

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-137872

(P2017-137872A)

(43) 公開日 平成29年8月10日(2017.8.10)

| (51) Int.Cl.                | F I        | テーマコード (参考) |
|-----------------------------|------------|-------------|
| <b>F03B 11/02 (2006.01)</b> | F03B 11/02 | 3H072       |
| <b>F03B 13/26 (2006.01)</b> | F03B 13/26 | 3H074       |
| <b>F03B 17/06 (2006.01)</b> | F03B 17/06 |             |

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 23 頁)

|            |                                     |          |  |
|------------|-------------------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号  | 特願2017-97838 (P2017-97838)          | (71) 出願人 | 397045769<br>環境工学株式会社  |
| (22) 出願日   | 平成29年5月17日 (2017.5.17)              |          | 東京都立川市錦町二丁目6番5号  |
| (62) 分割の表示 | 特願2012-205145 (P2012-205145)<br>の分割 | (74) 代理人 | 100134979<br>弁理士 中井 博  |
| 原出願日       | 平成24年9月19日 (2012.9.19)              | (74) 代理人 | 100167427<br>弁理士 岡本 茂樹   |
|            |                                     | (72) 発明者 | 中村 孝幸<br>東京都立川市錦町2-6-5 立川三恵ビル4階 環境工学株式会社内                                |
|            |                                     | (72) 発明者 | 井内 國光<br>愛媛県松山市文京町3番 国立大学法人愛媛大学大学院理工学研究科内                                |
|            |                                     | Fターム(参考) | 3H072 AA06 AA27 BB31 CC01 CC28<br>CC42<br>3H074 AA06 AA08 AA12 BB11 CC12 |

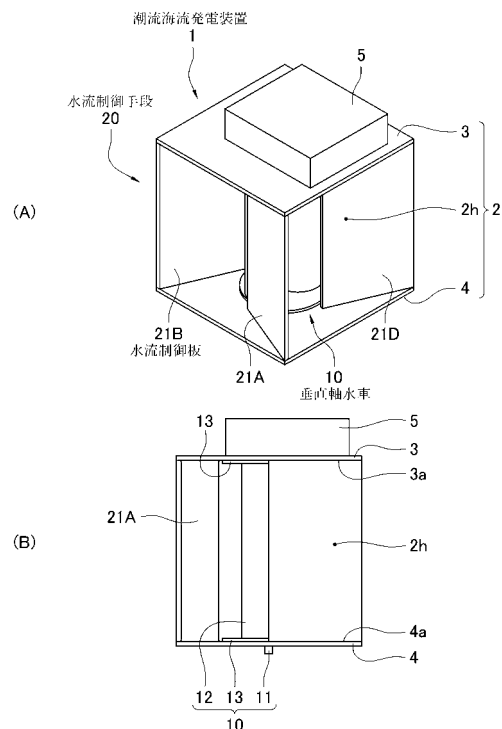
(54) 【発明の名称】 水流制御板の設計方法

(57) 【要約】

【課題】 エネルギー変換効率が向上させることができ、しかも、水流や潮流が変化しても発電効率をある程度高く維持しておくことができるエネルギー変換機構を提供する。

【解決手段】 垂直軸水車10と、垂直軸水車10に供給される水流を調整する水流制御手段20を備えており、水流制御手段20は、垂直軸水車10の周囲に配置された複数の水流制御板21を有しており、水流制御板21は、その表面21sが垂直軸水車10の回転軸11と平行となるように配設された平板であり、複数の水流制御板21は、隣接する水流制御板21, 21間に形成される隙間21hが、垂直軸水車10に向かって狭くなるように配設されている。エネルギー変換機構1を設置した領域の水流よりも、水流制御手段によって垂直軸水車に向かう水流の流速を速くすることができるので、垂直軸水車10の回転速度を上昇させることができるから、エネルギー変換効率を高くすることができる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

水流を受けて回転する垂直軸水車と、  
該垂直軸水車に供給される水流を調整する水流制御手段と、を備えており、  
該水流制御手段は、  
該垂直軸水車の周囲に配置された複数の水流制御板を有しており、  
該水流制御板は、  
その表面が前記垂直軸水車の回転軸と平行となるように配設された平板であり、  
該複数の水流制御板は、  
隣接する水流制御板間に形成される隙間が、前記垂直軸水車に向かって狭くなるように配  
設されている  
ことを特徴とするエネルギー変換機構。

10

**【請求項 2】**

前記水流制御板は、  
前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、該水流制御板の内端縁と前記垂直軸水  
車の回転軸とを結ぶ内方連結線が、該水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを  
結ぶ外方連結線よりも、前記垂直軸水車の回転方向の下流側に位置するように配設されて  
いる  
ことを特徴とするエネルギー変換機構。

20

**【請求項 3】**

前記複数の水流制御板は、  
前記垂直軸水車の回転軸に対して回転対称となるように配設されている  
ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載のエネルギー変換機構。

**【請求項 4】**

前記複数の水流制御板が、4 枚設けられている  
ことを特徴とする請求項 3 記載のエネルギー変換機構。

**【請求項 5】**

前記水流制御板は、  
前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、該水流制御板の内端縁と前記垂直軸水  
車の回転軸とを結ぶ内方連結線と該水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結  
ぶ外方連結線のなす角度が、 $22.5 \sim 67.5$  度となるように配設されている  
ことを特徴とする請求項 1、2、3 または 4 記載のエネルギー変換機構。

30

**【請求項 6】**

前記垂直軸水車と前記複数の水流制御板とをエネルギー変換セットとすると、該エネル  
ギー変換セットが複数設けられており、  
該複数のエネルギー変換セットが、  
前記垂直軸水車の軸が互いに平行となるように配列されている  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のエネルギー変換機構。

**【請求項 7】**

前記垂直軸水車がサボニウス型水車である  
ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のエネルギー変換機構。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、エネルギー変換機構に関する。さらに詳しくは、潮流や海流、波等を利用し  
た発電において良好なエネルギー変換効率を実現できるエネルギー変換機構に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、再生可能エネルギーとして自然エネルギーの利用が注目されている。例えば、太  
陽光発電や風力発電、地熱発電、波力発電、海流発電、潮力発電などがあり、一部のもの

50

については、すでに商業ベースでの実用化が進んでおり、貴重な電力源として活用されている。

【0003】

上記再生可能エネルギーのうち、太陽光発電や風力発電は天候などの影響を受けやすく、発電の安定性が常に問題となる。一方、海流発電や潮力発電は、天候などの影響が少なく安定した発電を維持できるという利点がある。

【0004】

ところで、再生可能エネルギーを利用した発電では、太陽光や風、潮流などが有するエネルギーは大きいものの、そのエネルギーを電力に変換できる効率が低いという問題がある。このエネルギー変換効率（発電効率）を向上させるために、海流発電や潮力発電でも種々開発が進められている。

10

【0005】

海流発電や潮力発電では、海流や潮流を電力に変換するために水車が使用されるため、発電効率を向上させる上では、海流や潮流によっていかに効率良く水車を回転させるかが重要である。とくに、潮流の場合には、時間によって水流の方向が完全に逆になる場合があるため、このような水流の方向の変化が生じて、発電効率をある程度高く維持できる機構が必要である。

【0006】

海流発電や潮力発電において、発電効率をある程度高く維持するための機構が特許文献1～3に開示されている。

20

【0007】

特許文献1～3の技術では、海流や潮流を通すための筒状空間を有する構造体を設け、この構造体の筒状空間の内部に水車を配置している。そして、水車が設けられている部分に向かって、筒状空間の内部断面が小さくなるように形成しており、その部分の水流が速くなるようにしている。

【0008】

かかる構造とすれば、筒状の構造体の筒状空間内を流れる水流の方向は、筒状空間の軸方向に沿った流れとすることができる。したがって、この方向の流れに対して効率良く回転するように筒状空間内に水車を配置しておけば、発電効率を向上させることができる。

しかも、水車が設けられている部分では、水流の流速が周辺の水流等と比べて速くなっているため、水流中に水車をそのまま配置するよりも発電量を増加させることができる。

30

【0009】

また、特許文献3の技術では、構造体の外面形状を、その軸方向の中間からその端部に向かって広がるような形状としている。そして、特許文献3には、かかる形状とすることによって、構造体の外面を流れる水流によって筒状空間から水流が排出される端部に渦流を形成することができるので、その渦流の影響によって筒状空間内の水流を増速できる旨の記載もある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

40

【特許文献1】特許第4750830号公報

【特許文献2】特開2009-114936号公報

【特許文献3】特開2005-240786号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかるに、特許文献1～3の技術では、構造体の筒状空間の内部に水流を通すので、発電効率を向上させる上では、筒状空間の軸方向が水流や潮流の方向に一致するように構造体を設置しなければならない。しかし、海流や潮流の方向は一定ではなく、その方向は時間によって変化する。このため、特定の時間の海流や潮流に適するように構造体を設置し

50

た場合、他の時間において海流や潮流の方向が変化すると、発電の効率が大幅に低下する。したがって、発電の効率を安定した状態で維持するには、構造体を設置する場所を海流や潮流の方向があまり変化しない場所に限定したり、また、海流や潮流の方向にあわせて構造体を移動させることができるようにしたりしなければならない。

【0012】

また、潮流の場合には、潮の満ち引きの状況によって水流の方向が逆転するので、特許文献1～3の技術では、このような潮流の変化に対応することができるような構造を採用している。具体的には、構造体の構造を対称形として、筒状空間に対してどちらの開口から水流が流入しても、同等の発電効率を維持できるような構造を採用している。つまり、潮流の方向が180度逆転した場合でも、同等の発電効率で発電できるような構造に形成されている。

10

しかし、水流の方向が逆転したときに、必ずしもその方向が180度逆転するとは限らない。すると、一方の開口から水流が流入する状況において最適な発電効率を得られるように構造体を設置しても、他方の開口から水流が流入する状況においては、同等の効率で発電できるとは限らない。

【0013】

以上のごとく、海流発電や潮力発電において、発電効率を向上させることができ、しかも、水流や潮流の流れる方向が変化しても発電効率をある程度高く維持しておくことができる機構が開発されておらず、かかる機構の開発が求められている。

【0014】

本発明は上記事情に鑑み、発電効率が向上させることができ、しかも、水流や潮流が変化しても発電効率をある程度高く維持しておくことができるエネルギー変換機構を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0015】

第1発明のエネルギー変換機構は、水流を受けて回転する垂直軸水車と、該垂直軸水車に供給される水流を調整する水流制御手段と、を備えており、該水流制御手段は、該垂直軸水車の周囲に配置された複数の水流制御板を有しており、該水流制御板は、その表面が前記垂直軸水車の回転軸と平行となるように配設された平板であり、該複数の水流制御板は、隣接する水流制御板間に形成される隙間が、前記垂直軸水車に向かって狭くなるように配設されていることを特徴とする。

30

第2発明のエネルギー変換機構は、第1発明において、前記水流制御板は、前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、該水流制御板の内端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ内方連結線が、該水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ外方連結線よりも、前記垂直軸水車の回転方向の下流側に位置するように配設されていることを特徴とする。

第3発明のエネルギー変換機構は、第1または第2発明において、前記複数の水流制御板は、前記垂直軸水車の回転軸に対して回転対称となるように配設されていることを特徴とする。

第4発明のエネルギー変換機構は、第3発明において、前記複数の水流制御板が4枚設けられていることを特徴とする。

40

第5発明のエネルギー変換機構は、第1、第2、第3または第4発明において、前記水流制御板は、前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、該水流制御板の内端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ内方連結線と該水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ外方連結線のなす角度が、 $22.5 \sim 67.5$ 度となるように配設されていることを特徴とする。

第6発明のエネルギー変換機構は、第1乃至第5発明のいずれかにおいて、前記垂直軸水車と前記複数の水流制御板とをエネルギー変換セットとすると、該エネルギー変換セットが複数設けられており、該複数のエネルギー変換セットが、前記垂直軸水車の軸が互いに平行となるように配列されていることを特徴とする。

50

第7発明のエネルギー変換機構は、第1乃至第6発明のいずれかにおいて、前記垂直軸水車がサボニウス型水車であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

第1発明によれば、隣接する水流制御板間に形成される隙間が垂直軸水車に向かって狭くなるように配設されているので、水流制御手段によって垂直軸水車に向かう水流の流速を、エネルギー変換機構を設置した領域の水流よりも速くすることができる。このため、垂直軸水車の回転速度を上昇させることができるから、エネルギー変換効率を高くすることができる。

第2発明によれば、垂直軸水車に向かう水流によって効果的に垂直軸水車の回転速度を上昇させることができるので、エネルギー変換効率をより高くすることができる。

第3発明によれば、エネルギー変換機構を設置した領域の水流の方向に係わらず、垂直軸水車に向かう水流を形成することができる。つまり、エネルギー変換機構を設置した領域の水流の方向に係わらず垂直軸水車を回転させて発電することができるので、エネルギー変換機構を設置する場所の自由度を高くすることができる。

第4発明によれば、4枚の水流制御板が回転対称となる位置に設けられているので、垂直軸水車に向かう水流の流路をある程度広く維持しつつ、水流の流速を効果的に向上させることができる。したがって、垂直軸水車の回転速度を効果的に上昇させることができるから、エネルギー変換効率を高くすることができる。

第5発明のエネルギー変換機構は、内方連結線と外方連結線のなす角度が、 $22.5 \sim 67.5$ 度となるように配設されているので、垂直軸水車の回転に最適な水流を形成することができる。

第6発明のエネルギー変換機構は、隣接するエネルギー変換セットによって形成される水流の影響によって、各垂直軸水車に向かう水流の流速を増速する効果を高くすることができる。

第7発明によれば、垂直軸水車がサボニウス型水車であるので、水流制御板間を流れる水流による水車の回転効率を向上させることができ、エネルギー変換効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本実施形態のエネルギー変換機構1の概略外観図であり、(A)は斜視図であり、(B)は側面図である。

【図2】本実施形態のエネルギー変換機構1の概略断面図であり、(A)は縦断面図であり、(B)は横断面図である。

【図3】本実施形態のエネルギー変換機構1の横断面の概略説明図である。

【図4】エネルギー変換セットを複数有する本実施形態のエネルギー変換機構1の概略説明図である。

【図5】実験に使用した装置の横断面を示した図であり、(A)は比較例となる「くの字型流向制御板」を設けた装置であり、(B)は比較例となる「円弧型流向制御板」を設けた装置であり、(C)が本発明のエネルギー変換機構の水流制御板に相当する「渦流型流向制御板」を設けた装置である。

【図6】水流制御板の異なる装置において、動力特性を比較した図である。

【図7】水流制御板の異なる装置において、トルク係数を比較した図である。

【図8】水流制御板の角度を変化させた場合における負荷トルクおよび仕事率を測定した実験結果を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明のエネルギー変換機構は、海流や潮流、波のエネルギーを変換する機構であって、エネルギー変換効率を向上させることができ、しかも、海流や潮流の流れる方向が変動したり、波のように短い周期で水が往復運動するような場合であってもエネルギー変換効

10

20

30

40

50

率の低下を防ぐことができるようにしたことに特徴を有している。

【0019】

なお、本発明のエネルギー変換機構は、水流のエネルギーを利用して発電する発電装置のエネルギー変換機構に適しているが、水流によって水車を回転させることができる環境であれば、本発明のエネルギー変換機構を使用することは可能である。例えば、防波堤や縦棧橋などの固定された構造物に設置したり、または、フロートなどの浮体に搭載したりすることができるが、設置場所はとくに限定されない。

【0020】

また、本発明のエネルギー変換機構を防波堤や縦棧橋に設けた場合には、波のエネルギーを減衰させる効果も得られる。このため、平常時は発電による波のエネルギーを利用した発電設備として機能させつつ、荒天時などには波による災害を防ぐ防災設備としても機能させることができる。

もちろん、本発明のエネルギー変換機構は、単に波などのエネルギーを吸収する設備として使用してもよいのは、いうまでもない。

【0021】

つぎに、図面に基づいて、本実施形態のエネルギー変換機構1を説明する。

なお、以下では、エネルギー変換機構1が発電する機能を有している場合を説明する。

【0022】

図1において、符号2は、本実施形態のエネルギー変換機構1の本体部を示している。

この本体部2は、一对のフレーム3, 4を備えている。この一对のフレーム3, 4は、両者間に水流を流すことができる空間2hが形成されるように、互いに離間した状態で配設されている。しかも、一对のフレーム3, 4は、空間2hの周囲のどの方向からでも空間2h内に水流が流入できるように設けられている。

【0023】

なお、この一对のフレーム3, 4の対向する面3a, 4aは、互いに平行な平坦面に形成されているが、互いに平行でなくてもよいし、平坦面でなくてもよい。しかし、一对のフレーム3, 4の対向する面3a, 4aを、互いに平行な平坦面とした場合には、一对のフレーム3, 4間を往復流が流れるときに流れの方向にかかわらず流動抵抗を少なくできるなどの利点が得られる。

【0024】

図1および図2に示すように、本体部2の一对のフレーム3, 4間(つまり空間2h)には、垂直軸水車10が設けられている。この垂直軸水車10は、一对のプレート13, 13と、この一对のプレート13, 13間に設けられた2枚の回転翼12と、一对のプレート13, 13の外面に立設された一对の軸11, 11と、を備えている。なお、一对の軸11, 11は、互いに同軸上に位置するように配設されている。以下では、一对の軸11, 11の中心軸を通過する軸を、単に、垂直軸水車10の回転軸CLという(図2(A)参照)。

【0025】

この垂直軸水車10は、その一对の軸11, 11がそれぞれ一对のフレーム3, 4に回転可能に取り付けられている。具体的には、垂直軸水車10は、本体部2の空間2hに流入する水流WF(図2(B)参照)の方向に対して、その回転軸CLの軸方向が交差(好ましくは直交)するように配設されている。

【0026】

また、垂直軸水車10は、空間2hのほぼ中央部に位置するように配設されている。例えば、図2(B)に示すように、空間2hの断面が正方形である場合には、その対角線DLの交点を回転軸CLが通過するように、垂直軸水車10は空間2h内に配設されている。

【0027】

なお、垂直軸水車10の構造はとくに限定されず、空間2h内に流入する水流によって回転するものであればよく、とくに限定されない。しかし、垂直軸水車10として、抗力

10

20

30

40

50

型の垂直軸水車を採用する場合には、図 1、図 2 に示すようなサボニウス型水車を採用することが好ましい。もちろん他の抗力型の垂直軸水車を使用することは可能であるが、サボニウス型水車を使用した場合、エネルギー変換効率が高くなる。そして、後述する水流制御手段 20 の水流制御板 21 によって空間 2h に流入する水流を制御した場合に、水流制御板 21 の端縁近傍において水流の乱れが発生しても、その乱れの影響により回転効率が低下するなどの問題が生じにくいので、好ましい。

#### 【0028】

図 1 に示すように、垂直軸水車 10 の一方の軸 11 は、その一端部がフレーム 3 を貫通し、フレーム 3 に設けられている発電手段 5 に連結されている。この発電手段 5 は、軸 11 の回転によって発電することができる機能を有するものである。なお、発電手段 5 は、軸 11 の回転によって発電することができるものであればよく、公知の発電機など種々の発電機を使用することが可能である。

10

#### 【0029】

そして、図 1 および図 2 に示すように、本体部 2 の一对のフレーム 3, 4 間において、垂直軸水車 10 の周囲には、水流制御手段 20 の複数の水流制御板 21A ~ 21D が設けられている。この水流制御板 21A ~ 21D は、その表面が平坦面に形成された板状の部材であり、その表面が垂直軸水車 10 の回転軸 CL とほぼ平行となるように設けられている。

また、図 2 (B) に示すように、複数の水流制御板 21A ~ 21D は、垂直軸水車の回転軸 CL に対して回転対称となるように配設されている。しかも、隣接する水流制御板 21, 21 の間に、垂直軸水車 10 に向かって狭くなるような隙間 21h が形成されるように配設されている。

20

#### 【0030】

以上のごとく、本実施形態のエネルギー変換機構 1 では、本体部 2 の一对のフレーム 3, 4 間の空間 2h に垂直軸水車 10 を配置しており、この空間 2h 流入する水流 WF の方向に対して、垂直軸水車 10 の回転軸 CL の軸方向が交差するように配設されている。したがって、空間 2h に水流 WF が流入すれば、垂直軸水車 10 を回転させることができるから、垂直軸水車 10 の回転軸 11 に連結された発電手段 5 によって発電することができるのである。

#### 【0031】

しかも、隣接する水流制御板 21, 21 の間に、垂直軸水車 10 に向かって狭くなるような隙間 21h が形成されるように配設されているので、エネルギー変換機構 1 を設置した領域の水流よりも、垂直軸水車 10 に向かう水流の流速を速くすることができる。すると、水流制御手段 20 が設けられていない場合に比べて、垂直軸水車 10 の回転速度を上昇させることができるから、発電手段 5 による発電効率を高くすることができる。

30

#### 【0032】

また、空間 2h にはその周囲のどの方向からでも水流が流入できるようになっており、複数の水流制御板 21 も垂直軸水車 10 の回転軸 CL に対して回転対称となるように配設されている。すると、エネルギー変換機構 1 を設置した領域の水流の方向に係わらず、流速を速くした水流を垂直軸水車 10 に供給することができる。そして、垂直軸水車 10 は供給される水流 WF がどの方向から供給されても回転するので、どのようにエネルギー変換機構 1 を設置しても、エネルギー変換機構 1 の周囲に水流 WF があれば発電することができる。つまり、エネルギー変換機構 1 を設置する領域の水流 WF の状態に係わらず発電が可能となるので、エネルギー変換機構 1 を設置する場所の自由度を高くすることができる。

40

#### 【0033】

(水流制御手段 20 の説明)

水流制御手段 20 の水流制御板 21A ~ 21D は、上述したように、隣接する水流制御板 21, 21 の間に、垂直軸水車 10 に向かって狭くなるような隙間 21h が形成されるように配設されている。このような状態となるように水流制御板 21 を配設する方法は種

50

々あるが、以下のように各水流制御板 2 1 を配設することが好ましい。

【 0 0 3 4 】

( 水流制御板 2 1 の傾斜について )

図 3 に示すように、各水流制御板 2 1 A ~ 2 1 D は、その外端縁 2 1 a と垂直軸水車 1 0 の回転軸 1 1 と結ぶ線 L a に対して、その表面が傾斜するように設けられている。しかも、各水流制御板 2 1 は、線 L a ( 外方連結線 L a ) に対して、その内端縁 2 1 b が垂直軸水車 1 0 の回転方向の下流側に位置するように配設されている。つまり、各水流制御板 2 1 の表面に沿う水流は、垂直軸水車 1 0 の回転翼 1 2 を押す力が発生するように流れるので、この水流によって効果的に垂直軸水車 1 0 の回転速度を上昇させることができる。

【 0 0 3 5 】

とくに、隣接する一对の水流制御板 2 1 , 2 1 のうち、垂直軸水車 1 0 の回転方向の上流側に位置する水流制御板 2 1 は、その内端縁 2 1 b が、垂直軸水車 1 0 の回転軸 1 1 を含み隣接する一对の水流制御板 2 1 , 2 1 における外端縁 2 1 a 間を 2 等分する面よりも、下流側に位置するように配設されていることが好ましい。例えば、図 3 において一对の水流制御板 2 1 A , 2 1 B であれば、上流側に位置する水流制御板 2 1 A の内端縁 2 1 b が、垂直軸水車 1 0 の回転軸 1 1 を含みかつ水流制御板 2 1 A , 2 1 B の外端縁 2 1 a 間を 2 等分する面 S F よりも、下流側に位置するように配設されていることが好ましい。

この場合、各水流制御板 2 1 の表面に沿う水流が、垂直軸水車 1 0 の回転を妨げる流れとなることを確実に防ぐことができるので、水流により垂直軸水車 1 0 の回転速度を上昇させる効果を確実に得ることができる。

【 0 0 3 6 】

なお、上述したような効果を得ることができるのであれば、各水流制御板 2 1 の外方連結線 L a に対する傾斜角度はとくに限定されない。しかし、垂直軸水車 1 0 の回転軸 1 1 と直交する断面において、外方連結線 L a と水流制御板 2 1 の内端縁 2 1 b と垂直軸水車 1 0 の回転軸 1 1 とを結ぶ線 ( 内方連結線 L b ) とのなす角度  $\theta$  が、 $22.5 \sim 67.5$  度となるように配設されていることが好ましい。角度  $\theta$  が、 $22.5$  度以下となると、水流制御板 2 1 によって形成される水流のうち垂直軸水車 1 0 の回転を妨げる水流となる割合が大きくなる。一方、 $67.5$  度以上となると、水流制御板 2 1 が垂直軸水車 1 0 に向かう流れに対して抵抗となってしまう垂直軸水車 1 0 に供給できる水量が少なくなってしまうからである。

したがって、内方連結線 L b と外方連結線 L a のなす角度  $\theta$  は、 $22.5 \sim 67.5$  度が好ましく、 $45 \pm 10$  度がさらに好ましい。

【 0 0 3 7 】

( 水流制御板 2 1 と垂直軸水車 1 0 との距離について )

また、垂直軸水車 1 0 の半径方向において、各水流制御板 2 1 の内端縁 2 1 b を配置する位置は、垂直軸水車 1 0 の回転翼 2 1 に接触しない位置であればよく、とくに限定されない。

【 0 0 3 8 】

( 水流制御板 2 1 の数 )

水流制御手段 2 0 は、垂直軸水車 1 0 の周囲に設置する水流制御板 2 1 の数はとくに限定されないが、少なくとも 4 枚以上設けることが好ましい。一方、水流制御板 2 1 の数が多すぎると、空間 2 h に流入する水流の流量が少なくなるので、エネルギー変換効率が低下する。したがって、垂直軸水車 1 0 の周囲に設置する水流制御板 2 1 の枚数は、4 枚以上が好ましく、4 ~ 6 枚がより好ましい。

【 0 0 3 9 】

( 複数の水流制御板 2 1 の配置について )

上記例では、複数の水流制御板 2 1 が垂直軸水車 1 0 の回転軸 C L に対して回転対称となるように設置した場合を説明したが、エネルギー変換機構 1 を設置する領域の水流の特性に合わせて各水流制御板 2 1 毎にその姿勢を変更してもよい。例えば、流れが変化したときに流れの方向が正反対にならないような場所に設置する場合には、現場状況の観測に

10

20

30

40

50

基づいて、各方向の水流に対して適正な角度 となるように、各水流制御板 2 1 の姿勢を調整すればよい。

【 0 0 4 0 】

( 複数の水流制御板 2 1 の他の機能について )

上述したように、本実施形態のエネルギー変換機構 1 では、複数の水流制御板 2 1 によって垂直軸水車 1 0 が囲まれたようになっている。そして、複数の水流制御板 2 1 の間に形成される隙間 2 1 h は、垂直軸水車 1 0 に近づくにつれて、その間隔が狭くなっている。言い換えれば、垂直軸水車 1 0 の収容されている領域が外部に開口している面積が小さくなっている。

【 0 0 4 1 】

このため、流木やゴミなどの漂流物や小船舶等がエネルギー変換機構 1 に衝突したとしても、漂流物などが垂直軸水車 1 0 に接触することを防止できる。つまり、漂流物などとの接触によって垂直軸水車 1 0 が損傷する可能性を低くすることができる。

【 0 0 4 2 】

したがって、本実施形態のエネルギー変換機構 1 を海底などに設置しても、長期間安定して発電を維持することができ、漂流物などとの接触による損傷に起因するメンテナンスの頻度を低くできる。

【 0 0 4 3 】

なお、本実施形態のエネルギー変換機構 1 を海底などに設置して漂流物などとの衝突を防ぎつつ、エネルギー変換効率を高く維持する上では、隙間 2 1 h の最も狭い部分の幅は垂直軸水車 1 0 の半径程度が望ましい。

また、流木やゴミなどが空間 2 h に侵入することを防ぐ上では、エネルギー変換機構 1 の周囲に網などを設けることも有効である。

【 0 0 4 4 】

( 並列式 )

本実施形態のエネルギー変換機構 1 は、一基を単独で設置してもよいが、複数の並べて設置してもよい。つまり、本体部 2 と、垂直軸水車 1 0 と、水流制御手段 2 0 をエネルギー変換セットとすると、各エネルギー変換セットにおける垂直軸水車 1 0 の軸 1 1 同士が互いに平行となるように、複数のエネルギー変換セットを配設してもよい。この場合、隣接するエネルギー変換セット内で形成される水流の影響によって、垂直軸水車 1 0 に向かう水流の流速を増速する効果を高くすることができる。

とくに、垂直軸水車 1 0 の軸 1 1 が一列に並ぶように配設した場合には、より効果的に、垂直軸水車 1 0 に向かう水流の流速を増速する効果を高くすることができる。

【 0 0 4 5 】

例えば、図 4 に示すように、本体部 2 の一對のフレーム 3 , 4 が正方形の平板であって、4 枚の水流制御板 2 1 の基端が一對のフレーム 3 , 4 の各頂点に位置し、かつ、4 枚の水流制御板 2 1 が回転対称となるように配設されたエネルギー変換セットの場合を考える。この場合に、一對のフレーム 3 , 4 の一辺同士が接触し、かつ、垂直軸水車 1 0 の軸 1 1 が一列に並ぶように配設する。つまり、複数のエネルギー変換セットを並べたエネルギー変換機構 1 が、平面視で略長形状になるように配置する。この場合には、隣接するエネルギー変換セットにおいて、水流制御板 2 1 の基端同士が連結された様な状態となる。かかるエネルギー変換機構 1 は、平面視略長形状の長辺側が、水流に対向するように設置する。例えば、防波堤に設置した場合には、平面視略長形状の長辺が、海岸線と略平行となるように設置する。すると、エネルギー変換機構 1 の各エネルギー変換セットに流入する水流は、水流が流入する側 (つまり長方形の長辺側) に位置する水流制御板 2 1 によって制御増速されて垂直軸水車 1 0 に供給される。しかも、水流と平行な側面 (つまり平面視略長形状の短辺) には隣接するエネルギー変換セットが設けられているので、この隣接するエネルギー変換セット内の水流の影響により、垂直軸水車 1 0 に供給される水流を増速する効果はより高くなる。したがって、各エネルギー変換セットの垂直軸水車 1 0 の軸に上述したような発電手段 5 を設けておけば、発電効率をさらに高くすることがで

10

20

30

40

50

きる。

【実施例 1】

【0046】

水車の周囲に水流制御手段を設けたことによって、どのようにエネルギー変換効率が変わるのかについて確認した。

【0047】

実験では、サボニウス型の水車の周囲に水流制御板を設けた装置を水路内に設置し、水路に水流を形成して、水車の回転数と負荷トルクを測定し、水車の回転数と負荷トルクに基づいて水車の動力特性とトルク係数を算出した。

【0048】

水車の動力特性として、周速比 に対する動力係数  $C_p$  の変化特性を調べることによって、水流エネルギーの取得効率を確認した。

また、周速比 に対するトルク係数  $C_r$  の変化特性を調べることによって、水車の特性を確認した。

なお、動力係数  $C_p$ 、トルク係数  $C_r$  および周速比 は以下の式に基づいて算出した。

$$\text{動力係数} : C_p = T_t / (0.5 u^3 (2RH))$$

$$\text{トルク係数} : C_r = T_t / (0.5 u^2 (2RH) R)$$

$$\text{周速比} : = R / u$$

10

20

$T_t$  : 時刻  $t$  において測定された負荷トルク

$R$  : 水車の半径

: 水車回転軸の回転角速度

$H$  : 回転翼の回転軸方向の長さ

$u$  : 流体の速度

$2RH$  : 水車が水流に対して占める断面積

【0049】

実験には、いずれもサボニウス型水車（回転翼の回転軸方向の長さ  $H = 300 \text{ mm}$ 、直径  $120 \text{ mm}$ 、回転翼の外径  $70 \text{ mm}$ ）を有する装置を使用した。そして、サボニウス型水車の周囲に水流制御板を設置した装置（図 5 に示す 3 種類）と、水流制御板が無い装置の 4 種類の装置について、測定を行った。

30

なお、図 5 の装置（C）が、本発明のエネルギー変換機構の水流制御板に相当する「渦流型流向制御板」を設置した装置である。この図 5 の装置（C）は、その横断面が実質的に図 3 と同様の構造を有しており、図 3 における角度 が  $45$  度となるように水流制御板を設置している。

【0050】

水車の回転数と負荷トルクは、水車の軸に取り付けられた、トルクメータ（小野測器製トルク検出器、型番：DP005）により測定した。測定では、トルクメータの負荷側に電気磁気ブレーキを作用させて、水車の回転数と負荷トルクを同時に測定した。

40

【0051】

使用した水路は幅  $500 \text{ mm}$  の水路であり、この水路に水深  $h = 0.44 \text{ m}$  となるように水を流した。なお、装置は水路内の幅方向の中央に設置した。

【0052】

結果を図 6 および図 7 に示す。

図 6 に示すように、周速比に係わらず、本発明のエネルギー変換機構の水流制御板に相当する「渦流型流向制御板」（以下、単に「渦流型流向制御板」という）を設置した装置の動力係数が高くなっていることが確認できる。各条件における動力係数の最高値を比較しても、「渦流型流向制御板」を設置した装置では、水流制御板を設けない場合に比べて  $10$  倍程度、他の形状の水流制御板を設けた場合と比べても約  $2$  倍以上となっており、水

50

流エネルギーの取得効率が非常に高くなっていることが確認できる。

【0053】

また、図7に示すように、周速比に係わらず、トルク係数も、「渦流型流向制御板」を設置した装置が高くなっていることが確認できる。各条件における最高のトルク係数を比較しても、「渦流型流向制御板」を設置した装置では、水流制御板を設けない場合に比べて8倍程度、他の形状の水流制御板を設けた場合と比べても約2倍以上となっており、水車の特性が向上していることが確認できる。

【0054】

以上の結果より、本発明のエネルギー変換機構のように水流制御板を設置することによって、動力係数およびトルク係数が高くなっていることから、本発明のエネルギー変換機構のように水流制御板を設置することによってエネルギー変換効率を向上させることができることが確認できた。

10

【実施例2】

【0055】

本発明のエネルギー変換機構のように水流制御板を設置した場合において、水流制御板の設置角度が負荷トルクおよび仕事率に与える影響を確認した。

【0056】

実験は、実施例1と同様の方法によって行った。

実験では、図5の装置(C)において、角度を0、22.5、45、67.5、90度、と変化させた。なお、水流制御板は、水流制御板と水車との接触を防ぐために、角度の変化とともにその長さも変化させている。各角度における水流制御板の長さは、0度(90mm)、22.5度(98mm)、45度(130mm)、67.5度(147mm)、90度(174mm)である。

20

【0057】

結果を図8に示す。

図8に示すように、角度を変化させると、負荷トルクおよび仕事率が変化し、45度の条件(つまり130mmの条件)が最も動力係数およびトルク係数が大きくなっていることが確認された。

また、22.5度と67.5度の場合には、45度と比べて大きな差はなかったのに対し、0度および90度の場合には、負荷トルクが小さくなり、仕事率は低下している。

30

以上の結果より、角度を変化させることによって、負荷トルクおよび仕事率が変化し、角度を22.5~67.5度とすれば、負荷トルクを大きくでき、仕事率を向上させることができることが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0058】

本発明のエネルギー変換機構は、防波堤や縦棧橋などの固定された構造物に設置したり、または、フロートなどの浮体に搭載して、水流のエネルギーを利用して発電する発電装置のエネルギー変換機構に適している。

【符号の説明】

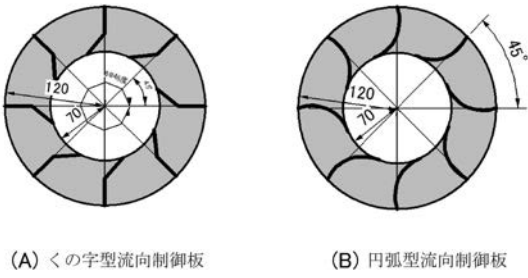
【0059】

40

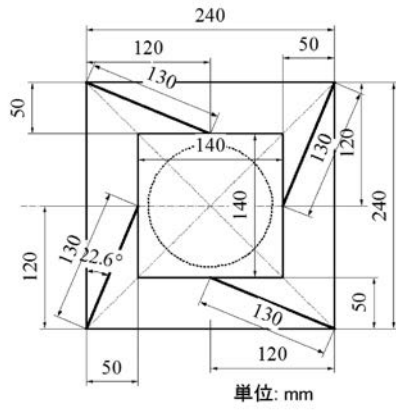
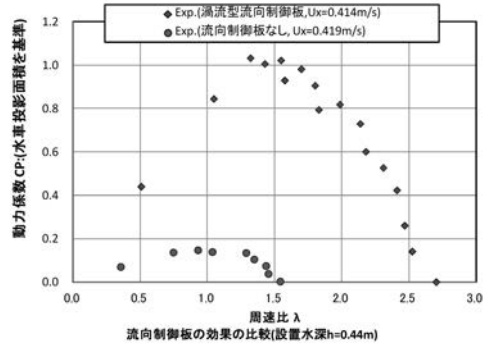
|     |           |
|-----|-----------|
| 1   | エネルギー変換機構 |
| 10  | 垂直軸水車     |
| 20  | 水流制御手段    |
| 21  | 水流制御板     |
| 21h | 隙間        |
| CL  | 回転軸       |
| Lb  | 内方連結線     |
| La  | 外方連結線     |



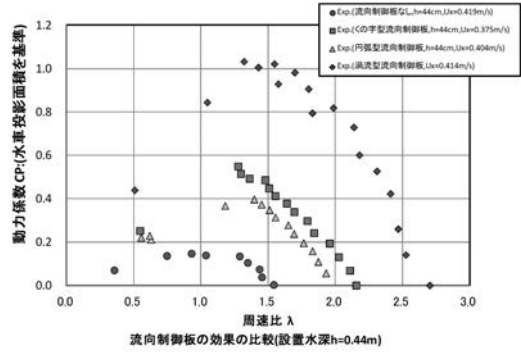
【 図 5 】



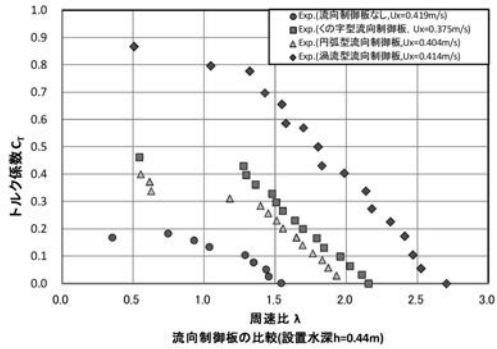
【 図 6 】



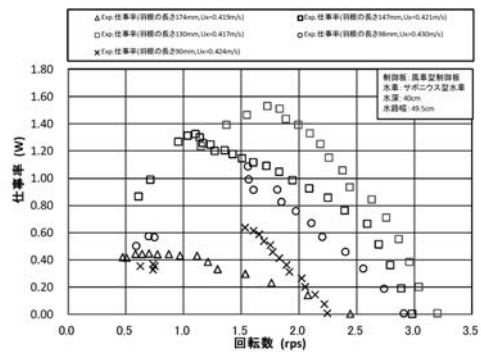
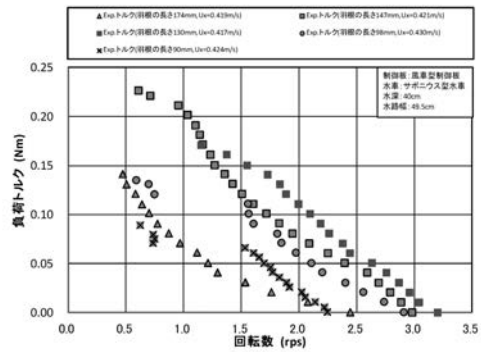
(C) 渦流型流向制御板



【 図 7 】



【 図 8 】



## 【手続補正書】

【提出日】平成29年6月14日(2017.6.14)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

水流を受けて回転する垂直軸水車に供給する水流を調整する水流制御手段における水流制御板の設計方法であって、

前記水流制御手段は、

前記垂直軸水車の周囲に、該垂直軸水車の回転軸に対して回転対称となるように配置され、その表面が前記垂直軸水車の回転軸と平行となるように配設された4枚の平板状の水流制御板を有しており、

前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、各水流制御板の内端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ内方連結線と各水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ外方連結線のなす角度を、 $22.5 \sim 67.5$ 度とし、

隣接する水流制御板間に形成される隙間を前記垂直軸水車に向かって狭くすることを特徴とする水流制御板の設計方法。

【請求項2】

前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、各水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ外方連結線よりも前記垂直軸水車の回転方向の下流側に各水流制御板の内端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ内方連結線が位置するように、各水流制御板を配置する

ことを特徴とする請求項1記載の水流制御板の設計方法。

【請求項3】

前記垂直軸水車がサボニウス型水車である

ことを特徴とする請求項1または2記載の水流制御板の設計方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水流制御板の設計方法に関する。さらに詳しくは、潮流や海流、波等を利用した発電において良好なエネルギー変換効率を実現できるエネルギー変換機構に設置される水流制御板の設計方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、再生可能エネルギーとして自然エネルギーの利用が注目されている。例えば、太陽光発電や風力発電、地熱発電、波力発電、海流発電、潮力発電などがあり、一部のものについては、すでに商業ベースでの実用化が進んでおり、貴重な電力源として活用されている。

【0003】

上記再生可能エネルギーのうち、太陽光発電や風力発電は天候などの影響を受けやすく、発電の安定性が常に問題となる。一方、海流発電や潮力発電は、天候などの影響が少なく安定した発電を維持できるという利点がある。

## 【 0 0 0 4 】

ところで、再生可能エネルギーを利用した発電では、太陽光や風、潮流などが有するエネルギーは大きいものの、そのエネルギーを電力に変換できる効率が低いという問題がある。このエネルギー変換効率（発電効率）を向上させるために、海流発電や潮力発電でも種々開発が進められている。

## 【 0 0 0 5 】

海流発電や潮力発電では、海流や潮流を電力に変換するために水車が使用されるため、発電効率を向上させる上では、海流や潮流によっていかに効率良く水車を回転させるかが重要である。とくに、潮流の場合には、時間によって水流の方向が完全に逆になる場合があるため、このような水流の方向の変化が生じて、発電効率をある程度高く維持できる機構が必要である。

## 【 0 0 0 6 】

海流発電や潮力発電において、発電効率をある程度高く維持するための機構が特許文献1～3に開示されている。

## 【 0 0 0 7 】

特許文献1～3の技術では、海流や潮流を通すための筒状空間を有する構造体を設け、この構造体の筒状空間の内部に水車を配置している。そして、水車が設けられている部分に向かって、筒状空間の内部断面が小さくなるように形成しており、その部分の水流が速くなるようにしている。

## 【 0 0 0 8 】

かかる構造とすれば、筒状の構造体の筒状空間内を流れる水流の方向は、筒状空間の軸方向に沿った流れとすることができる。したがって、この方向の流れに対して効率良く回転するように筒状空間内に水車を配置しておけば、発電効率を向上させることができる。

しかも、水車が設けられている部分では、水流の流速が周辺的水流等と比べて速くなっているため、水流中に水車をそのまま配置するよりも発電量を増加させることができる。

## 【 0 0 0 9 】

また、特許文献3の技術では、構造体の外面形状を、その軸方向の中間からその端部に向かって広がるような形状としている。そして、特許文献3には、かかる形状とすることによって、構造体の外面を流れる水流によって筒状空間から水流が排出される端部に渦流を形成することができるので、その渦流の影響によって筒状空間内の水流を増速できる旨の記載もある。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】 特許第 4 7 5 0 8 3 0 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 9 - 1 1 4 9 3 6 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 5 - 2 4 0 7 8 6 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 1 】

しかるに、特許文献1～3の技術では、構造体の筒状空間の内部に水流を通すので、発電効率を向上させる上では、筒状空間の軸方向が水流や潮流の方向に一致するように構造体を設置しなければならない。しかし、海流や潮流の方向は一定ではなく、その方向は時間によって変化する。このため、特定の時間の海流や潮流に適するように構造体を設置した場合、他の時間において海流や潮流の方向が変化すると、発電の効率が大幅に低下する。したがって、発電の効率を安定した状態で維持するには、構造体を設置する場所を海流や潮流の方向があまり変化しない場所に限定したり、また、海流や潮流の方向にあわせて構造体を移動させることができるようにしたりしなければならない。

## 【 0 0 1 2 】

また、潮流の場合には、潮の満ち引きの状況によって水流の方向が逆転するので、特許

文献 1 ~ 3 の技術では、このような潮流の変化に対応することができるような構造を採用している。具体的には、構造体の構造を対称形として、筒状空間に対してどちらの開口から水流が流入しても、同等の発電効率を維持できるような構造を採用している。つまり、潮流の方向が 180 度逆転した場合でも、同等の発電効率で発電できるような構造に形成されている。

しかし、水流の方向が逆転したときに、必ずしもその方向が 180 度逆転するとは限らない。すると、一方の開口から水流が流入する状況において最適な発電効率を得られるように構造体を設置しても、他方の開口から水流が流入する状況においては、同等の効率で発電できるとは限らない。

#### 【0013】

以上のごとく、海流発電や潮力発電において、発電効率を向上させることができ、しかも、水流や潮流の流れる方向が変化しても発電効率をある程度高く維持しておくことができる機構は開発されていない。かかる機構を実現する上では、水流や潮流の流れる方向が変化しても水車に適切に水流を制御することが必要である。

#### 【0014】

本発明は上記事情に鑑み、水流を適切に制御できる水流制御板の設計方法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】

#### 【0015】

第 1 発明の水流制御板の設計方法は、水流を受けて回転する垂直軸水車に供給する水流を調整する水流制御手段における水流制御板の設計方法であって、前記水流制御手段は、前記垂直軸水車の周囲に、該垂直軸水車の回転軸に対して回転対称となるように配置され、その表面が前記垂直軸水車の回転軸と平行となるように配設された 4 枚の平板状の水流制御板を有しており、前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、各水流制御板の内端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ内方連結線と各水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ外方連結線のなす角度を、 $22.5 \sim 67.5$  度とし、隣接する水流制御板間に形成される隙間を前記垂直軸水車に向かって狭くすることを特徴とする。

第 2 発明の水流制御板の設計方法は、第 1 発明において、前記垂直軸水車の回転軸と直交する断面において、各水流制御板の外端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ外方連結線よりも前記垂直軸水車の回転方向の下流側に各水流制御板の内端縁と前記垂直軸水車の回転軸とを結ぶ内方連結線が位置するように、各水流制御板を配置することを特徴とする。

第 3 発明のエネルギー変換機構は、第 1、第 2 または第 3 発明のいずれかにおいて、前記垂直軸水車がサボニウス型水車であることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0016】

第 1 発明によれば、隣接する水流制御板間に形成される隙間が垂直軸水車に向かって狭くなるように配設されるので、水流制御手段によって垂直軸水車に向かう水流の流速を、垂直軸水車を設置した領域の水流よりも速くすることができる。しかも、4 枚の水流制御板が内方連結線と外方連結線のなす角度が  $22.5 \sim 67.5$  度となる。すると、垂直軸水車に向かう水流の流路をある程度広く維持しつつ水流の流速を効果的に向上させることができ、しかも、垂直軸水車の回転に最適な水流を形成することができる。このため、垂直軸水車の回転速度を上昇させることができる。しかも、4 枚の水流制御板が回転対称となる位置に設けられるので、垂直軸水車を設置した領域の水流の方向に係わらず、垂直軸水車に向かう水流を形成することができる。つまり、垂直軸水車を設置した領域の水流の方向に係わらず垂直軸水車を回転させて発電することができるので、垂直軸水車を設置する場所の自由度を高くすることができる。

第 2 発明によれば、垂直軸水車に向かう水流によって効果的に垂直軸水車の回転速度を上昇させることができる。

第 3 発明によれば、垂直軸水車がサボニウス型水車であるので、水流制御板間を流れる

水流による水車の回転効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の水流制御板の設計方法によって設計された水流制御板21を有するエネルギー変換機構1の概略外観図であり、(A)は斜視図であり、(B)は側面図である。

【図2】本発明の水流制御板の設計方法によって設計された水流制御板21を有するエネルギー変換機構1の概略断面図であり、(A)は縦断面図であり、(B)は横断面図である。

【図3】本発明の水流制御板の設計方法によって設計された水流制御板21を有するエネルギー変換機構1の横断面の概略説明図である。

【図4】本発明の水流制御板の設計方法によって設計された水流制御板21を有するエネルギー変換セットを複数有するエネルギー変換機構1の概略説明図である。

【図5】実験に使用した装置の横断面を示した図であり、(A)は比較例となる「くの字型流向制御板」を設けた装置であり、(B)は比較例となる「円弧型流向制御板」を設けた装置であり、(C)が本発明のエネルギー変換機構の水流制御板に相当する「渦流型流向制御板」を設けた装置である。

【図6】水流制御板の異なる装置において、動力特性を比較した図である。

【図7】水流制御板の異なる装置において、トルク係数を比較した図である。

【図8】水流制御板の角度を変化させた場合における負荷トルクおよび仕事率を測定した実験結果を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明の水流制御板の設計方法は、海流や潮流、波のエネルギーを変換する機構等に設置される垂直軸水車に供給する水流を制御する水流制御板の設計方法である。

本発明の水流制御板の設計方法によって設計された水流制御板を垂直軸水車を有するエネルギー変換機構に設ければ、エネルギー変換効率を向上させることができる。しかも、海流や潮流の流れる方向が変動したり、波のように短い周期で水が往復運動したりするような場合であっても、エネルギー変換機構によるエネルギー変換効率の低下を防ぐことができる。

【0019】

なお、本発明の水流制御板の設計方法は、水流のエネルギーを利用して発電する発電装置のエネルギー変換機構に設置する水流制御板の設計方法として適しているが、水流によって垂直軸水車を回転させることができる環境で使用するエネルギー変換機構に設置する水流制御板を設計する際に採用することも可能である。例えば、防波堤や縦棧橋などの固定された構造物に設置したり、または、フロートなどの浮体に搭載したりするエネルギー変換機構に設置する水流制御板を設計する際に採用することができる。

【0020】

また、本発明の水流制御板の設計方法は、防波堤や縦棧橋に設けて波のエネルギーを減衰させる効果を得るために使用される設備に設置する水流制御板の設計する際に採用することもできる。つまり、平常時は発電による波のエネルギーを利用した発電設備として機能させつつ、荒天時などには波による災害を防ぐ防災設備としても機能させることができるエネルギー変換機構に設置する水流制御板の設計にも採用することができる。

もちろん、本発明の水流制御板の設計方法は、単に波などのエネルギーを吸収する設備に設置する水流制御板の設計に採用することもできる。

以下では、水流のエネルギーを変換するエネルギー変換機構に設置される水流制御板を設計する場合について説明する。

【0021】

まず、図面に基づいて、水流制御板を有するエネルギー変換機構1の構成を説明する。

なお、以下では、エネルギー変換機構1が垂直軸水車10の回転を利用して発電する機

能を有している場合を説明する。

【0022】

図1において、符号2は、本実施形態のエネルギー変換機構1の本体部を示している。

この本体部2は、一对のフレーム3, 4を備えている。この一对のフレーム3, 4は、両者間に水流を流すことができる空間2hが形成されるように、互いに離間した状態で配設されている。しかも、一对のフレーム3, 4は、空間2hの周囲のどの方向からでも空間2h内に水流が流入できるように設けられている。

【0023】

なお、この一对のフレーム3, 4の対向する面3a, 4aは、互いに平行な平坦面に形成されているが、互いに平行でなくてもよいし、平坦面でなくてもよい。しかし、一对のフレーム3, 4の対向する面3a, 4aを、互いに平行な平坦面とした場合には、一对のフレーム3, 4間を往復流が流れるときに流れの方向にかかわらず流動抵抗を少なくできるなどの利点を得られる。

【0024】

図1および図2に示すように、本体部2の一对のフレーム3, 4間(つまり空間2h)には、垂直軸水車10が設けられている。この垂直軸水車10は、一对のプレート13, 13と、この一对のプレート13, 13間に設けられた2枚の回転翼12と、一对のプレート13, 13の外面に立設された一对の軸11, 11と、を備えている。なお、一对の軸11, 11は、互いに同軸上に位置するように配設されている。以下では、一对の軸11, 11の中心軸を通過する軸を、単に、垂直軸水車10の回転軸CLという(図2(A)参照)。

【0025】

この垂直軸水車10は、その一对の軸11, 11がそれぞれ一对のフレーム3, 4に回転可能に取り付けられている。具体的には、垂直軸水車10は、本体部2の空間2hに流入する水流WF(図2(B)参照)の方向に対して、その回転軸CLの軸方向が交差(好ましくは直交)するように配設されている。

【0026】

また、垂直軸水車10は、空間2hのほぼ中央部に位置するように配設されている。例えば、図2(B)に示すように、空間2hの断面が正方形である場合には、その対角線DLの交点を回転軸CLが通過するように、垂直軸水車10は空間2h内に配設されている。

【0027】

なお、垂直軸水車10の構造はとくに限定されず、空間2h内に流入する水流によって回転するものであればよく、とくに限定されない。しかし、垂直軸水車10として、抗力型の垂直軸水車を採用する場合には、図1、図2に示すようなサボニウス型水車を採用することが好ましい。もちろん他の抗力型の垂直軸水車を使用することは可能であるが、サボニウス型水車を使用した場合、エネルギー変換効率が高くなる。そして、後述する水流制御手段20の水流制御板21によって空間2hに流入する水流を制御した場合に、水流制御板21の端縁近傍において水流の乱れが発生しても、その乱れの影響により回転効率が低下するなどの問題が生じにくいので、好ましい。

【0028】

図1に示すように、垂直軸水車10の一方の軸11は、その一端部がフレーム3を貫通し、フレーム3に設けられている発電手段5に連結されている。この発電手段5は、軸11の回転によって発電することができる機能を有するものである。なお、発電手段5は、軸11の回転によって発電することができるものであればよく、公知の発電機など種々の発電機を使用することが可能である。

【0029】

そして、図1および図2に示すように、本体部2の一对のフレーム3, 4間において、垂直軸水車10の周囲には、水流制御手段20の複数の水流制御板21A~21Dが設けられている。この水流制御板21A~21Dは、その表面が平坦面に形成された板状の部

材であり、その表面が垂直軸水車 10 の回転軸 CL とほぼ平行となるように設けられている。

また、図 2 ( B ) に示すように、複数の水流制御板 21 A ~ 21 D は、垂直軸水車の回転軸 CL に対して回転対称となるように配設されている。しかも、隣接する水流制御板 21, 21 の間に、垂直軸水車 10 に向かって狭くなるような隙間 21 h が形成されるように配設されている。

#### 【 0030 】

以上のごとく、本実施形態のエネルギー変換機構 1 では、本体部 2 の一對のフレーム 3, 4 間の空間 2 h に垂直軸水車 10 を配置しており、この空間 2 h 流入する水流 WF の方向に対して、垂直軸水車 10 の回転軸 CL の軸方向が交差するように配設されている。したがって、空間 2 h に水流 WF が流入すれば、垂直軸水車 10 を回転させることができるから、垂直軸水車 10 の回転軸 11 に連結された発電手段 5 によって発電することができるのである。

#### 【 0031 】

しかも、隣接する水流制御板 21, 21 の間に、垂直軸水車 10 に向かって狭くなるような隙間 21 h が形成されるように配設されているので、エネルギー変換機構 1 を設置した領域の水流よりも、垂直軸水車 10 に向かう水流の流速を速くすることができる。すると、水流制御手段 20 が設けられていない場合に比べて、垂直軸水車 10 の回転速度を上昇させることができるから、発電手段 5 による発電効率を高くすることができる。

#### 【 0032 】

また、空間 2 h にはその周囲のどの方向からでも水流が流入できるようになっており、複数の水流制御板 21 も垂直軸水車 10 の回転軸 CL に対して回転対称となるように配設されている。すると、エネルギー変換機構 1 を設置した領域の水流の方向に係わらず、流速を速くした水流を垂直軸水車 10 に供給することができる。そして、垂直軸水車 10 は供給される水流 WF がどの方向から供給されても回転するので、どのようにエネルギー変換機構 1 を設置しても、エネルギー変換機構 1 の周囲に水流 WF があれば発電することができる。つまり、エネルギー変換機構 1 を設置する領域の水流 WF の状態に係わらず発電が可能となるので、エネルギー変換機構 1 を設置する場所の自由度を高くすることができる。

#### 【 0033 】

##### ( 水流制御板 21 の設計方法の説明 )

水流制御手段 20 の水流制御板 21 A ~ 21 D は、上述したように、隣接する水流制御板 21, 21 の間に、垂直軸水車 10 に向かって狭くなるような隙間 21 h が形成されるように配設されている。このような状態となるように水流制御板 21 を設計する方法は種々あるが、以下のように各水流制御板 21 を設計することが好ましい。

#### 【 0034 】

##### ( 水流制御板 21 の傾斜について )

図 3 に示すように、各水流制御板 21 A ~ 21 D の外端縁 21 a と垂直軸水車 10 の回転軸 11 と結ぶ線 La に対して、各水流制御板 21 A ~ 21 D の表面が傾斜するように各水流制御板 21 A ~ 21 D の配置を設計する。しかも、線 La ( 外方連結線 La ) に対して、各水流制御板 21 の内端縁 21 b が垂直軸水車 10 の回転方向の下流側に位置するように各水流制御板 21 A ~ 21 D の配置を設計する。このように設計すれば、各水流制御板 21 の表面に沿う水流は、垂直軸水車 10 の回転翼 12 を押す力が発生するように流るので、この水流によって効果的に垂直軸水車 10 の回転速度を上昇させることができる。

#### 【 0035 】

とくに、隣接する一對の水流制御板 21, 21 のうち、垂直軸水車 10 の回転方向の上流側に位置する水流制御板 21 の内端縁 21 b が、垂直軸水車 10 の回転軸 11 を含み隣接する一對の水流制御板 21, 21 における外端縁 21 a 間を 2 等分する面よりも、下流側に位置するように 各水流制御板 21 A ~ 21 D の配置を設計することが好ましい。例え

ば、図3において一对の水流制御板21A, 21Bであれば、上流側に位置する水流制御板21Aの内端縁21bが、垂直軸水車10の回転軸11を含みかつ水流制御板21A, 21Bの外端縁21a間を2等分する面SFよりも、下流側に位置するように設計することが好ましい。

このように設計すれば、各水流制御板21の表面に沿う水流が、垂直軸水車10の回転を妨げる流れとなることを確実に防ぐことができるので、水流により垂直軸水車10の回転速度を上昇させる効果を確実に得ることができる。

#### 【0036】

なお、上述したような効果を得ることができるのであれば、各水流制御板21の外方連結線Laに対する傾斜角度はとくに限定されない。しかし、垂直軸水車10の回転軸11と直交する断面において、外方連結線Laと水流制御板21の内端縁21bと垂直軸水車10の回転軸11とを結ぶ線(内方連結線Lb)とのなす角度が、 $22.5 \sim 67.5$ 度となるように設計することが好ましい。角度が、 $22.5$ 度以下となると、水流制御板21によって形成される水流のうち垂直軸水車10の回転を妨げる水流となる割合が大きくなる。一方、 $67.5$ 度以上となると、水流制御板21が垂直軸水車10に向かう流れに対して抵抗となってしまう垂直軸水車10に供給できる水量が少なくなってしまうからである。

したがって、内方連結線Lbと外方連結線Laのなす角度が、 $22.5 \sim 67.5$ 度となるように設計することが好ましく、 $45 \pm 10$ 度となるように設計することがさらに好ましい。

#### 【0037】

(水流制御板21と垂直軸水車10との距離について)

また、垂直軸水車10の半径方向において、各水流制御板21の内端縁21bの位置は、垂直軸水車10の回転翼21に接触しないように設計すればよく、とくに限定されない。

#### 【0038】

(水流制御板21の数)

水流制御手段20は、垂直軸水車10の周囲に設置する水流制御板21の数はとくに限定されないが、少なくとも4枚以上となるように設計することが好ましい。一方、水流制御板21の数が多すぎると、空間2hに流入する水流の流量が少なくなるので、エネルギー変換効率が低下する。したがって、垂直軸水車10の周囲に設置する水流制御板21の枚数は、4枚以上となるように設計することが好ましく、4~6枚となるように設計することがより好ましい。

#### 【0039】

(複数の水流制御板21の配置について)

上記例では、複数の水流制御板21が垂直軸水車10の回転軸CLに対して回転対称となるように設計した場合を説明したが、エネルギー変換機構1を設置する領域の水流の特性に合わせて各水流制御板21毎にその姿勢をそれぞれ設計してもよい。例えば、流れが変化したときに流れの方向が正反対にならないような場所に設置する場合には、現場状況の観測に基づいて、各方向の水流に対して適正な角度となるように、各水流制御板21の姿勢を設計すればよい。

#### 【0040】

(複数の水流制御板21の他の機能について)

上述したように、エネルギー変換機構1では、複数の水流制御板21によって垂直軸水車10が囲まれた状態となるように複数の水流制御板21が設計されている。そして、複数の水流制御板21の間に形成される隙間21hは、垂直軸水車10に近づくにつれて、その間隔が狭くなるように複数の水流制御板21が設計されている。言い換えれば、垂直軸水車10の収容されている領域が外部に開口している面積が小さくなるように複数の水流制御板21が設計されている。

#### 【0041】

このため、流木やゴミなどの漂流物や小船舶等がエネルギー変換機構 1 に衝突したとしても、漂流物などが垂直軸水車 10 に接触することを防止できる。つまり、漂流物などとの接触によって垂直軸水車 10 が損傷する可能性を低くすることができる。

【0042】

したがって、本実施形態のエネルギー変換機構 1 を海底などに設置しても、長期間安定して発電を維持することができ、漂流物などとの接触による損傷に起因するメンテナンスの頻度を低くできる。

【0043】

なお、本実施形態のエネルギー変換機構 1 を海底などに設置して漂流物などとの衝突を防ぎつつ、エネルギー変換効率を高く維持する上では、隙間 21 h の最も狭い部分の幅は垂直軸水車 10 の半径程度となるように複数の水流制御板 21 を設計することが望ましい。

また、流木やゴミなどが空間 2 h に侵入することを防ぐ上では、エネルギー変換機構 1 の周囲に網などを設けることも有効である。

【0044】

(並列式)

本発明の水流制御板の設計方法によって設計された水流制御板を有するエネルギー変換機構 1 は、一基を単独で設置してもよいが、複数を並べて設置してもよい。つまり、本体部 2 と、垂直軸水車 10 と、水流制御手段 20 をエネルギー変換セットとすると、各エネルギー変換セットにおける垂直軸水車 10 の軸 11 同士が互いに平行となるように、複数のエネルギー変換セットを配設してもよい。この場合、隣接するエネルギー変換セット内で形成される水流の影響によって、垂直軸水車 10 に向かう水流の流速を増速する効果を高くすることができる。

とくに、垂直軸水車 10 の軸 11 が一列に並ぶように配設した場合には、より効果的に、垂直軸水車 10 に向かう水流の流速を増速する効果を高くすることができる。

【0045】

例えば、図 4 に示すように、エネルギー変換セットを、本体部 2 の一對のフレーム 3, 4 が正方形の平板であって、4 枚の水流制御板 21 の基端が一對のフレーム 3, 4 の各頂点に位置し、かつ、4 枚の水流制御板 21 が回転対称となるように設計した場合を考える。この場合に、一對のフレーム 3, 4 の一辺同士が接触し、かつ、垂直軸水車 10 の軸 11 が一列に並ぶように配設する。つまり、複数のエネルギー変換セットを並べたエネルギー変換機構 1 が、平面視で略長形状になるように配置する。すると、隣接するエネルギー変換セットにおいて、水流制御板 21 の基端同士が連結された様な状態となる。かかるエネルギー変換機構 1 は、平面視略長形状の長辺側が、水流に対向するように設置する。例えば、防波堤に設置した場合には、平面視略長形状の長辺が、海岸線と略平行となるように設置する。すると、エネルギー変換機構 1 の各エネルギー変換セットに流入する水流は、水流が流入する側（つまり長方形の長辺側）に位置する水流制御板 21 によって制御増速されて垂直軸水車 10 に供給される。しかも、水流と平行な側面（つまり平面視略長形状の短辺）には隣接するエネルギー変換セットが設けられているので、この隣接するエネルギー変換セット内の水流の影響により、垂直軸水車 10 に供給される水流を増速する効果はより高くなる。したがって、各エネルギー変換セットの垂直軸水車 10 の軸に上述したような発電手段 5 を設けておけば、発電効率をさらに高くすることができる。

【実施例 1】

【0046】

水車の周囲に水流制御手段を設けたことによって、どのようにエネルギー変換効率が変わるのかについて確認した。

【0047】

実験では、サボニウス型の水車の周囲に水流制御板を設けた装置を水路内に設置し、水路に水流を形成して、水車の回転数と負荷トルクを測定し、水車の回転数と負荷トルクに基づいて水車の動力特性とトルク係数を算出した。

## 【 0 0 4 8 】

水車の動力特性として、周速比 に対する動力係数  $C_p$  の変化特性を調べることによって、水流エネルギーの取得効率を確認した。

また、周速比 に対するトルク係数  $C_r$  の変化特性を調べることによって、水車の特性を確認した。

なお、動力係数  $C_p$ 、トルク係数  $C_r$  および周速比 は以下の式に基づいて算出した。

$$\text{動力係数} : C_p = T_t / (0.5 u^3 (2RH))$$

$$\text{トルク係数} : C_r = T_t / (0.5 u^2 (2RH) R)$$

$$\text{周速比} : = R / u$$

$T_t$  : 時刻  $t$  において測定された負荷トルク

$R$  : 水車の半径

: 水車回転軸の回転角速度

$H$  : 回転翼の回転軸方向の長さ

$u$  : 流体の速度

$2RH$  : 水車が水流に対して占める断面積

## 【 0 0 4 9 】

実験には、いずれもサボニウス型水車（回転翼の回転軸方向の長さ  $H = 300 \text{ mm}$ 、直径  $120 \text{ mm}$ 、回転翼の外径  $70 \text{ mm}$ ）を有する装置を使用した。そして、サボニウス型水車の周囲に水流制御板を設置した装置（図 5 に示す 3 種類）と、水流制御板が無い装置の 4 種類の装置について、測定を行った。

なお、図 5 の装置（C）が、本発明のエネルギー変換機構の水流制御板に相当する「渦流型流向制御板」を設置した装置である。この図 5 の装置（C）は、その横断面が実質的に図 3 と同様の構造を有しており、図 3 における角度 が  $45$  度となるように水流制御板を設置している。

## 【 0 0 5 0 】

水車の回転数と負荷トルクは、水車の軸に取り付けられた、トルクメータ（小野測器製トルク検出器、型番：DP005）により測定した。測定では、トルクメータの負荷側に電気磁気ブレーキを作用させて、水車の回転数と負荷トルクを同時に測定した。

## 【 0 0 5 1 】

使用した水路は幅  $500 \text{ mm}$  の水路であり、この水路に水深  $h = 0.44 \text{ m}$  となるように水を流した。なお、装置は水路内の幅方向の中央に設置した。

## 【 0 0 5 2 】

結果を図 6 および図 7 に示す。

図 6 に示すように、周速比に係わらず、本発明のエネルギー変換機構の水流制御板に相当する「渦流型流向制御板」（以下、単に「渦流型流向制御板」という）を設置した装置の動力係数が高くなっていることが確認できる。各条件における動力係数の最高値を比較しても、「渦流型流向制御板」を設置した装置では、水流制御板を設けない場合に比べて  $10$  倍程度、他の形状の水流制御板を設けた場合と比べても約  $2$  倍以上となっており、水流エネルギーの取得効率が非常に高くなっていることが確認できる。

## 【 0 0 5 3 】

また、図 7 に示すように、周速比に係わらず、トルク係数も、「渦流型流向制御板」を設置した装置が高くなっていることが確認できる。各条件における最高のトルク係数を比較しても、「渦流型流向制御板」を設置した装置では、水流制御板を設けない場合に比べて  $8$  倍程度、他の形状の水流制御板を設けた場合と比べても約  $2$  倍以上となっており、水車の特性が向上していることが確認できる。

## 【 0 0 5 4 】

以上の結果より、本発明のエネルギー変換機構のように水流制御板を設置することによ

って、動力係数およびトルク係数が高くなっていることから、本発明のエネルギー変換機構のように水流制御板を設置することによってエネルギー変換効率を向上させることができることが確認できた。

【実施例 2】

【0055】

本発明のエネルギー変換機構のように水流制御板を設置した場合において、水流制御板の設置角度が負荷トルクおよび仕事率に与える影響を確認した。

【0056】

実験は、実施例 1 と同様の方法によって行った。

実験では、図 5 の装置 (C) において、角度  $\theta$  を 0、22.5、45、67.5、90 度、と変化させた。なお、水流制御板は、水流制御板と水車との接触を防ぐために、角度  $\theta$  の変化とともにその長さも変化させている。各角度における水流制御板の長さは、0 度 (90 mm)、22.5 度 (98 mm)、45 度 (130 mm)、67.5 度 (147 mm)、90 度 (174 mm) である。

【0057】

結果を図 8 に示す。

図 8 に示すように、角度  $\theta$  を変化させると、負荷トルクおよび仕事率が変化し、45 度の条件 (つまり 130 mm の条件) が最も動力係数およびトルク係数が大きくなっていることが確認された。

また、22.5 度と 67.5 度の場合には、45 度と比べて大きな差はなかったのに対し、0 度および 90 度の場合には、負荷トルクが小さくなり、仕事率は低下している。

以上の結果より、角度  $\theta$  を変化させることによって、負荷トルクおよび仕事率が変化し、角度  $\theta$  を 22.5 ~ 67.5 度とすれば、負荷トルクを大きくでき、仕事率を向上させることができることが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0058】

本発明のエネルギー変換機構は、防波堤や縦棧橋などの固定された構造物に設置したり、または、フロートなどの浮体に搭載して、水流のエネルギーを利用して発電する発電装置のエネルギー変換機構に適している。

【符号の説明】

【0059】

|     |           |
|-----|-----------|
| 1   | エネルギー変換機構 |
| 10  | 垂直軸水車     |
| 20  | 水流制御手段    |
| 21  | 水流制御板     |
| 21h | 隙間        |
| CL  | 回転軸       |
| Lb  | 内方連結線     |
| La  | 外方連結線     |