

下部ヒンジ振子を有する波力発電装置の開発

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○森本 陽介
韓国関東大学校 正会員 李 光浩
名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美

1. 目的

近年，世界中で二酸化炭素排出問題や化石燃料の資源問題が生じている．さらに，これまで安全とされてきた原子力発電の危険性が指摘され，再生可能エネルギーに注目が集まっている．日本は四方を外洋に囲まれており，エネルギー源として潜在的に非常に多くの海洋エネルギーを有している．そして，日本では古くより海洋エネルギーの取得に関して，数多くの研究事例が行われてきた．例えば高橋(1993)は山形県酒田港で1980年代から1990年代にかけて防波堤を用いた波力発電ケーソンの実証実験が行われた．しかし，実用化には至っていない．一方海外で，Pelamisが商用電力を供給しているのをはじめ大規模な実海域での実証実験が数多く行われている．日本で大規模な実証実験が行われない最大の理由はコストパフォーマンスが低い点である．他の再生可能エネルギーと比較すると設置費用が高く，耐波性，台風等による高波浪時への対策のため維持管理費用も高額になる．また，波の不規則性による電力の不安定性もエネルギーの回収率が低くなる要因の一つである．本研究では，防波堤の付加設備として下部ヒンジ振子を前面に設置した防波堤を想定し，下部ヒンジ振子による波力発電装置の基本特性を水理模型実験によって解明する事を目的とする．

2. 実験方法

水理模型実験を名古屋大学大学院工学研究科の断面二次元造波水槽(全長 30m，水路幅 0.7m，高さ 0.9m)を用いて行った．反射板を造波機から20mの位置に設置し，反射波の影響を考慮した．発電装置には幅15cm，高さ40cm，奥行68cmの亚克力製の中空の三角形振子(質量15.01kg)と，プーリーが常に一方向に回転するワンウェイクラッチを取り組んだギアボックス(石田ら，1997)をラックギアで接続して実験を行った．三角形振子は水槽底に鉄製チャンネルを設置し，そこに固定した．実験水槽の概略を図-1に示す．実験はすべて規則波で行い，その周期を0.6から3.0秒，反射板までの距離を60cm，100cm，140cm，180cmの4ケース，

静水深は固定具を含めた装置全体の高さ475mmを基準に425mm，525mmの3種類変化させた．実験条件を表-1に示す．発電機には交流発電のダイナモを使用し，抵抗($R=16.4\Omega$)を用いて，電圧 V を測定した．同時に，装置前後に波高計を設置し，水位変動を観測した．水位変動及び電圧の観測は第一波が振子に到達した時から開始し，50秒間測定した．電圧計・波高計のサンプリング周期は0.001秒とした．

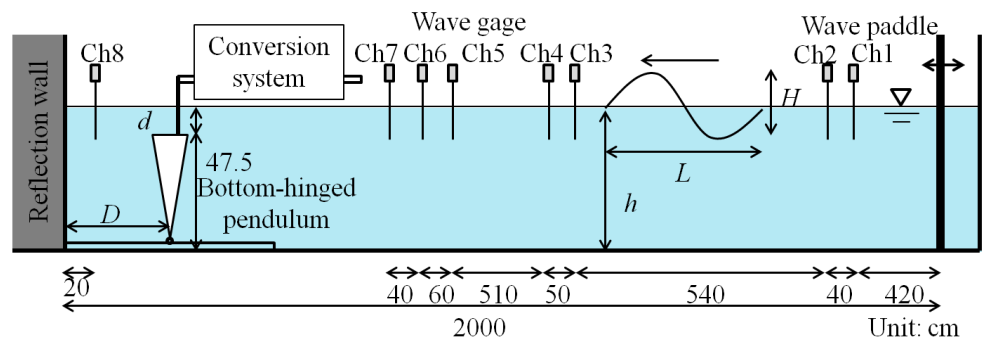


図-1 実験概要図

表-1 実験条件

Water depth: h	42.5, 47.5, 52.5 (cm)
Draft depth: d	-5.0, 0.0, +5.0 (cm)
Distance to wall: D	60, 100, 140, 180 (cm)
Wave period: T	0.6-3.0 (s)

3. 実験結果とその考察

実験結果の一部を図-2 に示す．周期 T を 3 秒，静水深 h を 52.5cm，反射板からの距離 D が 100cm の位置に振子のヒンジを設置した条件に対して，装置近傍の水位変化および測定された電圧を示している．電力 P_{power} [W] は $P_{\text{power}} = V^2/R$ より算出している．電圧はダイナモが交流発電であるため約 0.05 秒周期で振動し，正負の値が生じている．また，波一周期につき電圧及び電力のピークが二つ存在している．これは，波によって振子が前後に移動したことによるものである．これらのことから，波が定常状態になってから 5 波分(15 秒)の電力の平均値をとったところ，約 0.66W となった．ここで，出力効率について計算を行う．装置幅あたりの波エネルギーの輸送量を P_{wave} とすると出力効率 K_E は次式で計算できる．

$$P_{\text{wave}} = \frac{1}{16} \rho g H_i^2 B_b \frac{L_i}{T} \left(1 + \frac{\frac{4\pi h}{L_i}}{\sinh\left(\frac{4\pi h}{L_i}\right)} \right)$$

$$K_E = \frac{P_{\text{power}}}{P_{\text{wave}}}$$

ここで H_i ， B_b ， L_i はそれぞれ入射波高，装置幅，入射波長である．入射波高 H_i は合田（1976）の入・反射分離推定法を用いた結果，約 7.7cm となり，波エネルギー輸送量は約 10.11W となり，出力効率は約 5.4% となった．これは，幅 2m 程度の本実験装置を仮に日本沿岸域に設置すると，一世帯の消費電力を賄う事ができる効率に相当する．

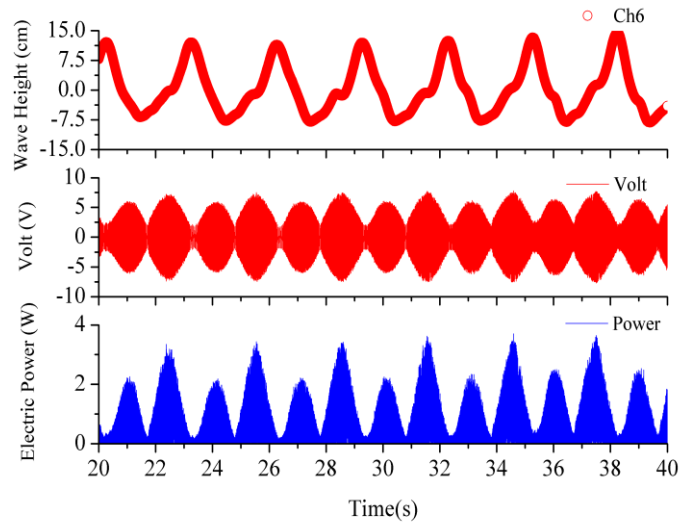


図-2 水位変動と電圧及び電力の時系列変化

4. おわりに

本論文では下部ヒンジ三角形振子を用いた波力発電装置の基本特性を検討した．今後は，下部ヒンジ振子での発電機能およびそれに伴う波浪制御効果をより明確にしていくため，波の諸元，反射率及び透過率等の面から考察を行い，本実験装置の最適設置位置を特定し，高効率の波力発電装置の開発を目指す．また，三角形振子の最適形状を数値実験から推定する．数値実験に用いるモデルは李・水谷（2007）が開発し，波エネルギー回収システムへ拡張適用（彭ら，2012）した IB 法を用いる予定である．

5. 参考文献

- [1]. 高橋重雄(1993): 波エネルギー変換装置の現状について，第 29 回水工学に関する夏期研究会講義集，pp. 1-20.
- [2]. 石田啓，高橋太郎，松田耕治，森田博紀，南利枝(1997)：新型波力水車の作成に関する研究，土木学会中部支部研究発表会講演会概要集
- [3]. 合田良美，鈴木康生，岸良安治，菊池治(1976)：不規則波実験による入・反射波の分離推定方法，港湾技術研究資料，pp. 1-24.
- [4]. 李 光浩，水谷法美(2007)：Immersed Boundary 法による数値波動水槽の構築とその応用に関する研究—水平円柱周りの波浪場への適用—，海岸工学論文集，第 54 巻，pp.821-825.
- [5]. 彭偉，李 光浩，水谷法美(2012)：IB 法による波エネルギー回収システムの数値モデル，海岸工学論文集，第 68 巻，pp.1286-1290.