

波力発電に関する水理模型実験

Experimental study of pendulum type wave energy converter

水理模型実験による新しい発電技術の開発

カーボンニュートラルの実現のためには多様な再生可能エネルギーを導入していく必要がある。そのための取り組みの一つとして、波力発電の開発を東京大学との共同研究により進めている。本稿では、波力発電の高効率化を目的として実施した水理模型実験について紹介する。



執筆者
電力技術研究所
土木グループ
小林 豪毅・杉山 陽一

1 はじめに

再生可能エネルギーの導入をさらに拡大していくためには、太陽光や風力だけでなく多様な自然エネルギーを活用していく必要がある。その一つとして有望と考えられているのが、未利用で高い賦存量を持つ波エネルギーである。2023年の国際エネルギー機関 (IEA) の報告書では、波力発電の導入目標を2050年までに180GW(100万kWの原子力発電所180基分)としている。このような背景から波力発電の開発競争が世界各国で繰り広げられているが、まだ商用展開できる汎用的なデバイスは開発されていない。その理由の一つとして、風や潮流と違って波は往復運動であるため、電気エネルギーとして取り出すための機構や制御が複雑になることが挙げられる。波力発電のような技術を開発するには、実験により波浪中の挙動と発電出力の基本特性を把握することが重要である。そこで、当社が所有する実験施設を用いて波力発電の水理模型実験を行った。

2 発電方式

当社が参加する東京大学海洋エネルギー共同研究では、沿岸設置型の振り子式波力発電装置を2012年から継続的に開発している。振り子式波力発電装置は1980年代に室蘭工業大学によって考案された方式であり、これに新しい技術を導入して高効率化と低コスト化を図っている。共同研究チームでは、この新方式の装置をWave Rudderと呼称している。プロトタイプとして開発したWave Rudder 1号機を第1図に示す。



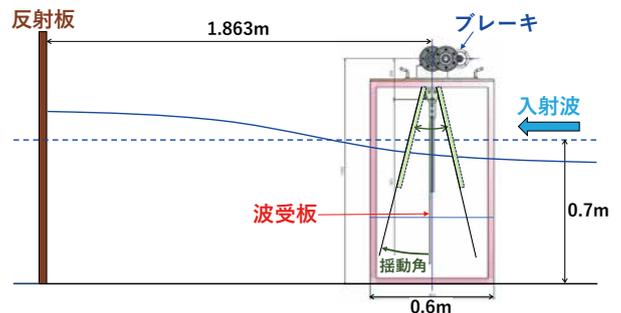
第1図 Wave Rudder 1号機(2016年に岩手県久慈市に設置)

Wave Rudderは波の力を波受板で受け、その往復運動を油圧装置で回転運動に変えて発電機を回す方式である。油圧装置は耐久性が高く、波の状況に応じたさまざまな制御が可能である。Wave Rudderについては、水理模型実験だけでなく海域試験も行っており、岩手県久慈市に1号機(プロトタイプ)、神奈川県平塚市に2号機(デモンストレーション)を設置した。現在は3号機(プレコマercial)について検討しており、将来的には4号機(コマercial)で商用化を実現する計画である。

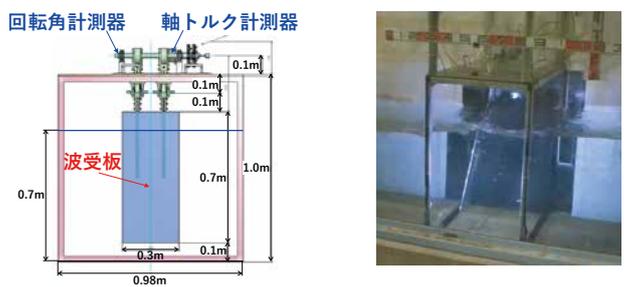
3 実験装置および実験方法

波力発電では入射波の波高に対して発電機の負荷が大きすぎても小さすぎても発電量が低下する。波高に応じて最適な発電負荷に設定することで発電量を最大化させることができる。水理模型実験ではこのような波力発電装置の制御方法について検討を行った。

当社が所有する造波水路内に第2図に示す波力発電装置の実験模型を設置して波を入射させた。振り子式波力発電装置は反射波のエネルギーも吸収するので、背後には反



断面図



正面図



第2図 実験模型

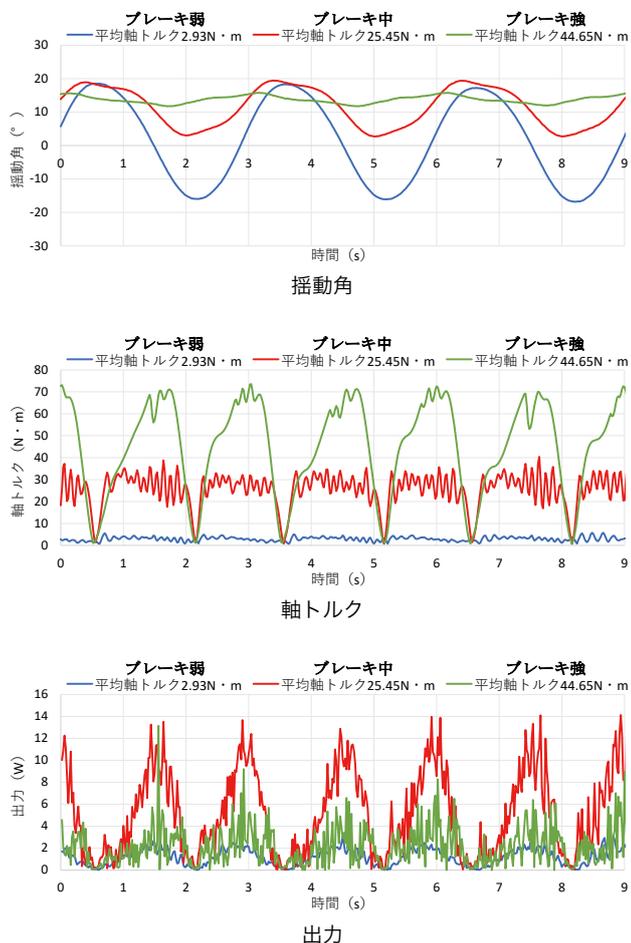
反射板を設置して波を反射させた。波受板は反射板から1.863mの距離となるように設置しており、これは入射波の周期が3sの場合に入射波と反射波が同調する位置である。

波力発電装置の実験模型にはブレーキを取り付け、波受板の回転軸に発電負荷に相当する軸トルクをかけられるようにした。また、回転軸には回転角と軸トルクの計測器を取り付けた。ブレーキで回転軸にかかる負荷を変えて実験を行い、波受板の揺動角と軸トルクを計測した。

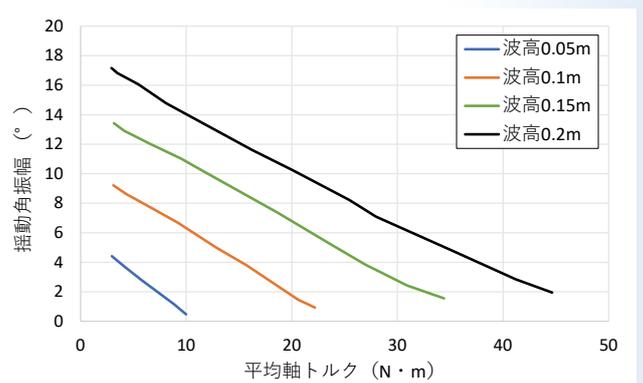
4 実験結果および考察

実験結果の時系列データの例を第3図に示す。揺動角は岸側への角度を正と定義している。第3図は入射波は同じでブレーキの強さのみを変えた3ケースの時系列データである。この実験ではブレーキの強さが発電負荷に相当し、これを調節することで出力が変化する。入射波に対してブレーキが弱すぎると軸トルクが小さすぎて波から出力を取り出せず(青線)、逆にブレーキが強すぎると波受板が揺動しないため出力を取り出せない(緑線)。赤線のように最適な負荷に設定することで出力を最大化できる。

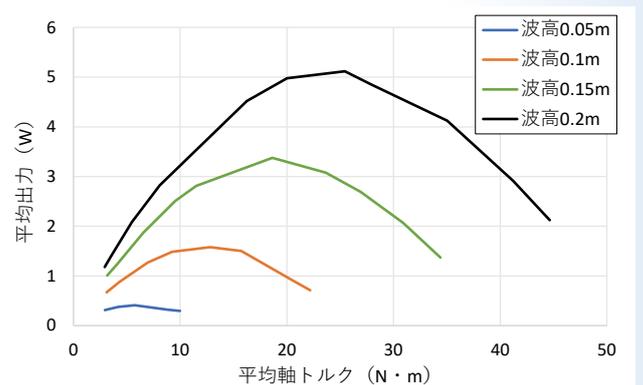
横軸に平均軸トルク(軸トルクの時間平均値)、縦軸に波受板の揺動角振幅をとってプロットした結果を第4図に示す。また、横軸に平均軸トルク、縦軸に平均出力(出力の時間平均値)をとってプロットした結果を第5図に示す。



第3図 実験結果の時系列データ(波高0.2m)



第4図 平均軸トルクと揺動角振幅の関係



第5図 平均軸トルクと平均出力の関係

ブレーキ(軸トルク)を強くするほど波受板の揺動角は小さくなる。出力は波受板の運動(角速度)と軸トルクの積に比例するため、前述のように発電負荷に相当するブレーキ(軸トルク)が弱すぎても強すぎても出力は小さくなる。出力を最大にするには、波高に応じて最適な軸トルクに設定する必要がある。第3～5図は規則波(正弦波)を入射させた場合の実験結果であるが、実際の海の波は不規則であるため複雑な制御が必要になる。本稿では詳細を示さないが、実験では不規則波も入射させており、不規則波に対する制御方法についても検討を行っている。

5 おわりに

水理模型実験により振り子式波力発電装置の波受板の運動と出力について検討した。海域試験は実現可能性を検証する上で不可欠であるが、実際の海域の現象は複雑であるため、基本特性を把握する上では水理模型実験が有効である。また、水理模型実験の場合、波受板の形状の改良などさまざまなケースで検討できる利点がある。

海域試験については、現在、3号機(プレコマーシャル)の検討を行っており、電気自動車のモータを発電機として利用した新型油圧発電装置についても検証する。2030年代には4号機(コマーシャル)を完成させ、商用化を実現する計画である。