

「風力・波力」複合洋上発電のための高安定性浮体の開発

渡部 富治*、鈴木 憲男**

Development of a floating station for parallel deployment of wind and wave power extraction

Tomiji WATABE* and Norio SUZUKI**

* Former Prof. of Muroran Institute of Technology JAPAN, Misono, Noboribetsu, 059-0036.

** Director of Singapore Coach Washing Machine Pte Ltd Japan branch, Toyooka 6-jou, Asahikawa, 078-8236.

“Wind and Wave” Combined Offshore Power Extraction is an idea to realize the natural energy shall come to the commercial use with an acceptable energy price. The idea depends on a new technology to stabilize the mother floating body on the wavy water area. It is the active damping which cancels wave force on the body by encountering another wave of phase lag= π . As a case study, a miniature Wind/Wave floating power station was studied for the lake Saroma application, In order to clarify the damping effect, 1/10 scale models were made and the stability of the floating body was tested by a water channel prepared with wave maker. The study will be continued in the next year beside the wind turbines seemed to fit it have been studied preliminary.

Keywords: wind, wave, offshore, energy, floating station, active damping.

1. 緒 言

発電単価の低減を目的として「風力・波力」複合洋上発電装置の開発を採り上げた。波浪中でも安定な浮体が必要であり、新方式により対応することにした。波力を使うアクティブダンピング法で、加振力が打ち消され安定化する。コスト低減効果が大きく、海洋発電の普及に貢献するであろう（特許出願中）。

手始めとして、北海道サロマ湖での使用を対象に、小型「風力・波力」複合装置を検討し、東京湾クラスに設置・使用の仕様とした。1/10 スケールモデルを製作し、2次元造波水槽を用いて実験した。簡易型で、ダンピングはヒープのみとした。実験途中であるが、簡易型でも“湖沼水面において安定性に支障ない”というデータを得ている（中間報告）。

対象の小型風車について、1/10 スケールモデルを製作し風洞実験などを実施した。

2. 小型「風力・波力」複合装置

サロマ湖は“ほたて養殖”で知られる。準閉鎖系

水域で、水質汚染が進み始めている。対策として風力ポンプによる水循環が試みられた。しかし能力不足が指摘され実現していない。今回は、ケーススタディーとして、このテーマを具体的に研究した。簡易型アクティブダンピング法を採用し安定化した浮体に、小型風車を搭載しポンプ駆動するものである。使用目的に合わせ、風車およびポンプを改良のうえ搭載する。できる限り少ない費用で、できる限り大量の水循環が実現する方式を目指す。⁽¹⁾

図1はその設計図である。効率のよいプロペラ形風車、単位動力当たり水量が大きいケースレスポンプ、をトラス構造フレーム上に設置してある。フレームは、4個のフロート下面で水面下に、水面平行に支えられ、1本のロープでゆるく湖底に係留されている。トラス構造なので、波浪力を受ける部材面積が大変小さい。浮ステーション型に比較したらはるかに小さな波浪外力を受けることになるであろう。

サロマ湖のケースは風力利用が主体だが、他のケースで「風力・波力」の複合型とする場合も考慮した設計になっている。今回の目的に対し、必要かつ十分な機能を備えるものとする。コスト低減効果への期

待が少なくない。

なお平行して多翼風車モデル（翼端速度比＝2）を試作し、別報として報告した。⁽²⁾

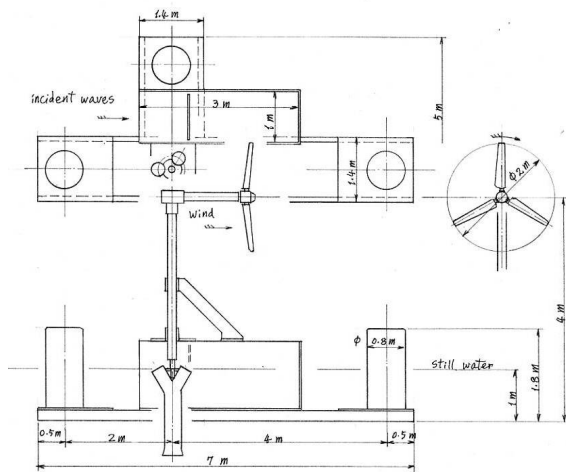


図1 小型「風力・波力」エネルギー複合利用装置

図1は、4個の円筒状フロートを用いて、十字型フレームを水中に支えている。フレームの十字交点から起立したポールに、プロペラ型風車（ダウンウインドタイプ）が水平にとりつく。風車は、水面に対し垂直に吊り下げられたポンプを駆動し、湖底からの上昇流を生み出す。上昇流は水面で広がり大きな上下循環流へ成長するので、湖底の貧酸素状態が改善される。

この風車ポンプは、小さな風力エネルギーを使い、できるだけ大きい水循環量を生み出すことを目的にしている。ポンプ動力は、主に水の運動エネルギー変換に消費される。図1の例では、表1の仕様に示す十分な値の水量が予測され、目的達成が期待できる。

表1 小型「風力・波力」装置の仕様

- | |
|---|
| 1) 浮体：全長＝7.0m, 横幅＝5.0m, 円筒形フロート＝ $\phi 1.0\text{m} \times 1.4\text{m} \times$ with a damper plate, 4sets, |
| 2) 風車：直径2.0m x 3枚翼プロペラ、
風速＝12m/s のとき、出力＝1kW, (460rpm) |
| 3) ポンプ：水量 4000ton/day, (140rpm) |
| 4) 波力：振り子式 x 2sets、波高＝0.5m, 周期＝3.0s のとき、出力＝80W x 2 (B＝1.0m, h＝1.0m) |

浮体構造は、本体フレームが水中にあり、フロート（4個）上部のみ水面上にでる。前述のように、本体フレームに働く波浪力は大きくないので、相対的にフロートに働く波浪力の対応が大切になっている。

円筒形浮体では卓越したヒープモーシオンが予想されたので、主にこの対策を心がけた。フロートの水

面下部に水平ダンパープレートを備え、浮力対象のダンピング（反作用力）とヒープモーシオンに対するダンピングとを兼用するように計画した。4個のフロートが水平面に分散した位置をとるので、全部が同期し浮体揺動が大きくなる確立は小さいとした。

以上の浮体構造に加え、2組の小型振り子装置を浮体中心の左右に配置した。波の入射は浮体先端から行われる。1本のケーブルで先端部を係留すれば、浮体の姿勢は、入射方向の変化に対し自動的に追従することになり、高効率条件を保つ。

図2は、1/10 スケールモデル（サロマ湖用、図1の振り子装置は含まず）の写真である（風車がポンプを駆動し、コップ内の水を循環させているところ）。図3は造波水槽に浮かべ、浮体安定性を実験中のスナップである。表2に1/10 スケールモデルの仕様を示す。

表2 小型「風力・波力」装置モデルの仕様

- | |
|--|
| 1) 浮体：全長＝0.7m, 横幅＝0.5m, 円筒形フロート＝ $\phi 0.1\text{m} \times 0.14\text{m} \times$ with a damper plate, 4sets, |
| 2) 風車：直径0.2m x 3枚翼プロペラ、
風速＝2m/s のとき、出力＝0.022W, (770rpm) |
| 3) ポンプ：水量 400cm ³ /min, (450rpm) |
| 4) 波力：振り子式 x 2sets、波高＝0.05m, 周期＝1.2s のとき、出力＝0.08W x 2 (B＝0.1m, h＝0.1m) |



図2 小型「風力・波力」複合装置モデル

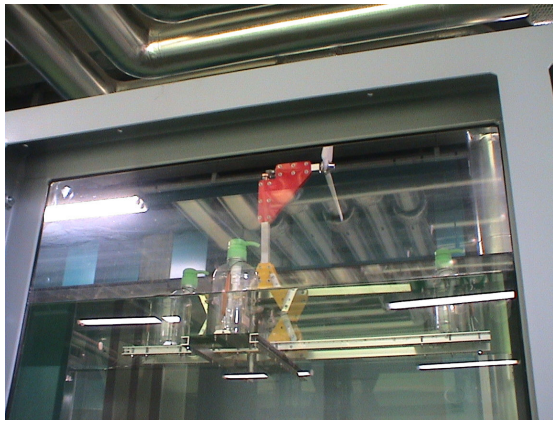


図3 水槽実験中の「風力・波力」モデル

3 予備実験

図2のモデルを、家庭用浴槽に浮かべ、家庭用扇風機の風により風車/ポンプを駆動し、動作を目視観察した。数値化できるデータは取っていないが、扇風機の風調整：低・中・高において、①“低”で風車/ポンプが起動し、②“高”では元気よく回転する。図4はこのときの状況を示す。観察の結果から、風車/ポンプモデルは設計仕様の機能をほぼ備えているらしく思え、風洞実験などへ移行することに差し支えないと判断した。

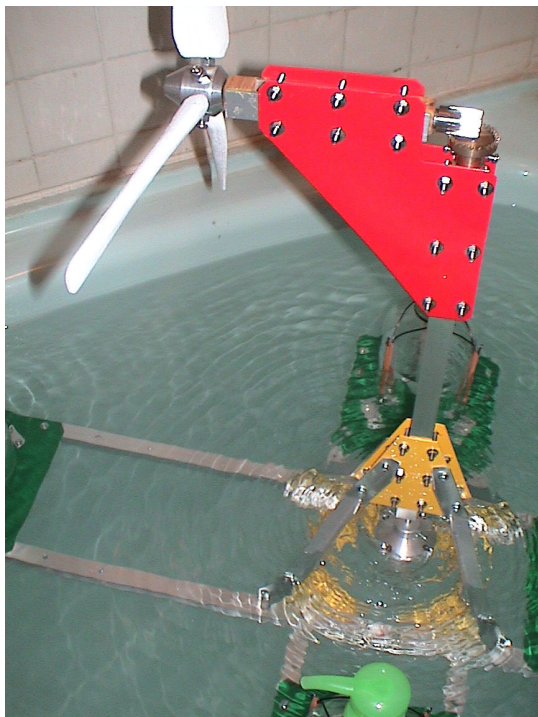


図4 予備実験中の「風力・波力」モデル

4 浮体モデルの安定性

造波機つき2次元実験水槽(長さ=10m, 幅=1m, 水深=1m, 佐賀大海洋エネルギー研究センター)を使用し、波浪中の浮体モデルの安定性について実験した

(図3はこのときの写真)。

実験条件：モデル前方から規則波(波高 $H=0.03\text{m}$ ～ 0.08m , 周期 $T=0.6\text{s}$ ～ 1.5s , 波長 $\lambda=0.56\text{m}$ ～ 3.35m)の波浪が入射するときの浮体モデルの揺動(ヒープ、サージおよびピッチング)を測定した。図5～6に結果を示す。波高および周期は、造波機(コンピューター制御式)による出力値を採用、モデルの揺動値は、ビデオ撮影画面上において計測した。

実験において、次のことが観察された。

- 浮体は、ヒープ、サージおよびピッチ方向に揺動する。その状況から、マクロ的に進行波水粒子運動の影響が推測できそうである。短周期波ではフロート部のダンピング作用が認められても、長周期波では、浮体全体が波動中に飲み込まれ、全体で波動運動するようになる。
- その意味から、適切な浮体のディメンションと設置海面の波長とは重要な関係がある。外洋での使用には、外洋波の波長に見合った寸法の浮体が必要である。
- 今回の簡易型アイディアは、サロマ湖のような湖沼対象に制限するのが安全だろう。
- 今回のモデルは、 $H=8\text{cm}$, $T=1.2\text{s}$ の下で、安全に風車/ポンプ回転を継続できる。浮体全体で動き、浮体の傾斜は小さい。

図5は、波高一定の下で波周期が変化した場合の浮体モデルの揺動である。浮体固有の振動特性と関連するから、周期に対し複雑な揺動になっている。

図6は、波周期が一定の下で波高変化があった場合の浮体モデルの揺動である。波高が大きくなるほど揺動も大きい。

しかしその値は、浮体モデルが転倒に至る危険はなく、安定性の面から実用できると判断された。

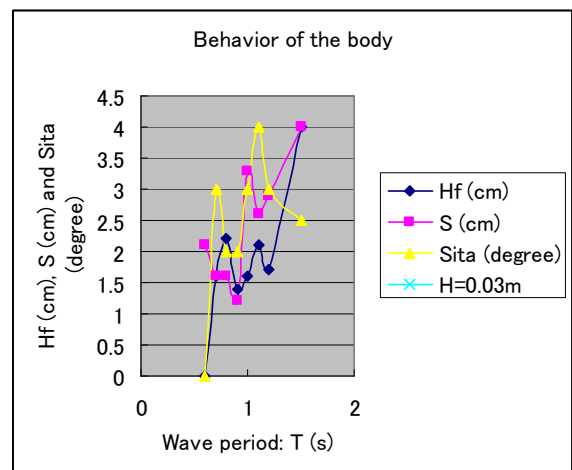


図5 「風力・波力」モデルの安定性 I
(波高: $H=3\text{cm}$ のとき)

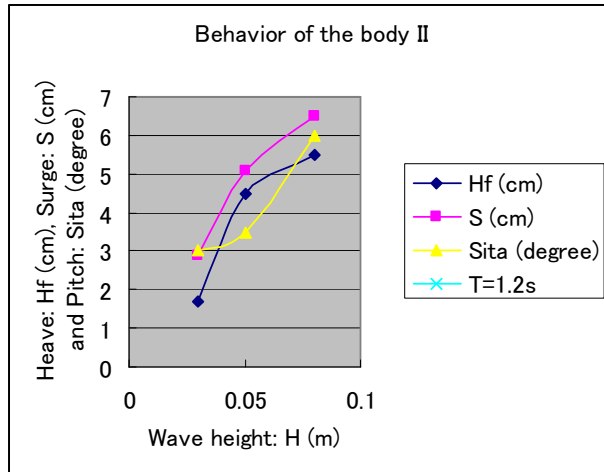


図6 「風力・波力」モデルの安定性 II
(周期: $T=1.2$ s のとき)

今回のモデルは波力装置（振り子式）を備えていなかったため、後日あらためて「風力・波力」モデルの実験を予定している。

5 実験結果の考察

“「風力・波力」複合洋上発電のための高安定性浮体の開発」というテーマは、外洋を対象にしている。

③ 今回は、共同研究者の一人が以前から関係してきた、サロマ湖（小さい水面ではある）での使用を想定し、簡易型を課題にした。湖面波浪特性に合わせた小型浮体用のものである。短波長波の湖沼用浮体の研究を、長波長の洋上浮体の研究につなげたい。この希望を持って研究した。残念ながら、今回の研究成果から、“洋上型浮体に対し簡易型を使うのは不適切である”といわざるを得ない。簡易型は、さらに改良される必要がある。①波浪中のフロートが受ける流体力と、このキャンセリング用の ②ダンパープレートに作用する流体力 の動的挙動を調査して、安定性向上を図ることが必要かと思われる。

6 結 言

以上の研究から、次のように結論される。

- 安定性向上を目的にした簡易型浮体は、湖沼を対象にしている。短波長の波浪に対し安定性向上の効果がある。湖沼用として実用できる。
- 洋上の長波長の波浪に対しては、今回の簡易型浮体は不適当であり、さらに安定性向上が必要である。
- 試作風車/ポンプモデルは正常に動く。実験を開始できる状態にある。

水槽実験では、佐賀大学海洋エネルギー研究センターの施設を使用した。また、同センターの永田修一教授、豊田和隆助教授および今井康貴助手との共同実施によるものである。

この研究は継続中であり、本報告書は途中経過をまとめたものである。

7 参考資料

- (1) 渡部 富治、環境水の浄化、JOPRE Communication, Vol. 54, 平成16年4月。
- (2) 鈴木憲男、風力—波力発電共用浮体用風車の模型実験、佐賀大学研究成果報告(平成18年度)、平成19年
- (3) 渡部富治、特開 2005-69212, 浮体型波力発電装置、平成15年8月出願