激に低下 (図 13 参照, 揚力の低下、抗力の増加: 失速)、すなわち回転力 F_T は低下し、風車ロータの回転速度はますます遅くなるほうに向かう。これに対し、回転速度が速くなった場合、迎え角は 10 度より小さくなり、揚抗比が減少して回転速度は減少方向に向かい元の状態に復元する。

[0033] 以上の理由により、実際の設計迎え角は、最高揚抗比が得られる角度よりも安定余裕角度分小さく選定され、運転の安定領域を広くとる。どの程度、小さくするかは企業やエンジニア等の設計思想によるが、目安としては2～5度、本実施の形態では3度程度小さくしている。

[0034] 本発明の前段風車ロータのブレードは、大径の風車ロータでは回転トルクにあまり寄与しない半径の小さいハブ側（内側領域：回転半径の60～40%〔（回転半径－外側領域の長さ）／回転半径〕、本実施の形態では50%が目安）の形状に特徴がある。すなわち、極力抗力が小さい翼素を採用して無負荷を実現し、前段風車ロータは、半径の小さいところでは仕事をせず風を通り抜かせ、後段風車ロータに上流側の風のエネルギーをそのまま受け渡す。図12（b）に示すように、前段風車ロータに流入する軸方向流れ（ $v_1 = v_{m1}$ ）はそのまま方向を変えずに軸方向に流出する（ $v_2 = v_{m2}$ ）ようにすれば、風が前段風車ロータを通過する際に流れの角運動量変化が生じない、すなわち半径の小さいハブ側における前段風車ロータは無負荷となり風のエネルギーを吸収しない。このとき当然、相対速度 w_1 、 w_2 の方向も同じとなる。

[0035] 風車ロータ前後で流れの角運動量変化が生じないことは、翼素に働く回転方向（周方向）の力が無い（ $F_T = 0$ ）ことである。すなわち、図12（b）に示すように、翼素に働く抗力Dと揚力Lの合力Fが軸方向に向き、Fの回転方向成分が $F_T = 0$ となるようにすればよい。このときの揚力と抗力の関係は速度三角形と相似となり、揚抗比 ϵ は

$$\epsilon = L / D = u / v_{m1} = r \omega / v_{m1} \dots \dots \dots (1)$$

で与えられ、回転方向から測った相対流れ角 β は

$$\beta = \tan^{-1} (v_{m1} / r \omega) = \tan^{-1} (D / L) \dots \dots \dots (2)$$

で与えられる。

[0036] したがって、式（2）で与えられる相対流れ角 β に対して、式（1）の揚抗比 ϵ が得られる迎え角 α となるように、各半径位置の翼弦方向を決めれば良い（ブレードの捻り）。このとき、合力Fは軸方向の運動量変化、すなわち軸方向速度の減少を招くので、合力Fすなわち抗力Dが極力小さい翼素を

採用する。図 1 2 (b) には例として対称翼型を示しているが、反りを持つ翼型でも本目的は達成できる。

[0037] このように、大径の前段風車ロータでは期待できない半径が小さいところのエネルギー吸収を、小径の後段風車ロータに任せることにより出力は増加する。たとえば、直径 $d_F = 500 \text{ mm}$ のモデルによる前段ブレード G の最高出力点付近で発生する回転トルクは、ティップ側 50% で 0.1136 Nm に対し、ハブ側 50% では 0.0096 Nm であり、ハブ側で発生する回転トルクが出力 (= 回転トルク \times 回転角速度) に及ぼす影響は微々たるものであることが確認できる。

[0038] タンデム風車ロータとしては、単段風車ロータとして最適なものを単に組み合わせるのではなく、上述のように前段風車ロータについては半径の小さい部分であえて風のエネルギーを吸収しないブレードを採用する。これに対する後段風車ロータのブレードは、前段風車ロータからの流れにマッチングするように次のような形状を採用する。

すなわち、ブレード全域で、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りを持つ翼型からなる翼素とし、前段風車ロータ径の外側領域に相当する領域では、前段風車ロータからの旋回流に対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角、内側領域に相当する領域では無旋回流に対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角となるように、半径方向に捻りを与える。

[0039] 図 1 4 は出力向上の実証結果を示すもので、後段ブレード G の出力係数 C_{PR} に及ぼす前段ブレード形状の影響を示す (λ_R : 後段風車ロータの周速比)。上述した前段ブレード H を採用すると、後段風車ロータに十分な風のエネルギーを与えることができ、出力係数 C_{PR} は格段に向上する。

前段ブレード H は半径の小さいところで仕事をしない分、他の風車ロータと比較して幾分出力係数 C_{PF} は小さくなる (前段ブレード G の最高出力係数 0.175 に対し、前段ブレード H の最高出力係数 0.160) が、それ以上に後段風車ロータの出力向上 (前段ブレード G を採用したときの後段ブレード

ドGの最高出力係数0.138に対し、前段ブレードHを採用したときの後段ブレードGの最高出力係数0.165)が目立ち、タンデムロータ型風力発電装置としての出力は増加する(図15)。なお、前段ブレードG単段での出力係数 C_p は0.287である。

産業上の利用可能性

[0040] 本発明は、発電効率の高い風力発電装置として、クリーンエネルギー化を目指す風力発電産業、機械産業、電気産業、電力産業の各分野において利用することができる。

請求の範囲

[請求項1]

前段風車ロータと後段風車ロータを同軸上に配置し、一方の風車ロータを発電機の回転自在な電機子ロータに、他方の風車ロータを同発電機の回転自在な界磁ロータにそれぞれ連結し、前記前段風車ロータのブレードの捻れ方向と前記後段風車ロータのブレードの捻れ方向とが軸方向に対して逆に向くように配置した風力発電装置において、

前記後段風車ロータの回転半径を、前記前段風車ロータの回転半径よりも短く同回転半径の半分よりも長くし、

前記前段風車ロータのブレードには、

同前段風車ロータの回転半径の中間位置の外側領域では、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りをもつ翼型からなる翼素を採用するとともに、半径位置によらず最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、

前記前段風車ロータの回転半径の前記中間位置の内側領域では無負荷にするため、半径位置によらず、翼素に働く抗力が小さく、かつ揚力との合力が軸方向を向く迎え角が得られるように半径方向に捻りを与えた

ことを特徴とする風力発電装置。

[請求項2]

前記後段風車ロータのブレードは、同ブレード全域で、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りを持つ翼型からなる翼素とし、

前記前段風車ロータの前記外側領域に対応する後段風車ロータの部分では、前記前段風車ロータからの旋回流に対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、

前段風車ロータの前記内側領域に対応する後段風車ロータの部分では、無旋回流れに対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定

余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与えたことを特徴とする請求項 1 記載の風力発電装置。

[請求項3] 前記前段風車ロータと前記後段風車ロータとを近接配置し、前記前段風車ロータのブレードの枚数を 3 枚とし、前記後段風車ロータのブレードの枚数を 4～6 枚としたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の風力発電装置。

[請求項4] 後段風車ロータの回転半径を、前記前段風車ロータの回転半径に対して 0.84 付近にしたことを特徴とする請求項 1, 2 または 3 記載の風力発電装置。

[請求項5] 前記安定余裕角度が 2～5 度である請求項 1 から 4 のいずれかの項に記載の風力発電装置。

[請求項6] 前記前段風車ロータにおける中間位置が、前記前段風車ロータの回転半径の 40～60% である請求項 1 から 5 のいずれかの項に記載の風力発電装置。

補正された請求の範囲
[2010年6月15日 (15.06.2010) 国際事務局受理]

[請求項]

(補正後) 前段風車ロータと後段風車ロータを同軸上に配置し、一方の風車ロータを発電機の回転自在な電機子ロータに、他方の風車ロータを同発電機の回転自在な界磁ロータにそれぞれ連結し、前記前段風車ロータのブレードの捻れ方向と前記後段風車ロータのブレードの捻れ方向とが軸方向に対して逆に向くように配置した風力発電装置において、

前記後段風車ロータの回転半径を、前記前段風車ロータの回転半径よりも短く同回転半径の半分よりも長くし、

前記前段風車ロータのブレードには、

同前段風車ロータの回転半径の中間位置の外側領域では、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りをもつ翼型からなる翼素を採用するとともに、半径位置によらず最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、

前記前段風車ロータの回転半径の前記中間位置の内側領域では無負荷にするため、半径位置によらず、翼素に働く抗力が小さく、かつ揚力との合力が軸方向を向く迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、

前記後段風車ロータのブレードは、同ブレード全域で、所望する回転トルクが得られるように回転方向に沿う断面形状が反りを持つ翼型からなる翼素とし、

前記前段風車ロータの前記外側領域に対応する後段風車ロータの部分では、前記前段風車ロータからの旋回流に対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与え、

前段風車ロータの前記内側領域に対応する後段風車ロータの部分では、無旋回流れに対して最高揚抗比を与える迎え角よりも所定の安定

余裕角度分小さい迎え角が得られるように半径方向に捻りを与えたことを特徴とする風力発電装置。

[請求項2] (削除)

[請求項3] (補正後) 前記前段風車ロータと前記後段風車ロータとを近接配置し、前記前段風車ロータのブレードの枚数を3枚とし、前記後段風車ロータのブレードの枚数を4～6枚としたことを特徴とする請求項1記載の風力発電装置。

[請求項4] (補正後) 後段風車ロータの回転半径を、前記前段風車ロータの回転半径に対して0.84付近にしたことを特徴とする請求項1または3記載の風力発電装置。

[請求項5] (補正後) 前記安定余裕角度が2～5度である請求項1, 3または4のいずれかの項に記載の風力発電装置。

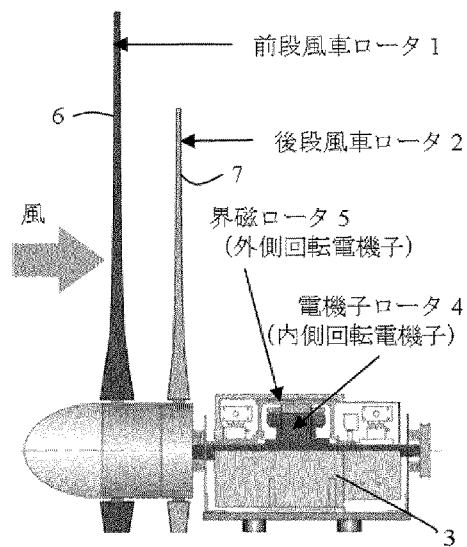
[請求項6] (補正後) 前記前段風車ロータにおける中間位置が、前記前段風車ロータの回転半径の40～60%である請求項1, 3から5のいずれかの項に記載の風力発電装置。

条約第19条(1)に基づく説明書

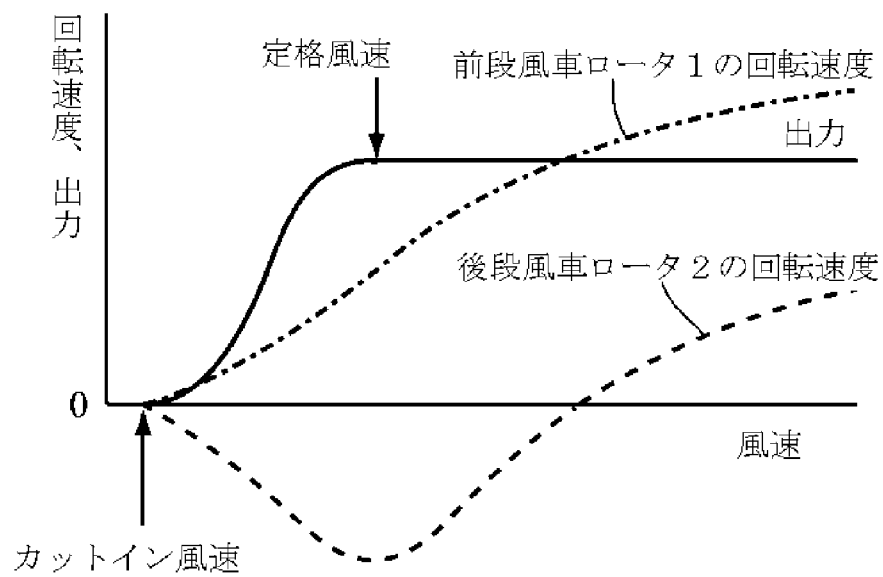
補正後の請求の範囲第1項は、補正前の請求の範囲第2項の内容を、補正前の請求の範囲第1項に付加したものである。補正前の請求の範囲第2項は、国際調査報告で引用されたいずれの文献にも記載されておらず、新規性および進歩性を有するものであるから、この補正により、補正後の請求の範囲第1項は、新規性および進歩性を有している。

出願時の請求の範囲第2項は削除した。

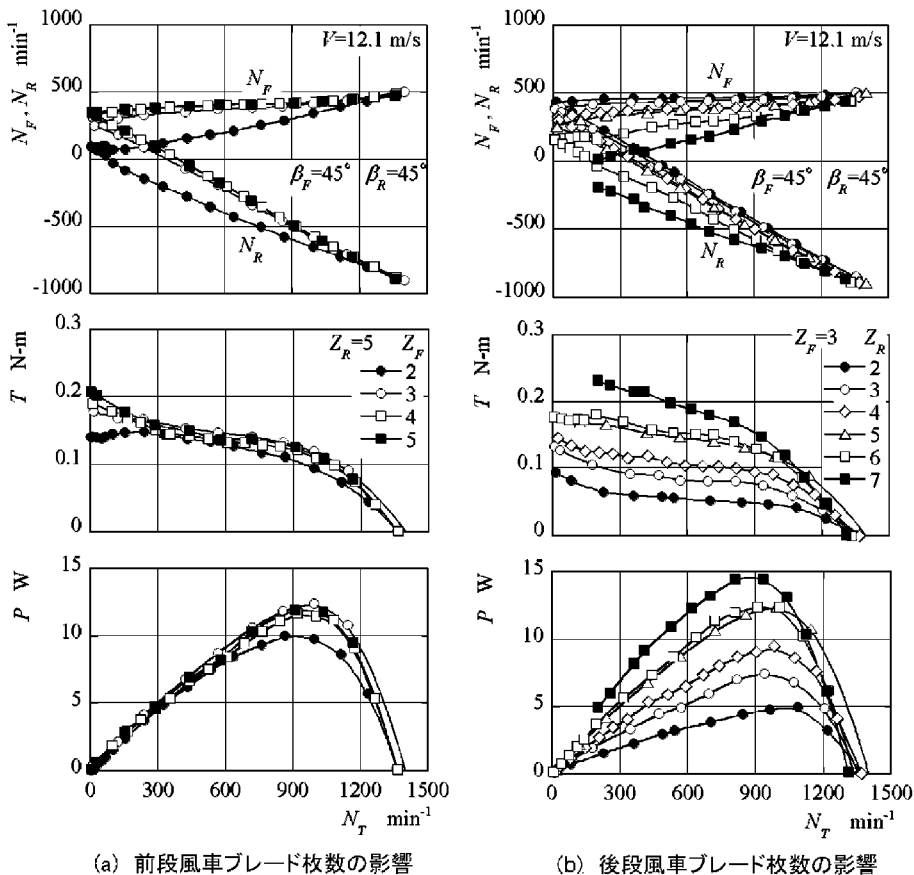
[図1]



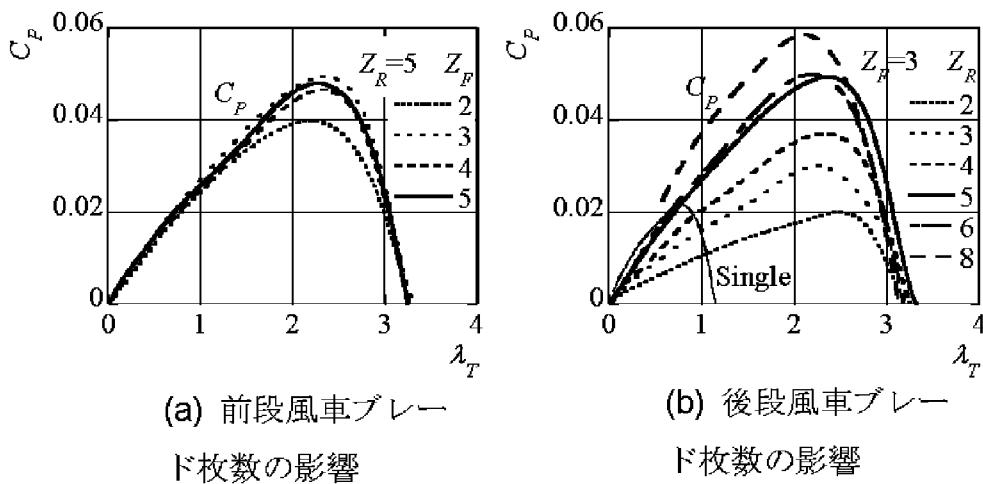
[図2]



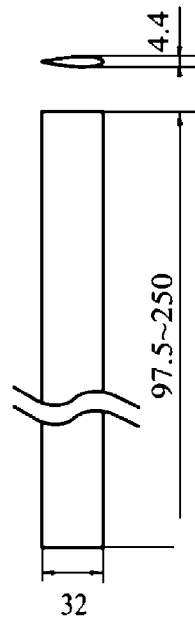
[図3]



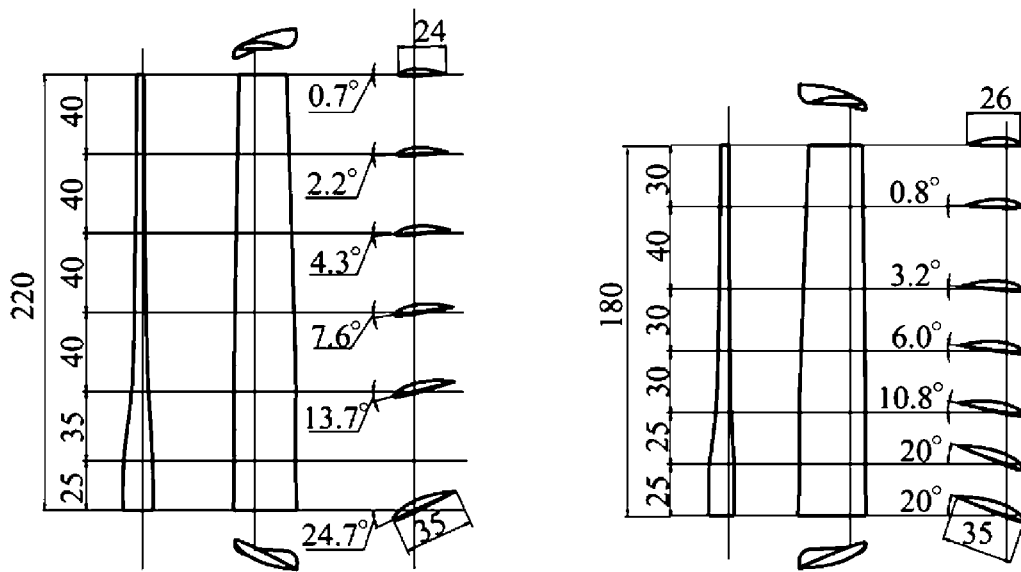
[図4]



[図5]



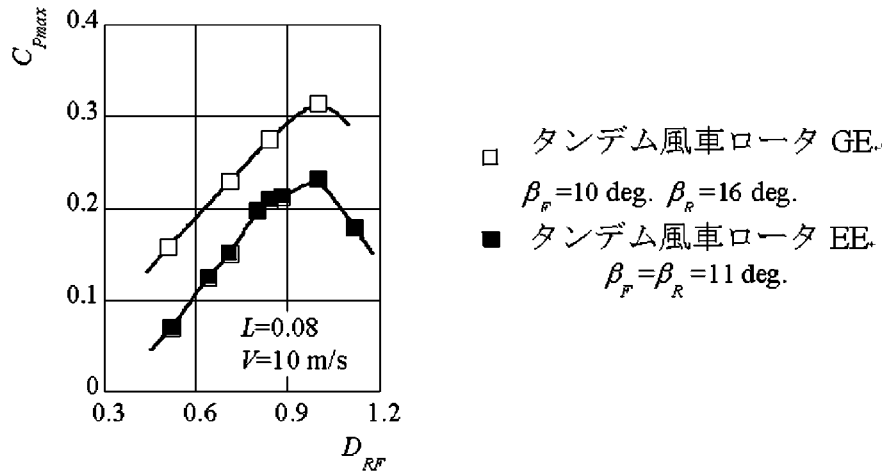
[図6]



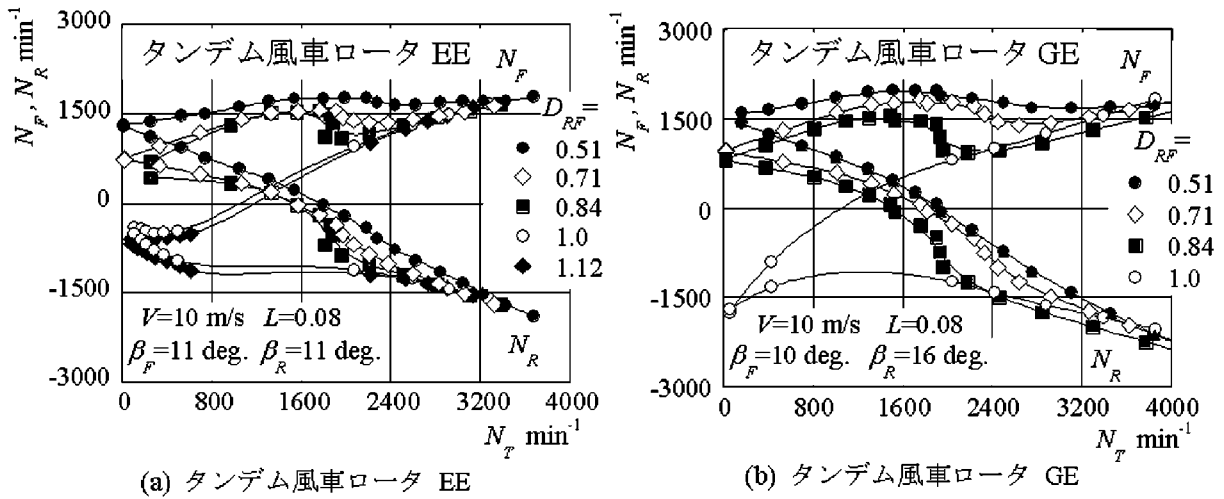
(a)前段風車ブレード G

(b)後段風車ブレード G

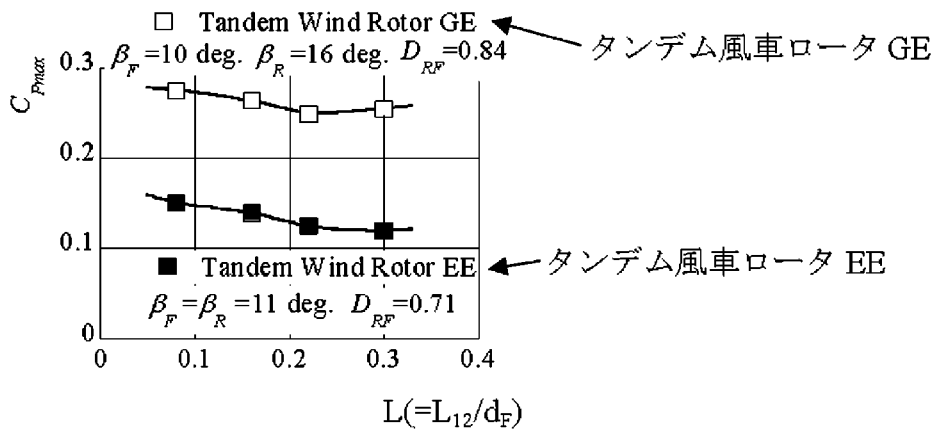
[図7]



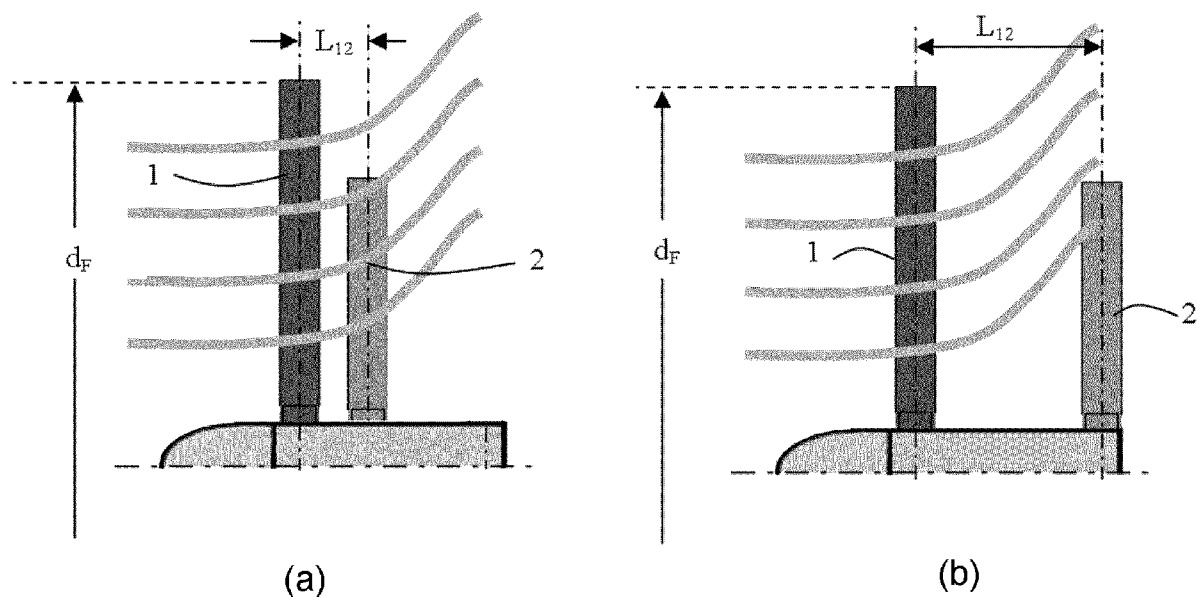
[図8]



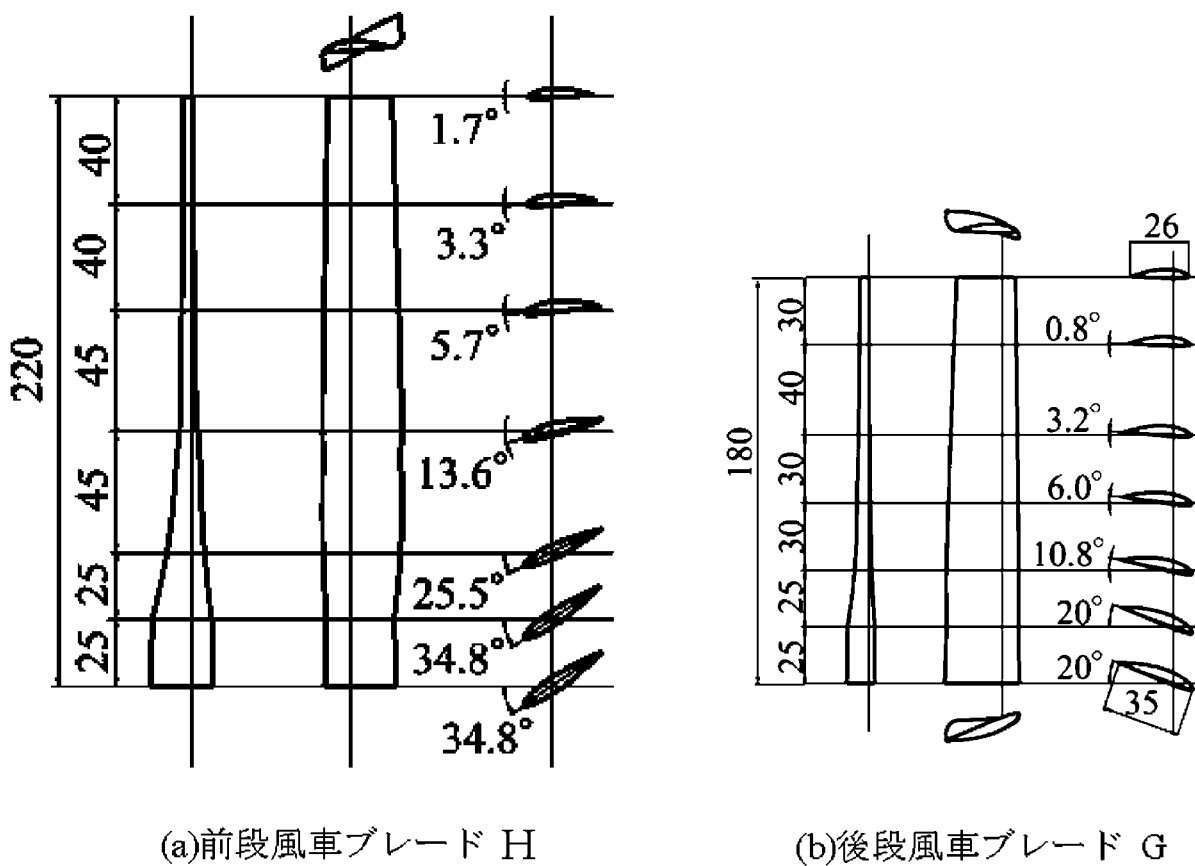
[図9]



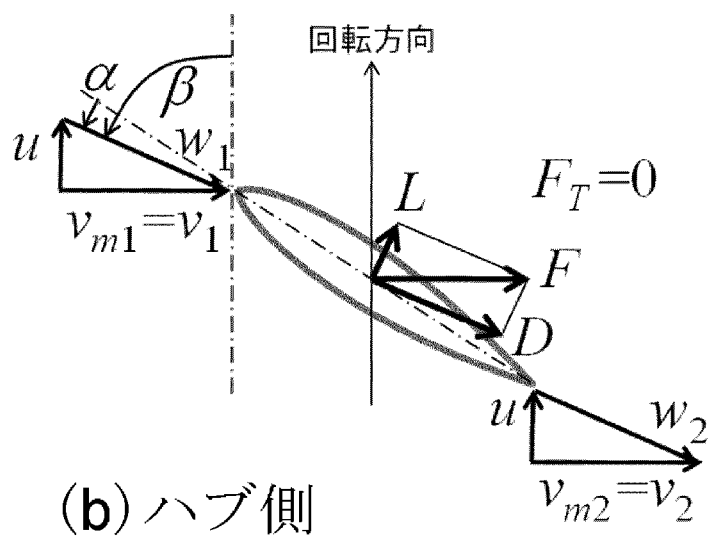
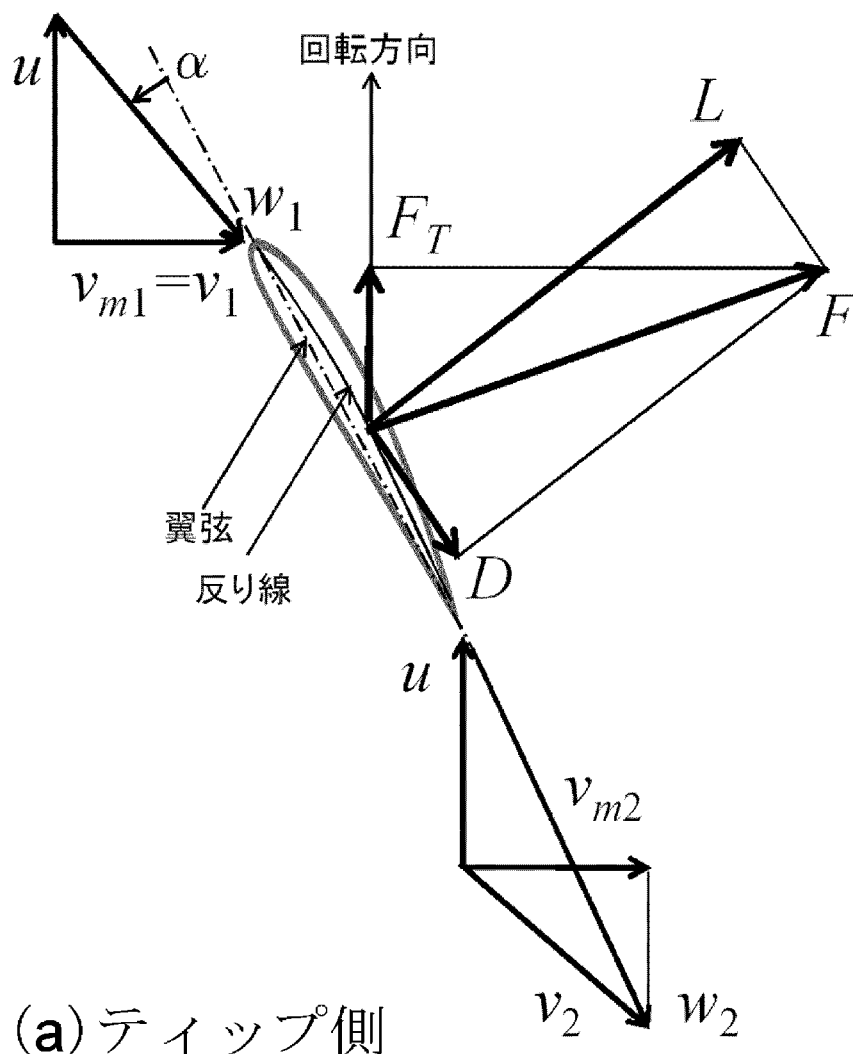
[図10]



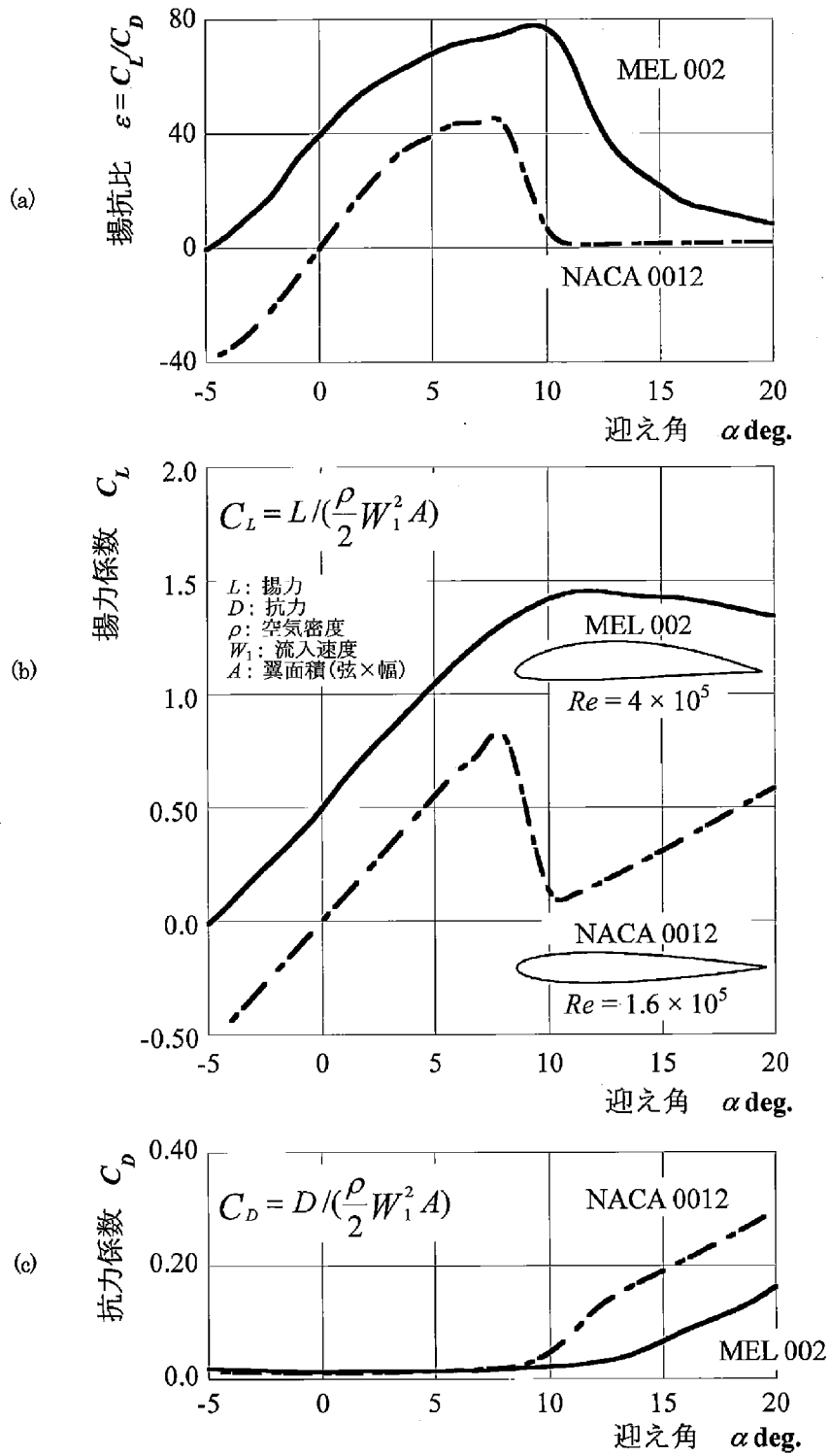
[図11]



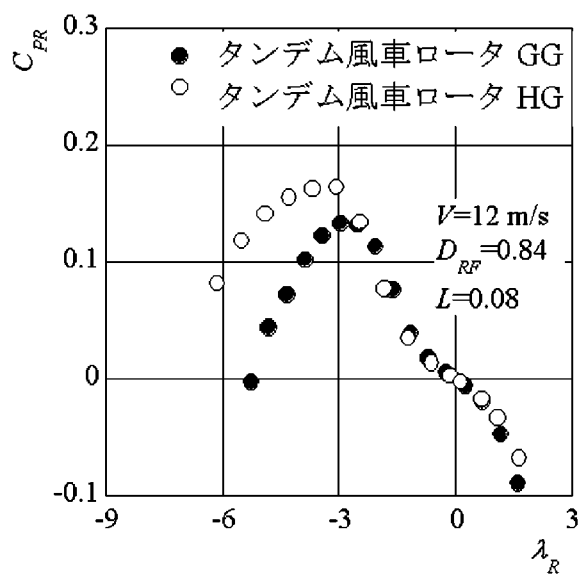
[図12]



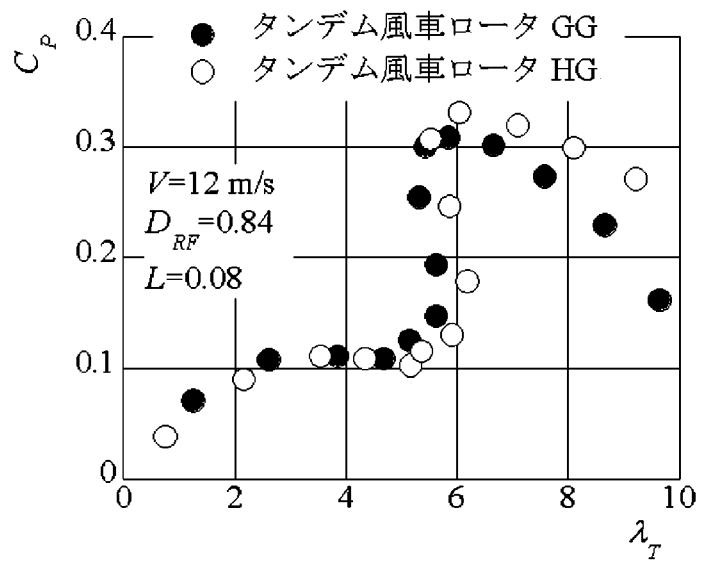
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/000501

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D1/02(2006.01) i, F03D1/06(2006.01) i, F03D11/00(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03D1/02, F03D1/06, F03D11/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2004-100546 A (Japan Science and Technology Corp.), 02 April 2004 (02.04.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1, 3-6 2
A	JP 2003-526757 A (Aloys Wobben), 09 September 2003 (09.09.2003), entire text; all drawings & JP 2006-177370 A & US 7074011 B1 & WO 2001/055590 A1 & DE 10003385 A1 & KR 10-2005-0116909 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
06 April, 2010 (06.04.10)

Date of mailing of the international search report
20 April, 2010 (20.04.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/000501

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-129935 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 08 May 2003 (08.05.2003), paragraphs [0072] to [0078]; fig. 7 (Family: none)	1-6
A	JP 2004-84522 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 18 March 2004 (18.03.2004), paragraphs [0006] to [0012]; fig. 9 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F03D1/02(2006.01)i, F03D1/06(2006.01)i, F03D11/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F03D1/02, F03D1/06, F03D11/00

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 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010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 2004-100546 A (科学技術振興事業団) 2004.04.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 3-6 2
A	JP 2003-526757 A (アロイス・ヴォベン) 2003.09.09, 全文, 全図 & JP 2006-177370 A & US 7074011 B1 & WO 2001/055590 A1 & DE 10003385 A1 & KR 10-2005-0116909 A	1-6
A	JP 2003-129935 A (三菱重工業株式会社) 2003.05.08, 【0072】 - 【0078】, 図7 (ファミリーなし)	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	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 06.04.2010	国際調査報告の発送日 20.04.2010
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) 加藤 一彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3358

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 2004-84522 A (三菱重工業株式会社) 2004. 03. 18, 【0006】 - 【0012】, 図9 (ファミリーなし)	1-6