



可動受波板式波力発電装置のエネルギー変換効率に関する研究

阿河, 俊夫

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1987-04-24

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1083

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001083>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・（本籍）	あ　　が　　とし　　お 阿　　河　　俊　　夫　　（兵庫県）
学　位　の　種　類	工　学　博　士
学　位　記　番　号	工博ろ第13号
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位授与の日付	昭和62年4月24日
学　位　論　文　題　目	可動受波板式波力発電装置のエネルギー変換効率 に関する研究

審　査　委　員	主査 教授 篁　　源　亮
	教授 木　村　雄　吉　教授 谷　本　喜　一

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は海洋の波がもつ自然エネルギーを人類が利用しやすいエネルギーである電気に、最も効率良く変換する手法を提案したものである。

波のエネルギーを利用して発電を行う波力発電装置は、既に各種の型式の装置が考案され、一部実証試験も行われているが、これらはいずれも比較的高波浪の地点を対象としたものである。これに対し、本論文は比較的静穏な海域において、将来実用規模の波力発電装置を開発することを目的として行ったものであり、室内水理実験と理論とを対比して、最もエネルギー変換効率の良いシステムを提案した。

第一章は、波のエネルギーを電力に変換するためには、まず一次変換装置で物体の動揺のような機械的エネルギーや空気の流れのような流体的エネルギーに変換し、次にこれを電気エネルギーに変換することが必要であり、これについてこれまでに研究されてきた各種、各型式の装置について論じたものである。

第二章はこれらの研究のうち、実用的な波力発電装置として、沖合浮遊式と沿岸固定式の二つの型式について詳述した。沖合浮遊式にはブイ型と発電船があるがエネルギーの吸収効率が低いこと、発生電力を陸上へ送る点で難点がある。

一方沿岸固定式には空気タービン式と振子式があり、空気タービン式では、最近双方向から空気流入に対し同一方向回転ができるウェルズタービンが開発されたことから、理論的には高効率のエネルギー吸収が可能であるが、実海域における実験では波高0.7 m 以下では作動せず、本研究の

目的から好ましくない事を論じた。

これに対し振子式は振子板の大部分が水中にあるため、潮位の変動にも対処でき、小波高でもエネルギー吸収が可能である。これまでに行われてきた振子式に関する研究では、振子の回転軸が全て海面上にあるものとして理論式ならびに実証試験がなされてきた。

本論文は、この型式を発展させ、振子板という捉え方でなく、可動受波板として、回転軸、移動軸を自由な位置に設けて理論計算ならびに、模型実験を行った結果、エネルギー変換効率の点では下部ヒンジが有利であることを提案した。

第三章は、波エネルギーの一次変換装置について理論計算を論じた。可動受波板を用いる波エネルギー変換装置の性能は、主として受波板の長さやヒンジの位置、受波板後部の水室の水深と奥行きに影響されるので、これらの緒元をパラメータとして計算できる二次元モデルについて受波板の運動方程式の係数や波エネルギーの変換効率の理論式を提案した。理論式は受波板がヒンジ式と水平移動式の二つからなっているが、式の誘導については繁雑となることから付録1 および付録2 に詳述した。

波エネルギーの変換効率の最大値は、入射波の周期と受波板系の固有周期が一致し、かつ負荷係数が造波減衰係数と等しい時に得られ、その値は1である。

受波板の慣性モーメントと復元モーメント係数は、受波板の構造や板厚によるので、これを变化させた場合固有周期にどの程度の影響があるかを調べてみた。この結果、上下部ヒンジ共板厚が増し、重量が増加しても固有周期は殆ど変化しないことがわかり、模型実験では材質にとらわれなくても良いことがわかった。

次に水平移動式とヒンジ式についてエネルギー変換効率を試算してみた。水平移動式はヒンジが無限の遠方にある場合に相当し、水室奥行きと波長の比に対する効率の変化は良く似た線型を示すが、最高効率点は少しずれている。しかし水平移動式を実海域で用いるためには実波浪に耐える水平移動機構を考案する必要がある、やや困難と考えられる。ヒンジ方式でヒンジの位置を変化させてみると、水底あるいは水面で最大効率となり、中央付近では効率が下がる。潮位を変化させても同様の傾向が得られることから、ヒンジの位置は受波板の上部端あるいは下部端にすることが望ましいことを提案した。

第四章では、可動受波板式と空気式のエネルギー一次変換装置の模型実験結果について論じた。

可動受波板式の模型は、実機の受波板の幅を5mと仮定し、縮尺比1/5とした。計測器類として、容量式波高計ならびに、受波板の動揺角度にはポテンシオメーター、軸トルクに歪ゲージ式トルク変換器を用いたが、受波板の動揺角速度は直接計測せず、角度を数値微分して求めた。データ収録とデータ処理および理論計算との比較などについては付録3に、不規則波の発生方法については付録4に詳述した。

模型実験により求められたエネルギー吸収効率は理論値の50%から80%であった。しかし、最大効率の得られる水室奥行き寸法と波長の比は理論値と良く一致した。入射波の周期と水室奥行き寸法の関係が適切になるように、発電装置の水室寸法を可変にするというアイデアはエネルギー変換

効率上は望ましいが、実際は困難であるので、年間のエネルギー変換量が最大となるような寸法に固定する必要がある。したがって設計波以外の波ではエネルギー変換効率は低下する。低下の度合いは、設計波より周期が短い場合に大きく、長い波では低下が緩やかである。

二次元水槽と三次元水槽の実験結果を較べると三次元の方が変換効率が大きい。規則波と不規則波を比較すると、不規則波の最大値は規則波の60%程度となる。

一連の実験結果をみると、上部ヒンジと下部ヒンジでは、下部ヒンジの方がやや優れた値を示す。また、波が斜めから入射した場合は、入射角度が30度を越えると効率は急激に低下する。

実験は3年間にわたって行ったが、これらの実験により得られたデータ類を付録6に収録した。空気式の模型実験は、実機寸法で空気室の奥行き10m、幅17.5mを想定し、1/25の模型とした。空気室の形状が効率に及ぼす影響を調べるため4種類の形状について実験した。

この結果、前面壁を傾斜させた方が直立のものより効率が良いことがわかった。また、波周期が5秒以上で効率は上がり、6秒でピークが現れるが、周期が長くなると効率は低下する。空気室を二分割すると短周期領域と長周期領域にピークをもつ双峰型になり、一室型よりも広い周期の範囲で高い効率を示す。

空気室の前面に導流壁を設けると効率が上昇し、前面壁に70度から90度の付加物を設けることにより、短周期の波に対する効率は上昇するが110度の付加物を設けた場合は、返って低下することがわかった。

第五章は実海域に波力発電装置を設置して発電を行うことを仮定し、その発電量の予測を提案した。

予測した海域における年間の波浪発現確立のピークは波周期が5.5秒のところにある。模型実験から求められた波エネルギー変換効率の等高線図を用いて発電量を予測した結果、上部ヒンジと下部ヒンジの発電量の差は15~20%程度となった。

第六章は可動受波板型のエネルギー変換装置の水室奥行寸法比の最適値は0.25が従来から定説になっていることに対し、一連の模型実験結果の最適値が0.25より小さいところにあることに着目し、受波板が動揺した場合に受波板近傍にできる局所波の影響を入れた理論計算を行って検討してみた。

その結果上部ヒンジ型では0.2付近に最大効率点があり、下部ヒンジ型では局所波も小さいので、0.25付近となることがわかった。実機の場合は、受波板の前面水深が深くなることから、下部ヒンジ、上部ヒンジとも0.2付近で設計することが、エネルギー吸収の最大効率が得られることを提案した。

論文審査の結果の要旨

本論文は波力発電すなわち海岸における波エネルギー利用を目的とした研究であり、現地実機試験を実施する前の研究室における基礎・実験研究を取りまとめたものである。波力発電装置には、

すでに色々の型式が考えられており、あるものは実証試験も行われている。これら従来の研究はどちらかといえば高波浪を対象とし、そのエネルギー変換技術にのみ着目したものと言える。本論文は実用化を目標に、年間を通じて最適なエネルギー変換を行うこと、すなわちどちらかと言えば比較的静穏な海波を対象とした研究である。

本論文では、実用の可能性の高い波エネルギー変換方式である可動板、空気室の二方式について比較実験を行い、さらにこれらに改良を加えた実験を行い、通年のエネルギー利用上、可動板方式の秀れていることを明らかにした。

可動板方式ではこれまで上部ヒンジ、下部ヒンジ方式のいずれともエネルギー変換効率上差異なしとされていたものを板付近の局所波の影響により下部ヒンジ方式の変換効率が高いことを明らかにした。また共振水室についても同様最適寸法が $1/4$ 波長以下となることを明らかにした。これら研究成果をもととして、諸元の異なる各種可動板について、理論・実験上よりその効率曲線群を求め、別途実海域における波浪記録にもとづいて年間発生エネルギー量を求め、波スペクトルデータと可動板のエネルギー変換効率との関係を明確にした。以上の研究成果は現地に実機を設置し、調査を行う計画を具体化させた。本論文の内容は以下の通りである。

第一章は従来の研究について論じ、各様式の波エネルギー変換方式の利・欠点、実用上の可能性を考察した。

第二章では実用化されている、あるいは試験運転されたものについて、エネルギー変換効率上のみならず、伝送保守等の面から詳細に検討した。

第三章では可動板方式のエネルギー変換について理論解析を行い、可動板の諸元と変換効率の関係を明らかにした。

粘性流体内における任意物体に働く力を理論上から求めることは出来ず、また理想流体内においても一般に付加水の慣性モーメントを求めることは困難である。

本研究は渦なし理想流体内と考え解析領域を分割し、速度ポテンシャルのたしあわせを工夫することにより、理論解を得ることに成功している。

第4章は上記理論解にもとづいて、各種可動板のエネルギー変換効率につき、各種波高、周期の単一波、あるいは不規則波による模型実験を行い、理論結果との比較を行った。また別途空気室方式についても模型実験を行い、可動板方式との比較検討を行った。

第5章は、模型実験より得られたエネルギー変換効率曲線群と、実海域より求めた実測波浪データをもととして年間予想発生エネルギー量を求め、下部ヒンジ可動板方式が秀れていることを明確化した。

第6章では共振水室奥行、上下ヒンジ方式に関する模型実験結果が第3章に述べた理論解析ならびに従来の理論では完全に説明出来ない点があることを理論モデルに局所波の概念を導入することにより明確化した。この作業により理論・実験上より可動板方式の波エネルギー変換機構に関する研究を完結した。

本論文は以上のように波エネルギー変換方式として実用上下部ヒンジ可動板方式が秀れており、共振水室の奥行は $1/5$ 波長付近が最適であることを明確にし、理論上可動板近傍に局所波を導入することからこの機構を明確にした。

このことは工学上重要な知見を得、価値ある集積を行ったものであり、寄与する所大である。

よって学位申請者阿河俊夫は工学博士の学位を得る資格があるものと認める。