

(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2004-19470

(P2004-19470A)

(43) 公開日 平成16年1月22日(2004.1.22)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F03D 9/00

B63B 35/00

F03D 1/02

F I

F03D 9/00

B63B 35/00

F03D 1/02

テーマコード(参考)

3H078

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願2002-171762(P2002-171762)

(22) 出願日

平成14年6月12日(2002.6.12)

(71) 出願人

000006208

三菱重工業株式会社

東京都港区港南二丁目16番5号

(74) 代理人

100112737

弁理士 藤田 考晴

(74) 代理人

100089163

弁理士 田中 重光

(72) 発明者

太田 真

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号

三菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者

本田 明弘

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号

三菱重工業株式会社長崎研究所内

最終頁に続く

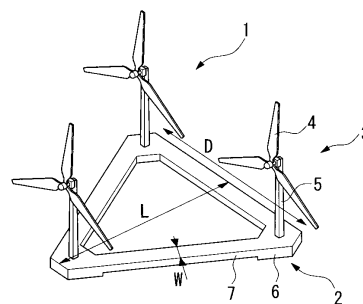
(54) 【発明の名称】 浮体式大型風力発電装置

(57) 【要約】

【課題】 浮体式風力発電装置の大型化によっても、曳航抵抗を低減することができ、安定した浮力および十分な強度を有して構成され、低コストで製造可能とすることで発電単価を低減することのできる浮体式大型風力発電装置を提供すること。

【解決手段】 水面上に浮く構造物からなる浮体2上に複数基の風力発電用風車3を配置した浮体式大型風力発電装置1であって、浮体2は風力発電用風車3の下方に設けられた複数の主浮力部6と、主浮力部6を互いに接合して設けられた連結浮力部7とを備えて構成され、主浮力部6は連結浮力部7より下方に突出していることを特徴とする。

【選択図】 図1



- 1: 浮体式大型風力発電装置
- 2: 浮体
- 3: 風力発電用風車
- 6: 主浮力部
- 7: 連結浮力部

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

水面上に浮く構造物からなる浮体上に複数基の発電用風車を配置した浮体式大型風力発電装置であって、

上記浮体は上記発電用風車の各々の下方に設けられた主浮力部と、該主浮力部を互いに接合して設けられた連結浮力部とを備えて構成され、

該主浮力部は該連結浮力部より下方に突出していることを特徴とする浮体式大型風力発電装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の浮体式大型風力発電装置であって、

前記主浮力部は、前記連結浮力部を各辺とする平面三角形の頂点の位置に構成されていることを特徴とする浮体式大型風力発電装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または請求項 2 に記載の浮体式大型風力発電装置であって、

前記連結浮力部は、断面四角形の中空柱状構造物からなることを特徴とする浮体式大型風力発電装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、水面上に浮く浮体上に配置された複数基の発電用風車を備えた風力発電装置に関し、特に大型の発電用風車を備えた風力発電装置に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

一般に、風力により回転する風車の回転エネルギーを電力に変換する風力発電は、燃料を全く必要としないクリーンな発電方法として近年脚光を浴びている。ところが、風力発電のためには安定した風が必要となるため陸上では発電装置を設置するのに適した場所が限られる問題がある。たとえば、年間を通して平均的に  $5 \text{ m/s}$  の風速がないと、採算が取れないと言われている。一方、湖、海等の水上では風力発電に適した安定な風が得られる場所が多いため、水上に風力発電装置を設置することが提案されている。

**【0003】**

水上に風力発電装置を設置する場合には、水深が浅い領域では水底に基礎を設置し、その上に発電用風車を設置する構造物を設けた固定式風力発電装置が使用される。しかし、海上等の水深の深い領域に風力発電装置を設置する場合には、基礎の建設にかかるコストが増大するため、固定式の風力発電装置は実際的でない。このため、水上に浮く構造物からなる浮体上に発電用風車を設置する浮体式風力発電装置が提案されている。

**【0004】**

この種の浮体式風力発電装置に関し、本発明者等は特開 2001-165032 号で開示されたように、浮体の製造コストを低減することによって発電単価を低減可能とした浮体式風力発電装置を提案している。従来より用いられている浮体式風力発電装置は、大型のものでも 1 MW 級の規模の発電能力を有した発電用風車を使用されており、上記特開 2001-165032 号に記載された規模の浮体が用いられている。

**【0005】****【発明が解決しようとする課題】**

ところで、近年さらなる発電単価の低減が求められる傾向があり、発電効率を向上させるため発電設備の大型化が進められているが、上記浮体式風力発電装置は大型化に伴う重量増加に耐えられる浮体構造ではないという問題があった。つまり、発電用風車の重量により浮体に加えられる力と、浮体による浮力のバランスによって浮体に曲げモーメントが生じ、この曲げモーメントは発電用風車を大型化するに伴い大きくなるということである。そして、この曲げモーメントに耐えられるように浮体の強度を増すと浮体の重量増加となり、さらなる浮力を得るために浮体が大型化され、製造コストが高くなるという問題があ

10

20

30

40

50

った。たとえば、従来用いられている1MW級の発電用風車の重量は約120tonであるが、3MW級で約300ton、5MW級で約550tonとなり、単純に従来の浮体を大型化・高強度化した場合、必要な浮力を得るために非常に大きな浮体となり、製造が困難になるという問題があった。

#### 【0006】

また、浮体式風力発電装置を大型化した場合に浮体の安定性が確保されていないと、常に浮体式風力発電装置に加えられる風抗力によって装置が転覆するおそれがあった。また、浮体式風力発電装置が十分な強度を有していないと変動的に浮体式風力発電装置に加えられる波強制力によって浮体の強度以上の力が加えられ装置が破損するおそれがあった。また、浮体式風力発電装置の大型化に伴って曳航時の抵抗が大きくなり、設置現場までの曳航が困難になり、稼働率が低下するという問題があった。

10

#### 【0007】

本発明は、このような背景の下になされたものであって、浮体式風力発電装置の大型化によっても、曳航抵抗を低減することができ、安定した浮力および十分な強度を有して構成され、低コストで製造可能とすることで発電単価を低減することのできる浮体式大型風力発電装置を提供することを目的としている。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、この発明は以下の手段を提案している。

請求項1に係る発明は、水面上に浮く構造物からなる浮体上に複数基の発電用風車を配置した浮体式大型風力発電装置であって、上記浮体は上記発電用風車の各々の下方に設けられた主浮力部と、該主浮力部を互いに接合して設けられた連結浮力部とを備えて構成され、該主浮力部は該連結浮力部より下方に突出していることを特徴とする。

20

#### 【0009】

この発明に係る浮体式大型風力発電装置において、発電用風車の下方に設けられた主浮力部が連結浮力部より下方に突出して浮体が構成されているので、発電用風車の下方部分の浮体のみ喫水が増し、発電用風車の荷重に対する十分な浮力が得られる。つまり、主浮力部の浮力が発電用風車の荷重を支えることで、各主浮力部を互いに接合して設けられた連結浮力部に生じる曲げモーメントが低減されるのである。これにより、発電用風車が大型化されても、主浮力部の喫水を増やすことで増加重量に対応することができる浮体式大型風力発電装置を得ることができる。また、連結浮力部において発電用風の車重量増加にともなう曲げモーメントに対応するための補強が不要となるので、低コストで製造することができ、発電単価を低減することができる。

30

#### 【0010】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の浮体式大型風力発電装置であって、前記主浮力部は、前記連結浮力部を各辺とする平面三角形の頂点の位置に構成されていることを特徴とする。

#### 【0011】

この発明に係る浮体式大型風力発電装置において、浮体は主浮力部が平面三角形の頂点の位置になるように連結浮力部を接合して構成されているので、浮体の安定性が高く、強風を受けても浮体式大型風力発電装置の傾きが少ない。また、上記構成は曳航時の抵抗を少なくすることができると共に、設置後の波浪による動揺も少なくすることができる。これにより、稼働率を高くすることができ、設置後においても動揺が少なく安定性の高い浮体式大型風力発電装置とすることができる。

40

#### 【0012】

請求項3に係る発明は、請求項1または請求項2に記載の浮体式大型風力発電装置であって、前記連結浮力部は、断面四角形の中空柱状構造物からなることを特徴とする。

#### 【0013】

この発明に係る浮体式大型風力発電装置において、断面四角形の中空柱状構造物で連結浮力部が構成されているので、容易に連結浮力部が形成されると共に、波浪などによる外力

50

に対して十分な強度を有して連結浮力部が構成される。これにより、安価で高強度な浮体式大型風力発電装置を得ることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照し、この発明の実施の形態について説明する。

図1は、本発明の浮体式大型風力発電装置の一実施形態の概略構成を示す図である。図1において、浮体式大型風力発電装置1は水面に浮く構造物からなる浮体2と、風力発電用風車3とを備えた構成とされている。風力発電用風車3は、風を受けて回転するロータ4と、ロータ4を支持するタワー5とを備えており、ロータ4は風向きに応じてタワー5の軸線回りに自由に回転して常にロータ4が風上方向を向くように調節される。ロータ4の回転は、ロータ4に連結された図示しない発電機により電力に変換され、電力ケーブルにより陸上に送電される。本実施の形態では、風力発電用風車3は5MW級の規模の発電能力を有し、ロータ4の直径は約120mで、重量は約550tonとされている。

10

【0015】

浮体2は、直方体状の中空の主浮力部6と、断面四角形の中空の連結浮力部7とを有して構成されており、三角形の頂点に主浮力部6が配置され、各辺に連結浮力部7が配置され連結して構成された三角形の平面構造とされている。そして、3つの風力発電用風車3が主浮力部6の上に配置されている。主浮力部6は、図2の部分側面図に示されるように、連結浮力部7より下方向に突出するように構成されており、連結浮力部7より喫水が深くなっている。つまり、水面WLから主浮力部6の底面までの深さが深くなっている分だけ大きな浮力を得られ、その上に設けられている風力発電用風車3の重量を支えられるような構成とされている。また、浮体2の構成寸法は、風圧に対する安定性、波浪に対する耐強度、製造コスト、および風力発電用風車3の間隔による発電効率などの条件によって決定される。

20

【0016】

図1に示した浮体式大型風力発電装置1の全長L(m)、全幅D(m)、梁幅W(m)について、3通りの構成寸法での実施例において、風力発電用風車3が風を受けた時の垂直軸に対するタワー5の傾斜の計算を行った。計算は、25m/sの風を受けた状態で、ロータ4のピッチを最も風を逃がす角度とした状態(いわゆるカットアウト時)において、静的に傾斜する条件で行われた。実施例1、実施例2、実施例3における傾斜の計算結果を表1に示す。

30

【0017】

【表1】

	実施例1 5MW-A	実施例2 5MW-B	実施例3 5MW-C
全長 L (m)	158.8	148.2	137.6
全幅 D (m)	183.3	171.1	158.9
梁幅 W (m)	14.4	13.5	12.5
傾斜 (deg)	0.23	0.30	0.40

40

【0018】

表1において、浮体2の構成寸法が大きいほど風に対して安定していることが分かり、最も小さな構成寸法とされる実施例3の浮体2においても傾斜は0.4degで、浮体式大型風力発電装置1が転覆するほどの傾斜にはならないということが分かる。

【0019】

また、設置された浮体式大型風力発電装置1に波浪による外力が加えられた場合の限界強

50

度について、波周期および波高の各条件における計算結果、および実際に観測された測定値を図3に示す。図3において、横軸は波周期、縦軸は波高を示し、湾内での観測値を×、水深2.5m以下の海域での観測値を○、水深2.5m以上の海域での観測値を+でプロットした。また、強度計算は表1の浮体2の寸法、および浮体2の板厚に加えて骨組みの部分の構成を板厚に換算して得られる等価板厚を用いて行われた。計算結果のプロットは、  
 ○が実施例1の寸法、  
 △が実施例2の寸法、  
 □が実施例3の寸法でそれぞれ等価板厚が20mmである。また、  
 ○が実施例1の寸法、  
 △が実施例2の寸法、  
 □が実施例3の寸法でそれぞれ等価板厚が30mmである。

#### 【0020】

図3の観測値より、水深が深くなるほど波高が高くなり、波周期も大きくなることが分かる。計算結果より、等価板厚が20mmの実施例(○, △, □)において、3m程度の波高が生じる海域においては、波浪による外力に対して十分な強度を有することが分かる。また、同じ等価板厚でも構成寸法の小さい実施例(○, △)で強度が高いことが分かる。そして、実施例3の寸法で等価板厚が30mmの実施例(□)において、約7mの波高による外力に耐えられることが分かる。

10

#### 【0021】

この浮体式大型風力発電装置1は、既存の造船所などの施設において、鋼板を溶接構造で構成した浮体2に、風力発電用風車3が設置されて構成された一体建造で製造され、設置海域まで船舶で曳航される。このとき、浮体式大型風力発電装置1は三角形の形状なので、その頂点が進行方向前方となるように曳航することで、進行方向前方に対し垂直となるような辺を有して曳航される場合に比べ、曳航抵抗が少なくなる。

20

#### 【0022】

上述したように浮体式大型風力発電装置1は、風力発電用風車3の下方に設けられた主浮力部6を連結浮力部7より下方に突出して浮体2が構成されているので、主浮力部6が風力発電用風車3の荷重を支えられる浮力の喫水とされ、連結浮力部7に生じる曲げモーメントを低減させることができる。これにより、連結浮力部7の曲げ剛性を高めるために用いられる補強部材を減らすことができ、浮体2を軽量化することができる。そして、浮体2を軽量化することで浮体2を小型化しても十分な浮力を得ることができる。したがって、浮体2を低コストで製造することができるので、発電単価を低減することができる。

30

#### 【0023】

また、浮体2は主浮力部6を平面三角形の頂点の位置になるように連結浮力部7を接合して構成されているので安定性が高く、計算結果より実施例3の形状で2.5m/sの風を受けた場合においても0.4degの傾斜であり、安定して浮く浮体2を構成することができる。また、製造された浮体式大型風力発電装置1を設置海域に移動する時に、平面三角形の頂点を進行方向前方として曳航することで、曳航抵抗を低減することができるので、曳航期間を短縮することができ、浮体式大型風力発電装置1の稼働率を向上させることができる。また、設置後の波浪による動揺も少なくすることができるので、浮体式大型風力発電装置1の動揺による負担を低減させることができる。

#### 【0024】

また、連結浮力部7は断面四角形の中空柱状構造物で構成されているので、波浪などによる外力に対して十分な強度を有することができ、計算結果より実施例3の形状で等価板厚が30mmの場合、約7mの波高に耐える強度を得ることができる。また、このような単純な箱型構造を組み合わされて浮体2が形成されているので、容易に浮体2を形成することができる。そして、造船所で浮体式大型風力発電装置1を一体建造で製造することで、低コストで製造することができる。

40

#### 【0025】

なお、本実施の形態において、浮体2の主浮力部6は図2に示されたような略直方体形状とされているが、主浮力部6は連結浮力部7より下方に突出して、風力発電用風車3の荷重を支持することのできる浮力が得られる形状であればよい。つまり、風力発電用風車3の下方の喫水を増やすことのできる形状であればよく、図4(a)、(b)に示され

50

た主浮力部 6 の変形例である略半球形状の主浮力部 6 a、略柱状の主浮力部 6 b の形状とされていてもよい。

【 0 0 2 6 】

また、実施例において、5 MW 級の規模の発電能力を有する風力発電用風車 3 および風力発電用風車 3 を配置することのできる浮体 2 において説明を行ったが、5 MW 級以下の風力発電用風車において本発明を適応することが可能であることは言うまでもない。

【 0 0 2 7 】

【 発明の効果 】

以上説明したように、各請求項の発明によれば、浮体上に複数基の発電用風車を配置する場合、断面四角形の中空柱状構造物からなる連結浮力部を各辺として平面三角形状を形成し、平面三角形状の頂点に連結浮力部より下方に突出する主浮力部を接合して構成された、浮体の主浮力部に発電用風車を配置することにより、安定性が高く十分な強度を有しながらも、製造コストを低減することができるので、発電単価を低減させることができる。また、従来より大型で高出力の発電用風車を用いることができるので、発電効率が向上させられ、さらに発電単価を低減させることができる。また、曳航時の抵抗や波浪による動揺を抑えることができるので、稼働率を上げることができると共に、浮体式大型風力発電装置への負担を減らすことができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態における浮体式大型風力発電装置の説明図である。

【 図 2 】 本発明の一実施形態における主浮力部の側面図である。

20

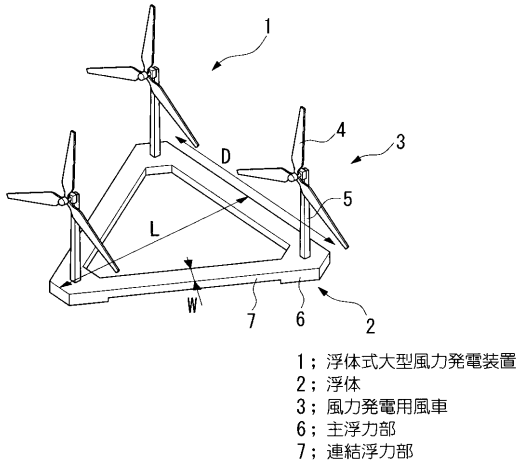
【 図 3 】 浮体式大型風力発電装置の波浪による限界強度の計算値、および波高と波周期との測定値を示した図である。

【 図 4 】 主浮力部の変形例を示す側面図である。

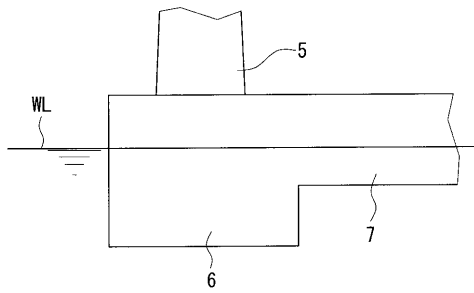
【 符号の説明 】

- 1 浮体式大型風力発電装置
- 2 浮体
- 3 風力発電用風車
- 6 主浮力部
- 7 連結浮力部

【 図 1 】

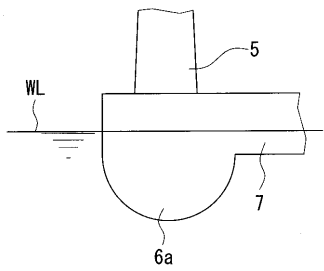


【 図 2 】

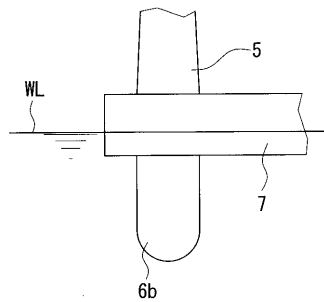


【 図 4 】

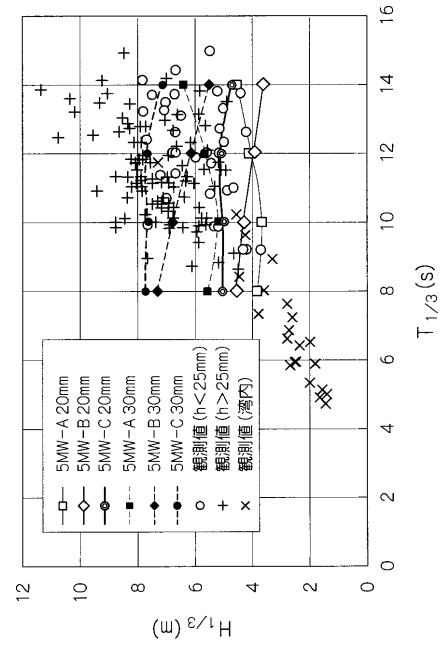
(a)



(b)



【 図 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 平井 滋登

長崎県長崎市深堀町五丁目7-17番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(72)発明者 有永 真司

長崎県長崎市深堀町五丁目7-17番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

Fターム(参考) 3H078 AA02 AA17 AA26 AA31 BB11 CC01 CC22