

弁式導水パネルを利用した越流式波力発電装置の開発に関する実験的研究

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○森 貴寛
 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、二酸化炭素等の温室効果ガス排出などにより地球温暖化が深刻な問題となっている。さらに、2011年の東北地方太平洋沖地震により発生した津波災害で、温室効果ガスをほとんど排出しないとされてきた原子力発電のリスクが懸念されるようになった。そのような状況のもと、再生可能エネルギーがこれまで以上に注目されている。日本は四方を外洋に囲まれており、潜在的に莫大な海洋エネルギーを有していることから、海洋エネルギーの回収に関する研究が多く行われてきたが、ほとんどの事例が実用化までに至っていないのが現状である。一方、海外では、Pelamisなどの波力発電装置が商用運転を行っているのに加え、他の実海域での実証実験も多く行われている。日本国内で海洋エネルギー回収のための実証実験があまり行われない原因として、コストパフォーマンスが低いこと、設置対象海域周辺の住民から理解を得るのが難しいことなどが挙げられる。本研究では、規模のそれほど大きくない施設を想定し、漁港などの防波堤の付加設備として弁式導水パネルを前面に設置した海水交換型防波堤を考え、弁式導水パネルを用いた越流式波力発電装置の基本特性を水理模型実験により考究することを目的とする。

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二次元造波水槽（全長 30m，幅 0.7m，高さ 0.9m）を用いて行った。水槽内に、水位変化に対応出来る様に三段の取水口を設けた貯水タンク（幅 0.45m，高さ 1.0m）とその手前に弁式導水パネルを設置した（図-1 参照）。パネルは設置箇所を変えられるよう可動式とした。弁式導水パネルは、弁によりパネルの通水部で貯水タンク方向の流れが卓越するよう工夫されている。このパネルにより促進された貯水タンクへの水供給により発電機を作動させ、エネルギーの回収を行った。実験では規則波を作用させ、その周期を 1.2 秒から 2.0 秒の間で変化させた。また、パネルと貯水タンクの距離を 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5m の 6 種類、静水深を 0.45, 0.5, 0.6m の 3 種類変化させた。これらの実験条件を表-1 に示す。実験では、導水パネルの前後に 2 本ずつ水位計を設置し、水位変動の計測を行った。また遊水室内の水位計の間隔を表-2 のように変化した。発電は、図-2 に示す 2 枚の羽根が取り付けられた水車を回転させ、その運動で、交流発電のダイナモを作動させた。発生した電気は、既知の抵抗($R=8.2\Omega$)間の電圧 V を測定することで求めた。電圧の測定は貯水タンク内に越流が開始してから貯水タンク内の水位が 0.1m 増加した時点で終了した。その間の電圧計・波高計の時間変化をサンプリング周期は 0.01 秒で記録した。

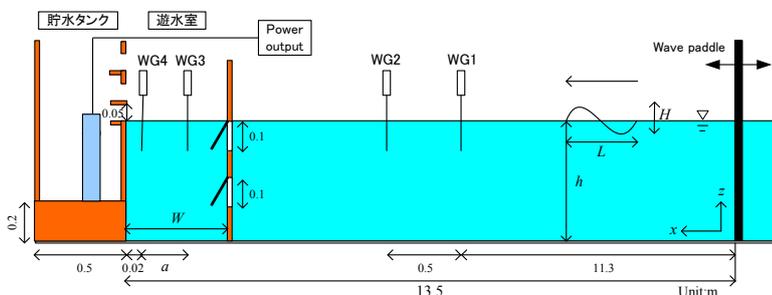


図-1 実験概略図

表-1 実験条件

Wave height H (m)	0.05, 0.07, 0.09
Water depth h (m)	0.45, 0.5, 0.6
Distance to tank W (m)	0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5
Wave period T (s)	1.2-2.0s ($\Delta t=0.2s$)



図-2 発電用水車

表-2 遊水室内の波高計設置間隔

Distance to tank W (m)	Distance of wave gauges a (m)
0.4, 0.5	0.2
0.25, 0.3	0.1
0.2	0.05
0.15	Only WG4

3. 実験結果とその考察

入射波周期 1.8 秒，静水深 0.5m で導水パネルを表-1 の各位置に設置した場合の実験結果を図-3,4,5 に例示する。図-3 は，導水パネルを設置した場合の越流量 Q と設置しない場合の越流量 Q^* の越流量比 Q/Q^* と W/L の関係を示している。同図より，導水パネルの間隔 W が短くなるほど越流量比 Q/Q^* が上昇しており，導水パネルの設置により貯水タンクへの越流が促進されたと考えられる。また，パネル設置の効果が認められる $Q/Q^* > 1.0$ の条件において $W/L < 0.1$ となる事から，パネル間隔 W を狭くすることで越流量を増加させられることが判明した。図-4 は反射率 C_r と W/L の関係を示したものである。反射率 C_r も $W/L < 0.1$ において減少し， $W/L = 0.07$ 付近で極小値となる。構造物の形式は異なるが，類似の結果は中村ら(2002,2009)の実験によっても確認されている。これらの結果から，遊水室内の水位変動がピストンモードに移行し，遊水室内の水位が増幅され越流量が増幅したことで，反射率の低減に繋がったと考えられる。

図-5 は発電量の時系列変化を示しており，波が定常状態になってからの 10 波分の結果を示している。発電量は計測した電圧 V から $P [W] = V^2/R$ の関係を使って算出している。また発電量にばらつきが生じているが，これはプーリーでの滑りなどで水車の運動が発電用ダイナモに完全に伝達できていなかった事などが原因と考えられる。図より，瞬間的な発電量は約 0.5W となっていることがわかる。また，10 波分の発電量の平均値は， $P_{ave} = 0.033W$ であった。装置幅 (0.45m) 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， P_{ave}/P_{wave} から計算出来る。これを使って出力効率 K_e の評価を行うと，波エネルギー輸送量 P_{wave} は約 3.5W となり，出力効率は約 0.9% となった。この値はかなり低い値であるが，発電システムなどの改良により改善できるものと思われる。

4. おわりに

本研究では，弁式導水パネルを用いた越流式波力発電装置の基本特性の検討を水理模型実験に基づいて行った。その結果，以下のことが判明した。

(1) 導水パネルの設置箇所を変えることで反射率が変化し，反射率が極小値を示す $W/L < 0.1$ では，パネルを設置した場合の越流量が設置しなかった場合に比べ増加していく。

(2) 2 枚の羽根を取り付けた水車を用いて発電を行った。そして，平均して約 0.9% の発電効率が得られた。

今後は，数値解析を行って，弁式導水パネルの効率化やそれによる，越流量と発電量の効率化を目指して更に検討を加える所存である。

参考文献

[1]島田潔・松原直哉・吉村正・神瀬哲 (1999) : 衝立パネル式ケーソンの海水交換特性に関する実験的研究，海洋開発論文集，第 15 巻，pp433-437
 [2]中村孝幸・高木伸雄・中山哲巖・河野徹 (2002) : ピストンモード波浪共振を利用する低反射・低透過構造の海水交換型堤防の開発，海岸工学論文集，第 49 巻，pp661-665.
 [3]中村孝幸・中村淳一 (2009) : 垂下版式低反射工による波エネルギーの取得について，海洋開発論文集，第 25 巻，pp365-370.

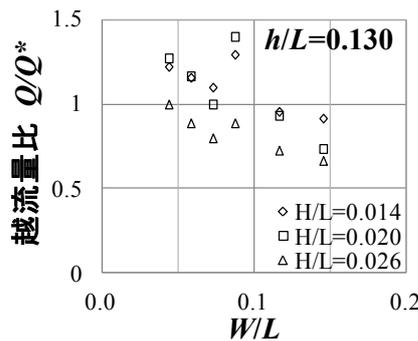


図-3 パネル設置有無による越流量の比較

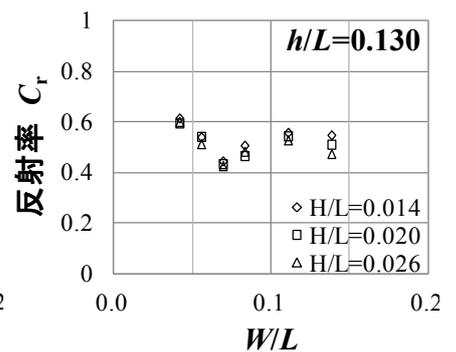


図-4 パネル設置箇所ごとの反射率 C_r

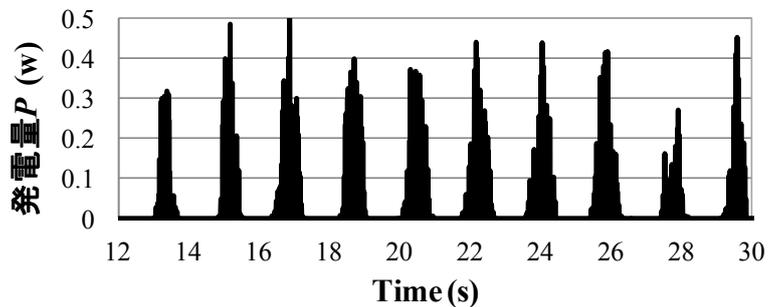


図-5 発電量の時系列変化 ($T=1.8s, h=0.5m, W=0.25m, H=0.07m$)