ベルマウス効果利用型水室対の水位差を利用する波力発電技術に関する検討

山口大学 フェロー会員 ○羽田野袈裟義　　山口県 和西裕介
(株)PAL 構造　楠葉貞治　　大田造船（株）大田三夫

1. はじめに

波力発電の実用化には，装置の耐久性，設置・維持補修の容易さ，高い動力変換能力，経済性の全てが一定以上の水準にあることが要求される．

本研究では，これらの条件を同時に満足する方式として，沿い波方向に連続配置した遊水室対であって，正・逆のベルマウス効果を利用して形成した水位差により連通部のタービンを回して発電する波力発電システムの基礎的な検討を行う．

2. 波力発電装置の概要と水理学モデル

2.1 波力発電装置の構造と動作原理

本提案の波力発電装置は，波の進行方向に沿って配置された水室対の沿い波側の側面に正・逆のベルマウス効果を持たせ，一方の水位を高く，他方の水位を低く保ち，両者の連結部分に水車を配置し水位差を利用して回転動力を獲得し発電する．**図-1** は本装置の概念図を示す．本装置は，可動部分が水車だけのシンプルな構造である．

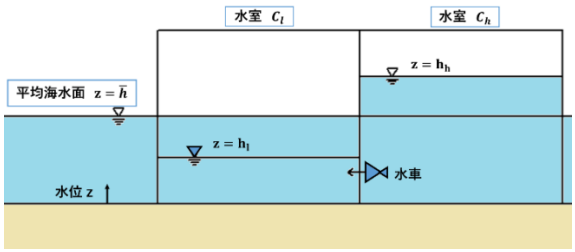

図-1　側面から見た本装置の概要図

2.2 装置の配置構成と設置上の特徴

既に述べたように，本提案の水室対は波の進行方向に沿うように配置され，その水室対が 10 対ないし 20 対ほど連続して配置される．この構成は次の特徴をもつ．(1)水室対群の側面は波の衝撃荷重を受けない，(2)沿岸域の波は屈折の影響を受により沖⇒岸方向に進行するため基本的に岸沖方向に配置すればよく，長い海岸線が不要で土地利用上で有利でしかも船舶航行を妨げない，(3)突堤に併設した構成では，先端から後端まで往来できるため，設置・維持補修が容易で，利便性に優れ，工費削減が可能となる，(4)可動部分がタービンだけとなり故障が起こりにくい，(5)シンプルな構造のため，コスト縮減が可能である．特に，正・逆のベルマウス効果をもたせる部材に竹の利用を考えると，山林保全の機能も発揮する．

2.3. 波力発電装置の水理学モデル

水位を平均海水面より高く保つ水室を C_h，低く保つ水室を C_l とし，平均海面水位を $z=\bar{H}$，水室 C_h 内の水位を $z=H_h$，水室 C_l 内の水位を $z=H_l$ とする．海・水室間および水室・水室間の流量と流量係数を次のように定義する．海→水室 C_h：Q_1，K_{1A}, K_{1B}，水室 C_h→水室 C_l：Q_2, K_2，水室 C_l→海：Q_3, K_{3A}, K_{3B}．なお K_{iA} と K_{iB} はそれぞれ正・逆のベルマウス効果の場合の流量係数で，$K_{iA} > K_{iB}$ である．また，両水室連結流路の直径を d，海・水室間のスリットの全幅を b，重力加速度を g，海底基準の水室 C_h，海水面，水室 C_l の水位に h, l, s の添え字をつけ，時間平均値をバーで示し，Q_2 を次式で置く．

$$Q_2 = \frac{\pi d^2}{4} K_2 \sqrt{2g(H_h - H_l)} \qquad (1)$$

流量 Q_1，Q_3 は海水面の上下動により，場合分けして次式で仮定する．流量係数は損失係数 ζ から次式で決定した．$K=(1/(1+\zeta))^{1/2}$

$$H_s - H_h > 0 : Q_1$$

$$H_h - H_s > 0 : Q_1$$

$$H_l - H_s > 0 : Q_3 = K_{3A} b \bar{H}_2 \sqrt{2g(H_l - H_s)} \qquad (3a)$$

$$H_s - H_l > 0 : Q_3 = -K_{3B} b \bar{H}_2 \sqrt{2g(H_s - H_l)} \qquad (3b)$$

このとき，水室 C_h と C_l の中の水の体積変化は，水室の断面積を A_h，A_l として次式で与えられる．

$$\frac{d(A_h H_h)}{dt} = Q_1 - Q_2 \ (4a),$$

したがって次の微分方程式が得られる．

キーワード　波力発電，沿い波利用水室，正・逆ベルマウス効果，水位差，タービン
連絡先　〒755-8611　山口県宇部市常盤台 2-16-1　山口大学工学部　社会建設工学科　ＴＥＬ0836-85-9353

$$\frac{dH_h}{dt}=\frac{1}{A_h}(Q_1-Q_2)\ (5a),\qquad \frac{dH_l}{dt}=\frac{1}{A_l}(Q_2-Q_3)\quad (5b)$$

この２式から両水室内の水位の時系列を求め，次いで流量を求めるが，その初期条件を次式に示す．

$$H_h(0)=H_l(0)=\overline{H_s}\qquad (6)$$

3. 計算結果

表-1 に計算のための装置諸元を示す．また，海水面の水位（水深）H_s=6m，波高 H=0.5m，波周期 T=8s の時の流量と水面変位の時系列を**図-1** に示す．図より，水室間の流路を通る流量 Q_2 は常に正値をとりながら増減し，一定方向に流れることがわかる．この状態を一定の時間間隔で繰り返している．また，水室外の海水位の峰の時刻で海水位と水室 C_h の水位がほぼ一致し，水室外の海水位の谷の時刻に海水位と水室 C_l の水位がほぼ一致する．

また，正弦波で種々の波高，周期，水深の条件にで水室間の流通平均流量 Q_2，両水室間の平均水位差 ΔH_{ave}，水車による平均仕事率 L_{0ave} を計算した．その結果を**図-2**，**図-3**，**図-4** に示す．図より，大きな波高，短い波周期，大きい水深でこれらの値が大きいことがわかった．

表-1　計算に使用した装置諸元

装置諸元	
水室C_hの断面積 $A_h(m^2)$	6×5=30
水室C_lの断面積 $A_l(m^2)$	6×5=30
側壁の隙間幅 b(m)	0.7
連結流路の直径 d (m)	1
流量係数 K_{1A}	0.971
流量係数 K_{1B}	0.500
流量係数 K_2	0.913
流量係数 K_{3A}	0.971
流量係数 K_{3B}	0.500

4. 結語

以上，本研究では水室対の水位差を利用する波力発電装置の稼働に関する検討を行った．本研究の主要な結果は以下の通りである．

(1)本方式を岸沖方向に複数配列した構成は，波力発電装置実用化の４条件を満足し，長い海岸線延長が不要で，土地利用や船舶航行などで有利である．

(2)モデル計算の結果は，水室内の水位と流量の変動を矛盾なく表現し，今後の参考資料となる．

今後は，流量係数を精査してより精巧なモデルを構築し実用化に結び付けることが必要である．

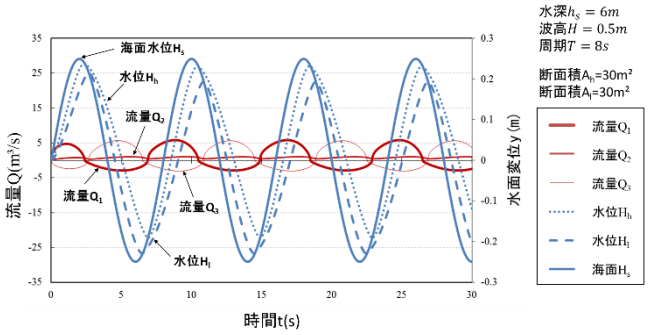

図-1　流量と水面変位の時系列

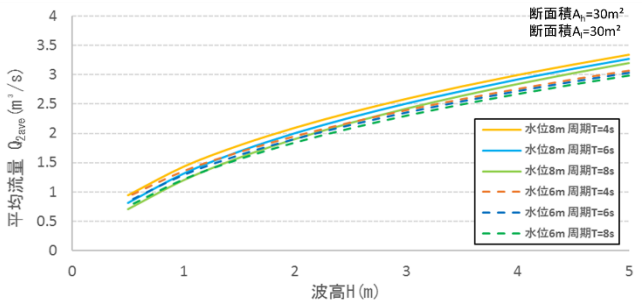

図-2 水深・周期別波高 H と平均流量 Q_{2ave} の関係

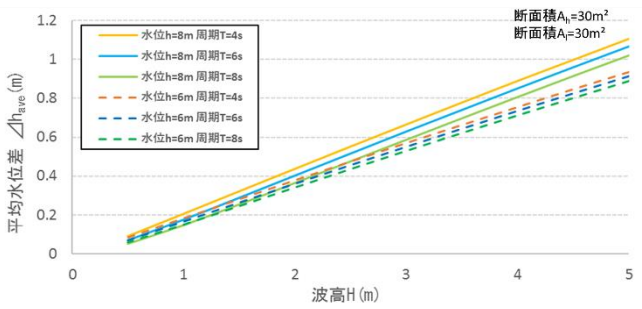

図-3 水深・周期別波高 H と平均水位差 Δh_{ave} の関係

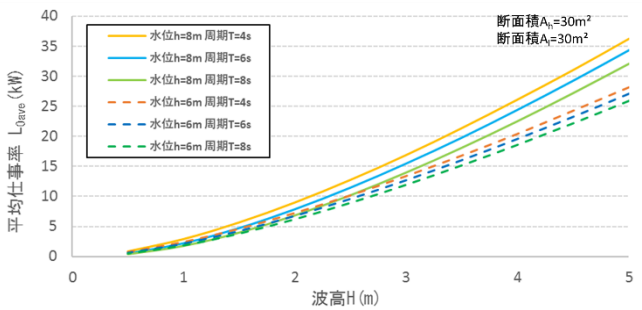

図-4　水深・周期別波高 H と平均仕事率 L_{0ave} の関係