

環境にやさしい波力を利用した小型発電システムの開発

新潟港湾空港技術調査事務所 施工技術課 羽田 広希

1. はじめに

近年、環境にやさしい自然エネルギーの利用がとえられており、自然エネルギーを利用した様々な発電装置が開発されている。

本開発は、臨海部の空間に存在する自然エネルギーを利用した小型で汎用性のある発電システムおよび発生電力の港湾施設での利用について開発するものである。

2. 開発スケジュール

自然エネルギー利用技術の開発は、平成12～13年度で発電システムの検討、水槽模型実験、平成14年度からは実海域実証実験、実用化に向けた課題の整理・検討を実施している。

表-1 開発スケジュール

| 項目 \ 年度 | 平成12～13年度 | 平成14～15年度 | |
|-----------|--|---|----------------------------------|
| 発電システムの開発 | [開発試験費] 発電システムの検討 水槽模型実験 課題の整理 事業化施設決定 | [事業費] 発電装置製作 実海域設置 実海域実証実験 課題の整理・検討 発電装置改良 | 実用化運転 コスト検討 (インシャル、ランディング) |
| | | | 小型発電 システム試設計 |
| 利用システムの開発 | 利用方法の検討 利用方法の選定 | 利用システム製作 | 実用上の課題整理 |

3. 発電方式の選定

自然エネルギーとして一般的に定義されている太陽光、風力、海洋（波力、潮汐、潮流、温度差）、水力、地熱、バイオマスがあるが、本開発では各エネルギーの中から港湾施設へのエネルギーとして有望な太陽光、風力、波力の自然エネルギーを一次選定した。

一次選定された自然エネルギーの中から、太陽光、風力については発電装置の小型化も進み、小規模容量の電力供給法として普及しているが、波力については浮体式航路標識の点滅電源としての限定的利用程度に留まっている。従って港湾施設で一番取り組みやすく、将来への技術の継承と小型発電装置として開発余地のある波力エネルギーと電力の安定供給を図る観点から、太陽エネルギーを複合的に利用したハイブリット方式を選定した。

4. 発生電力の利用方法の検討

港湾施設で比較的小電力でも利用可能な施設を中心に検討した。

4.1 発電規模

小型発電機の規模について定義されたものは無いが、本開発では汎用性のある小型波力発電タービンの利用を前提としていることから発電機一基の規模を100W程度とする。利用目的により発電量がさらに必要な場合は発電機を複数設置することにより対応する。

4.2 小型発電装置の設置場所

既設の防波堤への設置及び小型の発電装置を前提とすることから、小型発電装置の耐波性を考慮し、高波浪を対象とした防波堤ではなく中小波浪を対象とした防波堤あるい

は波除堤を小型発電装置の設置場所とする。

4.3 利用方法

港湾施設への活用が図れるものについて検討した結果、人工湧水、防蝕電着、DO（溶存酸素）環境改善、波浪観測装置用電源などが考えられるが、親水施設での安全性と自然エネルギーの利用啓蒙を図ることを考慮して、実験では電光掲示板等に利用するものとした。

5. 水槽模型実験

水槽実験は、実海域を想定して計画した波力発電装置の性能（波エネルギーの変換効率）および装置の固定方法に関する強度（作用波力）を確認し、実海域での利用に資することを目的とする。

5.1 実験方法

発電装置は、汀線から沖合にでた突堤や、波除堤の港内側に設置することが想定されるため、発電装置には堤に沿ったいわゆる沿波が主たる波の方向となる。従って、装置の実験水槽への取付方法は、沿波を想定

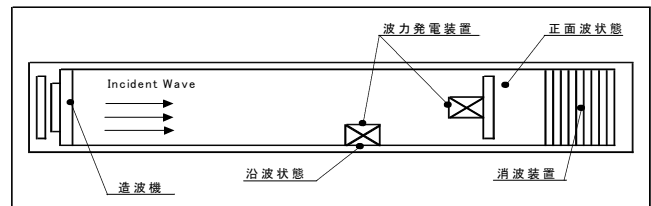


図-1 水槽実験概念図

し水槽側面に装置を設置する。また、港内において正面波として小波浪を受けるケースも想定されるため装置を正面波としたケースについても実験することとした。

5.2 実験条件

本水槽実験では、実海域の実験に持ち込める空気室を使用する。そのため供試水槽は、造波機の能力等も実海域に近い状態で実験できるものが必要である。

5.2.1 波浪

実海域の波浪は様々な周期成分を持った不規則波であるが、この実験では、波力発電装置の基本的性能を把握することに主眼を置いて、規則波で実施した。

表-2 波浪条件

(単位:m)

| 波周期 (秒) | 波高 大 | | 波高 小 | |
|---------|------|------|------|------|
| | 沿波 | 向波 | 沿波 | 向波 |
| 2.0 | 0.40 | 0.09 | 0.20 | 0.04 |
| 2.5 | 0.40 | 0.09 | 0.20 | 0.04 |
| 3.0 | 0.32 | 0.09 | 0.20 | 0.04 |
| 4.0 | 0.21 | 0.11 | 0.11 | 0.05 |

5.2.2 ノズル比

空気室の効率は、空気室と外部大気間をつなぐ空気流路面積に依存して変化することが知られており、空気室のエネルギー吸収効率の観点からは、ノズル比（空気流路面積と空気室水線面積の比）は1/100~1/200が適当と言われている。

この実験ではタービン台数を1~8台と想定して、タービンの代用として複数のオリフィス（φ58.6, 163.7, 231.5mm）を組み合わせるにより、ノズル比を下記のように設定した。写真-1にオリフィス、図-2にオリフィスの組み合わせを示す。



写真-1 オリフィス

5.2.3 模型実験結果

1) 発電出力

沿波状態で周期3~6秒、有義波高0.5~1.5mの範囲の実験で得られたエネルギー吸収効率より算出される発電出力は、有義波高0.5m、周期5~6秒で100W程度、有義波高が1.0m、周期5~6秒で300~500Wと推定される。

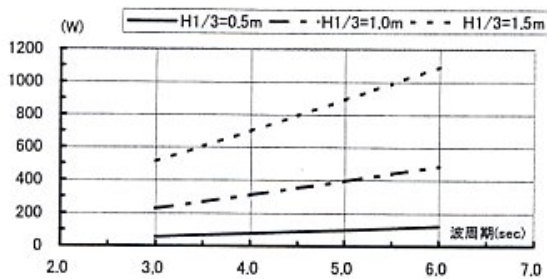


図-3 推定発電出力(ノズル比1/190)

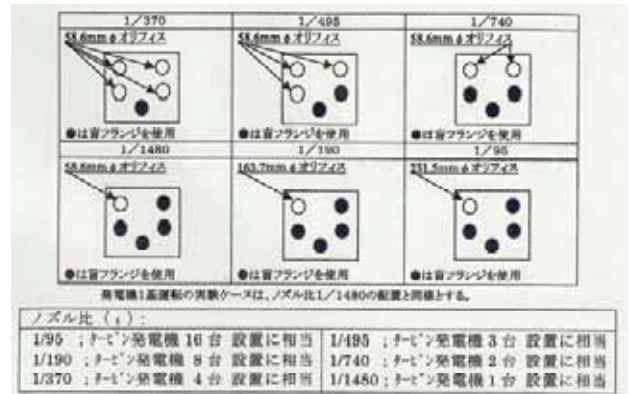


図-2 オリフィスの組み合わせ

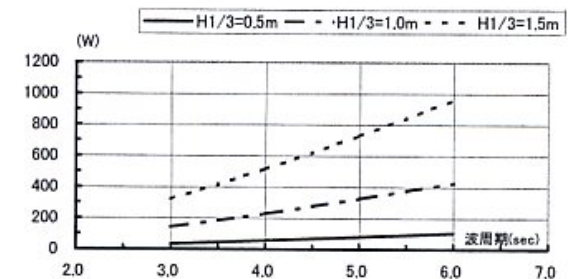


図-4 推定発電出力(ノズル比1/370)

2) ノズル比

各設定ノズル比の中で1/190と1/370の2ケースについて、発電出力が大きくなる。この2ケースでは、ノズル比1/190のケースが1/370より発電出力が大きくなる傾向にあり、有義波高0.5mの発電出力を比較するとノズル比1/190と1/370では発電出力は殆ど同程度だが、有義波高1.5mで比べるとノズル比1/190と1/370では発電出力に大きな差が生じている。波高が高くなるほどこの差は顕著となっているが、電光掲示板、音声警報装置、照明などの必要電力が400W程度となることから、ノズル比1/370を採用し実海域実験ではウェルズタービン100W×4台で計画する。

6. 実海域実験

新潟西海岸第一突堤で実海域での実証実験を行い、実用化する上での種々のデータを取得し、これらをもとに小型波力発電システムの実用設計を行った。

6.1 実験場所

波力発電装置設置場所と電光掲示板の距離は送電ロスを少なくする観点から短ければ短いほど良く、また市民が集う親水施設周辺での設置が自然エネルギーの利用啓蒙を図る観点からも好ましい。これらの条件を満たす場所として新潟西海岸第一突堤に波力発電装置を設置した。



写真-2 実験装置全体配置

6.2 実験装置概要

①発電原理およびシステム概要

波力発電の原理は、波による海面の上下動で空気の流れをつくり、発電タービンをまわして発電し、波力と太陽光による発電電力は、電光掲示板、音声、蛍光灯に利用する。

また、模型実験よりウェルズタービン100W×4台で実施する計画であったがウェルズタービン500W×1台の方が発電出力が高く送電ケーブルや制御装置が簡素化できることから、ウェルズタービン500W×1台とした。

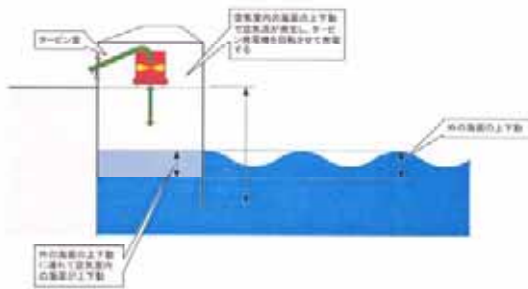


図-5 波力発電装置の原理



図-6 発電システム概要図

6.3 性能検証

離岸堤（潜堤）通過後の到達波高、周期と波力発電電力との関係より小型波力発電装置の性能検証を行った結果、波力発電装置は、波高により発電出力値はばらつくものの概ね300Wから定格出力の500Wを発現し、陸上に設置した電光掲示板も所定どおりに作動した。

よって、波力発電装置は計画どおりの性能を発揮していることを確認した。

7. おわりに

自然エネルギーを利用した発電システムとしては、地熱、風力、太陽光発電等実用化されているものは多くある。しかしながら波力を利用した発電システムは完全なる実用化はされていないのが現状である。我が国は四面を海に囲まれ、これら無尽蔵にある波エネルギーを利用した発電システムを開発し、港湾施設で利用する電力は波力発電でまかなうことを究極的な目標として進めたいと考える所存である。



写真-3 波力発電装置



写真-4 陸上制御ボックス