(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6012011号
(P6012011)
(45)発行日　平成28年10月25日(2016.10.25)　(24)登録日　平成28年9月30日(2016.9.30)

(51)Int.Cl.　F I
F03B 13/14 (2006.01)　F03B 13/14

請求項の数 8　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2012-265387(P2012-265387)
(22)出願日　平成24年12月4日(2012.12.4)
(65)公開番号　特開2014-109257(P2014-109257A)
(43)公開日　平成26年6月12日(2014.6.12)
審査請求日　平成27年11月20日(2015.11.20)

(73)特許権者　506122327
公立大学法人大阪市立大学
大阪府大阪市住吉区杉本３丁目３番１３８号
(74)代理人　100124039
弁理士　立花　顕治
(74)代理人　100156845
弁理士　山田　威一郎
(74)代理人　100124431
弁理士　田中　順也
(74)代理人　100112896
弁理士　松井　宏記
(74)代理人　100179213
弁理士　山下　未知子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】波力発電システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
スリットを介して外海と連通する遊水室を備えた防波堤に設けられる波力発電システムであって、
下端部が前記スリット内及び前記遊水室において前記スリットと対向する位置のいずれか一方の設置部に固定され、波の作用によって変形可能なプレート部材であって、上端部が波の作用による変形に伴って移動可能に支持されたプレート部材と、
回転軸を有し、当該回転軸の回転に伴って発電を行う発電機と、
前記プレート部材の上端部と連結され、当該上端部の移動を前記回転軸の回転に変換する変換機構と、
を備えている、波力発電システム。
【請求項２】
前記プレート部材は矩形状に形成され、
当該プレート部材において上下方向に延びる第１軸線が屈曲可能に構成されている、請求項１に記載の波力発電システム。
【請求項３】
前記プレート部材において幅方向に延びる第２軸線が屈曲可能に構成されている、請求項２に記載の波力発電システム。
【請求項４】
前記プレート部材の下端部は、前記遊水室において前記スリットと対向する位置に固定

され、
前記プレート部材の幅は、前記スリットの幅よりも大きい、請求項１から３のいずれかに記載の波力発電システム。
【請求項５】
前記プレート部材は、波の移動に伴って、前記スリットに最接近するまで移動するように構成されている、請求項４のいずれかに記載の波力発電システム。
【請求項６】
前記プレート部材の下端部は、前記遊水室において前記スリットと対向する位置に固定され、
前記プレート部材の幅は、前記スリットの幅よりも小さく形成され、
前記プレート部材は、波の移動に伴って、前記スリット内または前記スリットに最接近するまで移動するように構成されている、請求項１から３のいずれかに記載の波力発電システム。
【請求項７】
前記プレート部材の幅は、前記スリットの幅よりも小さく形成され、前記プレート部材の下端部は、前記スリット内に固定されている、請求項１から３のいずれかに記載の波力発電システム。
【請求項８】
前記変換機構は、
前記プレート部材の上端部に連結された線状の連結部材と、
前記連結部材が巻き取られる巻き取りロールと、
前記巻き取りロールの往復回転運動を一方向の回転運動に変換する変換ユニットと、を備え、
前記プレート部材の移動に伴って前記連結部材が前記巻き取りロールから繰り出されることを繰り返すことによって、当該巻き取りロールが往復回転運動する、請求項１から７のいずれかに記載の波力発電システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、スリットを介して外海と連通する遊水室を備えた防波堤に設けられる波力発電システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、石油などの化石燃料の枯渇、および、地球温暖化に代表されるような環境対策が深刻な問題として認識されるようになり、環境への影響の少ない再生可能エネルギー（自然エネルギー）を利用した発電が注目を集めている。これらのうち波力発電は、地球表面の７割もの領域を覆う海において発生する波力を利用するものであり、有力なエネルギー源として着目されている。
【０００３】
例えば、特許文献１及び２に記載の波力発電システムでは、上端部が揺動可能に支持された板状部材を用い、波の作用による板状部材の揺動運動により発電を行うことが開示されている。その他、非特許文献１～６にも種々の波力発電システムが開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００３－９７４０９号公報
【特許文献２】特開２００４－１００５１８号公報
【非特許文献】
【０００５】
【非特許文献１】Watanabe, T. Kondo, H. and Yano, K.: Wave Power Extraction at Co

astal Structures by Means of Pendulor System (The First Experimental Operation of the Plant at Muroran-Port) (in Japanese), Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers Ser. B, 52-477 (1986), 2267-2274.
【非特許文献２】Watanabe, T. and Kondou, T.: Haryoku Hatsuden -Genri Kara Ouyou Made- (in Japanese), Pawa-sha (2005) 78-79.
【非特許文献３】Antonio, F. D. O. F.: Wave Energy Utilization -A Review of the Technologies- , Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010), 899-918.
【非特許文献４】Osawa, H, Miyazaki, T. and Miyajima ,S. :A Study on Characteristics of Hydrodynamics and Generating Output of Offshore Floating Wave Energy Device "Mighty Whale", Journal of the Society of Naval Architects of Japan, 196 (2004), 115-122.
【非特許文献５】Kanki, H.: Wave Power Generation System Applying Gyroscopic Moment, Journal of the Japan Institute of Energy, 90(2011), 198-200.
【非特許文献６】Kanki, H, Arii, S., Fukui, K. and Oku, K.: Research on Practical Use of Wave-Power Generation System by Gyro Effect, Proceedings of the Japan Society of Mechanical Engineers, No.94-1 (2009), 5-28.

【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
ところで、上記特許文献１、２に記載の波力発電システムでは、波が板状部材を押圧することで、板状部材を揺動させているが、進入した波は、板状部材の揺動とともに、揺動方向に板状部材の後方へ流れている。そのため、板状部材には瞬間的に波の力が作用するものの、板状部材の揺動とともにその力が揺動方向へ逃げてしまうため、波の力を効率的に板状部材に作用させることができなかった。そのため、発電効率の向上には未だ改善の余地があった。
【０００７】
本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、波の及ぼす力を効果的に利用することができ、発電効率を向上することができる波力発電システム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】
【０００８】
本発明は、スリットを介して外海と連通する遊水室を備えた防波堤に設けられる波力発電システムであって、下端部が前記スリット内及び前記遊水室における前記スリットと対向する位置のいずれか一方の設置部に固定され、波の作用によって変形可能なプレート部材であって、上端部が波の作用による変形に伴って移動可能に支持されたプレート部材と、回転軸を有し、当該回転軸の回転に伴って発電を行う発電機と、前記プレート部材の上端部と連結され、当該上端部の移動を前記回転軸の回転に変換する変換機構と、を備えている。
【０００９】
この構成によれば、波の作用を受けて変形するプレート部材を設けている。このプレート部材は、下端部がスリット内及び遊水室における前記スリットと対向する位置のいずれか一方の設置部に固定され、上端部が波の作用による変形に伴って移動可能に支持されている。そのため、プレート部材が、スリットを通過して遊水室へ入り込む波の力を受けると、プレート部材の変形に伴って上端部が移動する。そして、この運動が変換機構を介して発電機に伝達されることで、発電が行われる。一方、遊水室に入り込んだ波がスリットから外海へ流れ出す際には、この波もプレート部材で受け止められるため、その際のプレート部材の移動も発電機に伝達することができる。したがって、本発明に係る波力発電システムでは、波の前進及び後退運動をプレート部材で受けることで、プレート部材の変形に伴う往復運動を生成することができ、これによって、発電を行うことができる。その結果、波の運動から効果的に発電を行うことができる。

【００１０】
特に、プレート部材は、上下の端部が支持されているため、受けた波の力は、少なくともプレート部材の上端側または下端側から逃げにくく、波の力を効率的に受けることができる。したがって、プレート部材の上端部の移動距離を大きくすることができ、発電を効果的に行うことができる。
【００１１】
上記波力発電システムにおいては、前記プレート部材を矩形状に形成し、当該プレート部材において上下方向に延びる第１軸線を屈曲可能に構成することができる。
【００１２】
このようにすると、プレート部材が、波を上下方向から包み込むように受けることができる。そのため、プレート部材が受けた波の力が上下方向に逃げるのを抑制することができ、波の力を効率的にプレート部材で受け止めることができる。これにより、プレート部材の上端部の移動距離を大きくすることができ、発電効率を大きくすることができる。
【００１３】
ここで、さらに、前記プレート部材において幅方向に延びる第２軸線が屈曲可能に構成することもできる。
【００１４】
このように構成すると、プレート部材が、上下方向に加え、幅方向からも波を包むように受けることができる。そのため、プレート部材が受けた波の力が幅方向から逃げるのも抑制することができ、波の力をさらに効率的にプレート部材で受け止めることができる。これにより、プレート部材の上端部の移動距離をさらに大きくすることができ、発電効率を大きくすることができる。
【００１５】
上記波力発電システムにおいては、前記プレート部材の下端部を、前記遊水室において前記スリットと対向する位置に固定し、前記プレート部材の幅を、前記スリットの幅よりも大きくすることができる。
【００１６】
このようにすると、スリットを通過した波をより大きい範囲で受け止めることができるため、プレート部材が受けた波の力が逃げるのをさらに抑制することができ、波の力を効率的にプレート部材で受け止めることができる。これにより、プレート部材の上端部の移動距離をさらに大きくすることができ、発電効率を大きくすることができる。
【００１７】
上記波力発電システムにおいては、前記プレート部材の下端部を、前記遊水室において前記スリットと対向する位置に固定し、前記プレート部材が、前記波の移動に伴って、前記スリット内まで移動するように構成することができる。
【００１８】
波の移動速度は、縮流され加速水流となるため、スリット内で最も大きくなる。そのため、プレート部材がスリット内またはスリットに最接近するまで移動するように構成すると、最も速度が速い波（加速水流）をプレート部材で効率的に受けることができるため、プレート部材の上端部の移動距離をさらに大きくすることができる。その結果、発電効率を大きくすることができる。
【００１９】
上記波力発電システムにおいては、前記プレート部材の幅を、前記スリットの幅よりも小さく形成し、前記プレート部材の下端部を、前記スリット内に固定することができる。上記のように、波の移動速度は、スリット内で最も大きくなるため、スリット内にプレート部材を配置すれば、より大きい力を波から受けることができ、発電効率を大きくすることができる。
【００２０】
また、前記プレート部材の下端部を、前記遊水室において前記スリットと対向する位置に固定したとき、前記プレート部材の幅を、前記スリットの幅よりも大きくするとともに

、前記プレート部材を、波の移動に伴って、前記スリットに最接近するまで移動するように構成することができる。プレート部材の幅がスリットの幅よりも大きくなると、プレート部材が移動してもスリット内まで入り込まないが、スリットに最接近するまで移動するように構成すれば、上述したように、波の高い移動速度により、プレート部材の移動距離を大きくすることができる。なお、「最近接」とは、スリットに接触するほどに近接することを意味するが、必ずしも接触しなくてもよく、その近傍であってもよい。

【００２１】

また、前記プレート部材の下端部を、前記遊水室において前記スリットと対向する位置に固定したとき、前記プレート部材の幅を、前記スリットの幅よりも小さくするとともに、前記プレート部材を、波の移動に伴って、前記スリット内または前記スリットに最接近するまで移動するように構成することができる。この場合の効果は上述したとおりである。

【００２２】

変換機構の構成は、プレート部材の上端部の移動を発電機の回転軸の回転に変換することができれば、特には限定されないが、例えば、次のように構成することができる。すなわち、前記変換機構を、前記プレート部材の上端部に連結された線状の連結部材と、前記連結部材が巻き取られる巻き取りロールと、前記巻き取りロールの往復回転運動を一方向の回転運動に変換する変換ユニットと、を備え、前記プレート部材の移動に伴って前記連結部材が前記巻き取りロールから繰り出されることを繰り返すことによって、当該巻き取りロールが往復回転運動するように構成することができる。

【発明の効果】

【００２３】

本発明に係る波力発電システムによれば、波の及ぼす力を効果的に利用することができ、発電効率を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２４】

【図１】本発明に係る波力発電システムが設置される防波堤の正面図（ａ）と断面図（ｂ）である。

【図２】本発明の一実施形態に係る波力発電システムの概略構成図である。

【図３】図2の波力発電システムの動作を示す図である。

【図４】実施例の評価のための模擬造波水槽の概略構成を示す断面図である。

【図５】実施例の評価のための波力発電システムのモデルを示す断面図である。

【図６】プレート部材の材質と出力の関係を示すグラフである。

【図７】プレート部材の幅が４０ｍｍのときの、プレート部材の位置と出力の関係を示すグラフである。

【図８】プレート部材の幅が６０ｍｍのときの、プレート部材の位置と出力の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００２５】

以下、本発明に係る波力発電システムの一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【００２６】

本発明に係る波力発電システムは、スリット及び遊水室が設けられた防波堤に設置されるものである。まず、この防波堤について説明する。以下では、説明の便宜上、海岸に沿って防波堤の延びる方向を幅方向、防波堤に対して波が進退する方向を進退方向ということがある。また、外海側を「前」、陸側を「後」ということもある。

【００２７】

＜１．防波堤の構造＞

図１に示すように、本実施形態に係る波力発電システムが設置される防波堤は、上下方向に延びる板状の前部壁体１０体及び後部壁体２０を有している。前部壁体１０は外海Ｓ

側に配置され、これと平行に陸側に後部壁体２０が配置されている。前部壁体１０は、外海Ｓとの仕切りとなっており、その壁面には、上下方向に延びる正面視矩形状のスリット１０１が複数形成されている。また、前部壁体１０と後部壁体２０との間の空間は遊水室Ｋを構成しており、上述した複数のスリット１０１を介して外海Ｓと遊水室Ｋが連通している。このため、前部壁体１０に対して波が接近すると、その一部はスリット１０１を通過して遊水室Ｋに入り込み、渦発生等に伴いエネルギーを減衰させ、消波が行われる。波がスリット１０１に到達すると、スリット１０１において水流の方向が揃えられるとともに水流の速度が加速される。そして、スリット１０１を通過して遊水室Ｋに流入した水流は、遊水室Ｋ内で反射され、再びスリット１０１を通過して遊水室Ｋから外海へ流出する。

【００２８】

上述したように、スリット１０１は矩形状を有しているが、このようにスリット１０１が単純な形状を有している場合、水面にほぼ平行でかつスリットの幅方向ｄに縮流が生成されるため、縮流生成時の損失を低減できると考えられる。また、スリット１０１の水平方向に沿った長さ（前部壁体の厚さｔ）は、遊水室Ｋの水平方向に沿った長さよりも短いことが好ましく、これにより、消波を適切に行うとともに、遊水室Ｋにおいて衝突する波のエネルギーを低減させることができる。なお、ここで、水平方向は、波が実質的にない状態における水面に沿った方向に相当する。

【００２９】

また、スリット１０１の幅は、前部壁体１０のうちのスリット１０１の設けられていない部分の幅方向の長さの半分以下であることが好ましい。また、スリット１０１の幅ｄは、スリット１０１の上下方向の長さｚよりも短いことが好ましい。このようなスリット１０１は縦長スリットとも呼ばれる。

【００３０】

このような防波堤は陸地と巡続していてもよく、あるいは、防波堤は陸地とは連続することなく海域に単離していてもよい。ただし、防波堤は、海岸線に比較的近い箇所に設置されることが好ましい。また、波力発電システムを海岸線に近い場所に設置した揚合、送電を比較的容易に行うことができる。

【００３１】

＜２．波力発電システムの構造＞

次に、上述した防波堤に設置される発電システムについて、図２を参照しつつ説明する。図２は、本実施形態に係る波力発電システムの概略構成図である。上述したように、本実施形態では、１つの前部壁体１０に複数のスリット１０１が形成されているが、各スリット１０１に対しては同種の波力発電システムが設けられているため、以下の説明では、そのうちの１つのスリット１０１に対して設けられている波力発電システムについて説明を行う。

【００３２】

図２に示すように、この発電システムは、遊水室Ｋ内においてスリット１０１と対向する位置に配置される屈曲可能なプレート部材１を備えており、このプレート部材１が波の衝突によって屈曲すると、その変形に係る力が変換機構２を介して発電機３に伝達されるように構成されている。このプレート部材１は、縦長の矩形状に形成されており、その下辺には水平に延びる下部棒状部材１１が取り付けられており、この下部棒状部材１１が、遊水室Ｋの底面に２本の下部ワイヤー１２を介して固定されている。一方、プレート部材１の上辺には水平に延びる上部棒状部材１３が取り付けられており、この上部棒状部材１３が２本の上部ワイヤー１４を介して、後述する変換機構２に支持されている。このような構成により、プレート部材１は、波の力が作用しないときは、上部ワイヤー１４と下部ワイヤー１２との間で、海中に沈められたまま、上下方向に延びるように配置されている。なお、変換機構２は防波堤上に配置され、発電機３は防波堤上、あるいは陸地に配置することができる。

【００３３】

プレート部材１は、波の力を受けて屈曲するようなシート状の材料で形成されていればよく、金属、織布、樹脂など、種々の材料で形成することができる。そして、本実施形態においては、少なくとも上下方向に延びる仮想的な第１軸線Ｘが屈曲するように、プレート部材１は変形する。また、各棒状部材１１、１３が可撓性を有する材料で形成されていれば、幅方向に延びる仮想的な第２軸線Ｙが屈曲するように、プレート部材１が変形するように構成することもできる。また、プレート部材１の大きさは特には限定されないが、その幅は、スリット１０１の幅ｄよりも小さくすることもできるし、大きくすることもできる。また、プレート部材１の上下方向の長さも同様であり、スリット１０１の長さｚよりも小さくすることもできるし、大きくすることもできる。

【００３４】

変換機構２は、上述した上部ワイヤー１４がそれぞれ巻き取られる一対の巻き取りローラ２１を備えている。これら巻き取りローラ２１は、１つの連結軸２２によって連結され、且つこの連結軸２２周りに回転可能に支持されている。したがって、上部ワイヤー１４の移動により、各上部ワイヤー１４が、巻き取りローラ２１に巻き取られたり、あるいは繰り出されたりすることで、各巻き取りローラ２１及び連結軸２２が往復回転するようになっている。

【００３５】

連結軸２２は、油圧ポンプ２３に連結されており、油圧ポンプ２３によって、図２のＢ方向に付勢されている。これにより、上部ワイヤー１４はＢ方向に巻き取られるように張力が作用している。さらに、この油圧ポンプ２３が油圧モータ２４を介して発電機３に接続されている。油圧ポンプ２３は、連結軸２２の往復回転運動を駆動力にして作動油を吐出するように構成されており、例えば、公知のロータリーベーンポンプを利用することができる。そして、この油圧ポンプ２３は、吐出管２３１と戻り管２３２で構成された配管を介して油圧モータ２４に接続されており、連結軸２２が往復回転すると、吐出管２３１を介して油圧モータ２４へ作動油を供給し、これによって油圧モータ２４が駆動するようになっている。そして、油圧モータ２４の出力軸（図示省略）は、発電機３の回転軸３１と連結されている。

【００３６】

＜３．発電動作＞

次に、上記のように構成された波力発電システムの発電動作について、図３も参照しつつ説明する。まず、外海Ｓから防波堤側へ進行した波は、スリット１０１おいて水流の速度が加速された後、遊水室Ｋに進入し、プレート部材１に衝突する。これにより、プレート部材１は、陸側に凸となるように第１軸線Ｘが屈曲し、これに伴って、上部ワイヤー１４は、連結軸２２のＢ方向への付勢力に抗して陸側に引っ張られる。その結果、上部ワイヤー１４は、巻き取りローラ２１から繰り出され、巻き取りローラ２１がＡ方向に回転する。その後、波は後部壁体２０で反射され、後部壁体２０側からプレート部材１に衝突する。これにより、プレート部材は、図３（ａ）の屈曲状態から図１の状態に戻り、これに伴って、上部ワイヤー１４は、連結軸２２の付勢力によって巻き取りローラ２１に巻き取られ、巻き取りローラ２１はＢ方向に回転する。そして、反射した波が外海Ｓ側に進行するにしたがって、プレート部材１は、外海Ｓ側に凸となるように屈曲する。これにより、上部ワイヤー１４が外海Ｓ側へ引っ張られ、巻き取りローラ２１はＡ方向に回転する。その後、波の力がプレート部材１に作用しなくなると、プレート部材１は図１の初期状態に戻る。その際、上部ワイヤー１４は、連結軸２２の付勢力により引っ張られ、巻き取りローラ２１はＢ方向に回転する。

【００３７】

以上の動作を繰り返すことで、連結軸２２は往復回転し、これが油圧ポンプ２３に伝達される。油圧ポンプ２３は、この往復回転を受けて作動油を油圧モータ２４に吐出し、これによって油圧モータ２４が駆動する。その結果、発電機３の回転軸３１が回転し、発電が行われる。

【００３８】

＜４．特徴＞

以上のように、本実施形態によれば、波の作用を受けて屈曲するプレート部材１を設けているため、このプレート部材１がスリット１０１内へ入り込む波の力を受けると屈曲し、これに伴って上端部が陸側へ移動する。そして、この運動が変換機構２を介して発電機３に伝達されることで、発電が行われる。一方、波がスリット１０１から外海Ｓへ流れ出す際には、この波もプレート部材１で受け止められるため、その際のプレート部材１の屈曲に伴う移動も発電機３に伝達することができる。したがって、本実施形態に係る波力発電システムでは、波の前進及び後退運動をプレート部材１で受けることにより、プレート部材１の屈曲に伴う往復運動を生成することができ、これによって、発電を行うことができる。その結果、波の運動から効果的に発電を行うことができる。

【００３９】

特に、プレート部材１は、上下の端部が支持され、波の力を受けると第１軸線Ｘが屈曲するように変形するため、波を上下方向から包み込むように受けることができる。そのため、プレート部材１が受けた波の力が上下方向に逃げるのを抑制することができ、波の力を効率的にプレート部材１で受け止めることができる。これにより、プレート部材１の上端部の移動距離、つまり上部ワイヤー１４が引っ張られる距離を大きくすることができ、発電効率を大きくすることができる。

【００４０】

そして、波の速度はスリット内で最も大きくなるので、これを利用するため、プレート部材１が屈曲したときにスリット１０１内まで達するようにすれば、プレート部材１により大きい力を作用させることができ、プレート部材１の上端部の移動距離をさらに大きくすることができる。このように構成するには、プレート部材１のスリット１０１からの距離、巻き取りローラ２１の付勢力、ワイヤー１２、１４の長さなどを適宜調整すればよい。

【００４１】

また、このような波力発電システムは、新設・既設を問わず、スリット構造を持つ防波堤を利用して設置することができるため、波力発電システムの部品点数を低減させ、発電システムの重量およびコストを抑制できる。さらに、船舶の航行安全や漁揚確保の観点から、海洋に構造物を設置することが厳しく制限されていることに対し、防波堤とは別に海域を占有する構造物や浮体を設ける必要がなく、波力発電システムを設置するための許認可を得やすい。特に、国土面積に対して長大な海岸線を有する日本では、波力発電システムを用いる意義が大きい。また、波力発電システムは防波堤を利用して設置される

【００４２】

＜５．変形例＞

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて、種々の変更が可能である。例えば、プレート部材の形状は特には限定されず、波の力を受けることができるのであれば、矩形状以外でもよい。

【００４３】

プレート部材１は、スリット１０１内に配置することもできる。この場合には、プレート部材１の幅をスリット１０１よりも小さくする必要がある。

【００４４】

また、プレート部材１の幅をスリット１０１よりも大きくしたときには、プレート部材１は、スリット１０１と対向する遊水室Ｋ内に設けるが、この場合、プレート部材１をスリット１０１に最近接する位置まで移動するように構成することができる。上述したように、波の速度はスリット１０１内で最も大きくなるが、それに近接する位置であっても、速度は大きいため、プレート部材１の幅が大きい場合には、プレート部材１をスリット１０１に最近接する位置まで移動するように構成することが好ましい。

【００４５】

また、上部棒状部材１３及び下部棒状部材１１が可撓性を有すると、プレート部材１に

おいて幅方向に延びる第２軸線Ｙが屈曲可能となる。このように構成すると、プレート部材１が、上下方向に加え、幅方向からも波を包むように受けることができる。そのため、プレート部材１が受けた波の力が幅方向から逃げるのを抑制することができ、波の力を効率的にプレート部材１で受け止めることができる。これにより、発電効率をさらに大きくすることができる。

【００４６】

なお、棒状部材を設けず、ワイヤーのみや、あるいは他の固定部材でプレート部材を支持することできる。また、ワイヤーの数や位置を調整することで、プレート部材が積極的に第２軸線に沿って屈曲するように構成することもできる。

【００４７】

また、変換機構２は特には限定されず、プレート部材１の上端部の往復運動を、発電機の回転軸を回転させるものであればよく、例えば、リンク機構、カム機構の機械的な変換機構を用いることができる。

【００４８】

本発明に係る波力発電システムが設けられる防波堤は上述したものに限定されず、スリット及び遊水室が設けられているものであれば、種々の防波堤に設置可能である。例えば、上記実施形態では、１つの遊水室Ｋに対して複数のスリット１０１が設けられ、各スリットに対してプレート部材を設けた例を説明したが、複数のスリット１０１に対して１つのプレート部材１を設けることもできる。また、１つの遊水室Ｋに１つのスリットが形成された防波堤に対しても適用することができる。

【実施例】

【００４９】

以下、本発明の実施例について説明する。但し、本発明は、以下の実施例に限定されない。

【００５０】

＜１．試験装置の概要＞

以下では、実施例として、スケール比１／１２の簡易型の模擬造波水槽を用い、本実施例に係る波力発電システムを作成した。ここでは、図４のような装置を作成した。但し、発電機及び変換機構は省略し、プレート部材の動作に基いて出力されるエネルギを計算し、ここから実施例の評価を行った。図４に示すように、ここで用いられる水槽は回流型の構造となっており、内径１４６ｍｍの下部管路５１に取り付けたピストン５２を直動シリンダー５３により往復運動させて、流路全体に往復流動を作り出した。そして、流路上部の試験水槽５４を大気中に開放することにより、水槽内に模擬波動を発生させた。ここでは、大阪湾で観測される平均的な波浪(周期５秒、波形勾配０．０１５、波高０．４５ｍ)を対象とした。

【００５１】

すなわち、次式で定義されるフルード数

【数１】

$$Fr=\frac{V^2}{gB} \qquad (1)$$

(g:重力加速度、Ｂ：スリット幅、Ｖ：流速の実効値)

【００５２】

ならびに波形勾配(a/λ、a：波高(ｍ)、λ：波長(ｍ))が実機（実際の波力発電システム）と同一になるよう、式(1)中の水流の実効速度(ｒｍｓ値)をＶ＝０．０５５ｍ／ｓ、また周期１．４４秒と設定した。図５は、試験水槽(図４の符号５４)を拡大した模式図（平面図及び断面図）である。この中に、水深３００ｍｍ、幅１４２ｍｍの開放水槽内にスケール比１／１２の防波堤のスリット６１模型を設置した。この模型に対し、波動による水流が往復運動して、取り付けたプレート部材６２を運動させ、その出力を測定した。

【００５３】

ここでは、上部ワイヤー６３に輪軸６４を介して取り付けた重り６５の上昇距離から、波の１周期にわたる仕事量を測定した。プレート部材６２の下部は下部ワイヤー６６で支持されている。重り６５の位置の測定ならびにプレート部材６２の動作確認のため、デジタルカメラ（Canon IXY 50S）で重り６５の上下動を動画撮影した。なお、プレート部材６２が曲げられた後、力が開放されて元の真直な状態に戻るとき、水を押しのける仕事を損失として考える必要がある。そこで、予備試験において、周期的にプレート部材６２が曲げられ、元の状態に復帰するのに必要な最小の張力を発生する重り６５の質量m_wを求めた。ここでは、負荷として与えた実際の重り６５の質量からm_wを差し引き、重り６５の上昇距離を乗じることにより、１周期にわたるプレート部材６２の実仕事量を評価した。その値を周期で除すことにより、単位時間当たりの出力を求めた。なお、本試験において、損失仕事の割合は１０～２０％程度であった。

【００５４】

＜２．プレート部材の材質の評価＞

以下では、プレート部材として剛性の異なる以下の３種類の材料により、プレート部材を作成し、出力されるエネルギの評価を行った。

(1) ステンレス（SUS316、厚さ０．２ｍｍ）

(2) 軟質塩化ビニル(厚さ１ｍｍ)

(3) ナイロン布(ABCクラフト、平織DD4242、厚さ０．２ｍｍ)

【００５５】

プレート部材の寸法は、３５×１３０ｍｍとしている。３種類のプレート部材の縦弾性係数Ｅと曲げ剛性ＥＩを表1に示す。

【表１】

	E [Pa]	EI [Nm²]
(1) ステンレス	1.9×10^{11}	5.1×10^{-3}
(2) 軟質塩化ビニル	1.1×10^{7}	3.7×10^{-5}
(3) ナイロン布	0	0

【００５６】

プレート部材６２の最大出力を求めるため、負荷(重り６５の重力)に対する出力の変化を測定した。また、スリット６１中心位置を(ｘ＝０)として、図５のようにプレート部材６２の取り付け位置x(中心位置から後方への距離)ならびに板の幅Ｗを変え、出力値の変化を測定した。まず、幅Ｗ＝３５ｍｍのプレート部材式について、表１に示した３種類の剛性をもつ板を対象に、スリット中央(ｘ＝０)に取り付けたときの性能試験を行った。その結果を図６に示す。横軸は負荷(重りの重力)を表す。３種類のプレート部材とも、負荷に対して同様の傾向を示すが、その値は剛性のないナイロン布が最大となった。弾性率が大きくなると、波から受ける力の一部をプレート部材が支えるようになり、上部ワイヤー６３の変位が小さくなる。本試験の範囲内では、プレート部材には剛性がなく、負荷による引っ張り力のみ作用する場合の出力が最も良好な結果を与えた。

【００５７】

＜３．プレート部材の幅と位置の評価＞

材質として上記（３）のナイロン布を用い、布の幅Ｗならびにその取り付け位置を変化させて測定を行った。その結果を図７に示す。図７は、スリット幅(４２ｍｍ)より布の幅がわずかに小さいＷ＝４０ｍｍの場合で、スリット中心位置(ｘ＝０)から後方に取り付け位置を変化させて出力を測定した。一方、図８は布幅が６０ｍｍの場合であり、取り付け位置をスリット出口のｘ＝２０ｍｍから後方へと変化させた結果が示されている。図７によれば、出力が最大となる負荷の値は、xとともに低負荷側に移行している。また、ｘ＝０において出力が極大となり、本試験範囲における最大出力３３ｍＷが得られた。ｘ＝０で最大値が現れる理由は、スリット６１内において水流の最大速度が現れることが原因と考えられる。すなわち、プレート部材６２がスリット６１内に存在するときに流れから大きな力を受けるため、スリット６１内部でのプレート板の曲がりの振り幅が前後対称で最

大となるｘ＝０のとき、最大出力が得られたと考えられる。

【００５８】

次に、布幅がスリット幅より大きい図８によれば、ｘ＝４０ｍｍに取り付けた場合に、最大出力２４ｍｗが得られた。図８において、最大値が現れる負荷は、プレート部材６２が最も曲げられたとき、スリット６１に近接する位置まで到達する状態に対応した。水流を受ける表面積の増加により、スリット６１の近傍において大きな力を受けることができ、出力が大きくなったと考えられる。ｘを４０ｍｍよりも後方のｘ＝５０ｍｍに設置すると、負荷を小さくしないとプレート部材６２がスリット６１近傍まで到達せず、(負荷×変位)で評価される出力は減少する結果となった。一方、ｘが４０ｍｍより小さい場合、スリット６１までの距離が小さく、プレート部材６２の曲がり変位が小さくなるため、出力の低下を招いた。プレート部材６２をスリット６１後方に置く場合には、プレート部材６２の投影面積を大きくしつつ、ある程度の負荷の下、スリット６１近傍まで板が曲がる状態が良好な結果を与えると考えられる。

【００５９】

プレート部材６２を用いる本実施例においては、流れの力を全面で受けることができ、直接動力に変換できること、ならびに流れに対して垂直に設置したプレート部材６２の全面に作用する力をワイヤーの張力に集中できることから、高出力の達成が可能になったと考えられる。

【００６０】

＜４．波力発電システムの実機の評価＞

上記の模型試験結果を利用して、実機における出力を相似則から評価する。式(1)のフルード数一定の条件の下、スケール比R(本試験では１／１２)の模型試験の出力P_mと、実機における出力P_rの関係を求めると、次式を得ることができる。

【数２】

$$P_r=P_m\times(1/R)^{3.5} \qquad (2)$$

【００６１】

本試験で対象とした、大阪湾の条件に対し、式(2)から計算される実機スケールの出力は１９８Ｗとなる。ここで、従来報告された他形式の発電システムを比較例として出力の比較を行う。公表されているデータにおいては、比較的大きな波高(2m程度)に対する最大出力が記されているものが多い。波のエネルギー流束は、波高の3乗に比例する。ここでは、波高０．４５ｍに対応する本模型試験の結果を利用して、振り子板式発電機［非特許文献１参照］における波高条件２．３ｍでのプレート部材式の動力を予測評価した。また、発電効率(２次変換効率)として７２％を仮定し［非特許文献２参照］、本実施例に係る発電システムの最大出力を試算した。他形式の発電システムとの最大出力の比較を表２に示す。表中の他形式の出力値では、それぞれの文献中に示された波高に対する値とともに、上記２．３ｍに対応する値の試算結果が()内に示されている。なお、Pelamis［非特許文献３参照］については、波高や出力の実測値が公表されておらず、表中にはシステムの定格発電出力のみを示した。ただし、システムの設置箇所は欧州沿岸の波の高い海域であり、波高２．３ｍ以上を想定した出力と推察される。表中には、それぞれの形式の出力P_{max}に加え、幾何学寸法から計算される海面の占有面積当たりの最大出力も合わせて示している。ここで、プレート部材の占有面積(Ｌ×Ｗ)において、Ｌとして板の曲がりによる往復動の振り幅を用い、Ｗにスリット式防波堤の1波長分(スリット+不透過壁)を用いた。実施例の場合、１基当たりの出力は他と比較して小さい。しかしながら、海面の占有面積当たりの出力は、実施例が最大値を示した。これは、プレート部材のエネルギー効率が良好であること、ならびにスリットで加速されたエネルギー密度の高い流れが利用できたことによる。

【表２】

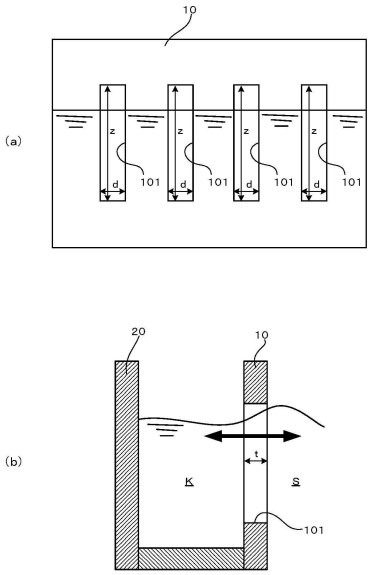
	比較例１ Pelamis ［非特許文献３］	比較例２ Mighty whale ［非特許文献４］	比較例３ Gyro type ［非特許文献５，６］	比較例４ 振り子タイプ ［非特許文献１］	実施例
Size (m), L×W×H	150×3.5×3.5	50×30×12	9×15×3.3	7×2×6.5	0.62×1.7×1.6
Wave height (m)	no data	1.67 (2.3)	2.0 (2.3)	2.3	2.3
Output P_{max} (W)	750,000	15,600 (40,750)	20,500 (31,200)	24,000	13,800
Output per occupied area P_{max} /L・W (W/m^2)	1,430	10.4 (27.2)	152 (231)	1,710	13,100

【００６２】
本発明に係るプレート部材を用いた波力発電システムにおいては、構造が極めて単純であり、沿岸構造物内部に置くことからも保守が容易であることが利点として挙げられる。また、長大な海岸線に多数の発電機構を設置することにより、大電力への対応も可能と考えられる。

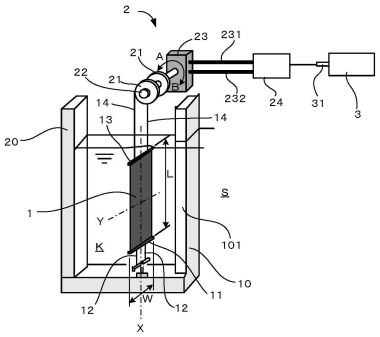
【符号の説明】

【００６３】
１　プレート部材
２　変換機構
３　発電機
３１　回転軸
１０１　スリット

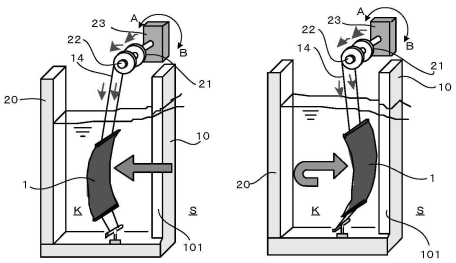
【図１】



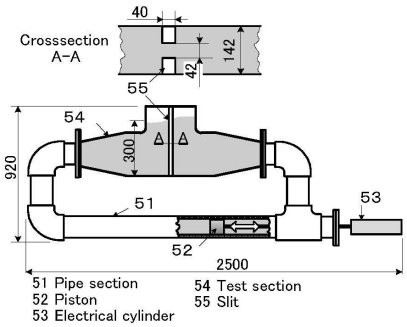
【図２】



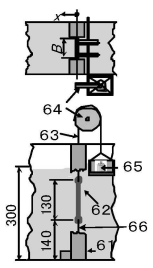
【図３】



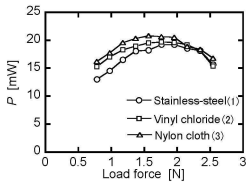
【図４】



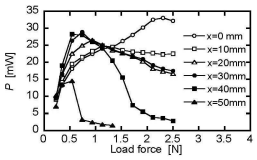
【図５】



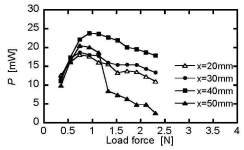
【図６】



【図７】



【図８】



フロントページの続き

(72)発明者　加藤　健司
大阪府大阪市住吉区杉本３丁目３番１３８号　公立大学法人大阪市立大学内
(72)発明者　重松　孝昌
大阪府大阪市住吉区杉本３丁目３番１３８号　公立大学法人大阪市立大学内
(72)発明者　吉岡　真弥
大阪府大阪市住吉区杉本３丁目３番１３８号　公立大学法人大阪市立大学内
(72)発明者　脇本　辰郎
大阪府大阪市住吉区杉本３丁目３番１３８号　公立大学法人大阪市立大学内

審査官　松浦　久夫

(56)参考文献　特開昭５９－４３９８７（ＪＰ，Ａ）
実開平６－４７６６８（ＪＰ，Ｕ）
特開昭５８－１７８８７９（ＪＰ，Ａ）
実開昭５９－１３６７７（ＪＰ，Ｕ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０３Ｂ　１３／１４