

沿い波型遊水室内の浮体上下動を利用する波力発電について

山口大学 学生会員 ○長瀬 吉行

山口大学 フェロー会員 羽田野 袈裟義

佐賀大学 正会員 Pallav Koirala

1. 緒論

波力発電の実用化には、装置の耐久性、施工性(設置・維持補修)、動力変換効率、経済性をすべて一定以上の水準で満足することが必須条件である。

本研究は、これを達成する方法として、沿い波型遊水室内で波による水塊・浮体の上下動から回転運動に動力変換する波力発電を提示し、その力学モデルの計算結果を報告する。

2. 沿い波型遊水室の効用¹⁾

波力発電では、水塊の上下動を浮体上下動として受け止め機械的に動力変換する方式が合理的である。水面波は水塊の水平運動を伴うため、上記の機械方式では鉛直壁で構成した遊水室内に水塊の準鉛直運動を作ることが肝要である。沿い波型遊水室は、鉛直壁が波の衝撃を受けない、連続配置した遊水室内の水面上下動の位相の順次変化により合計発電力の相対変動を抑えうる、海岸線と直角な突堤に配置可能で海岸線の単位長さ当たり出力が格段に高い、など従来の有水室に対して大きな優位性をもつ。

3. 本方式の概要と力学モデル

3.1 構成と稼働の概要

本論文ではラックアンドピニオン方式(以下、本方式)を検討する。これを図-1に示す。この方式は遊水室内のフロート、シャフト、ラック、ピニオン、回転変換機、回転増幅器、発電機により構成され、水面・フロート・シャフトの上下動から回転動力を獲得し一定方向の回転運動に変換して発電する。

3.2 力学モデル

力学モデルは、フロートに作用する重力・浮力の釣合式、稼働状態でのフロートの運動方程式、回転体の運動方程式、発電機関連の力学である。

(1) フロートに作用する重力と浮力の釣合式

フロート質量 M_f 、重力加速度 g 、水の密度 ρ_w 、フロートの直径 d_f 、自由状態のフロート喫水深 h として、

$$M_f g = \frac{1}{4} \pi \rho_w g d_f^2 h \quad (1)$$

(2) 稼働状態のフロート上下動の運動方程式

一部没水状態の稼働で示す。運動方程式は、フロートと水位の無負荷・静止時からの上昇量 x_f 、 x_w 、シャフトの軸力(張力) T 、フロート全高 H_f を用いて、

$$M_f \frac{d^2 x_f}{dt^2} = T + \frac{1}{4} \pi d_f^2 \rho_w g (h + x_w - x_f) - M_f g \quad (2)$$

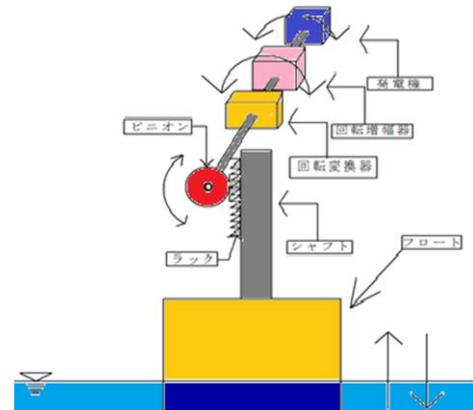


図-1 浮体-ラックアンドピニオン方式

(3) 回転系の運動方程式

ピニオンの回転変位角 θ 、回転系の慣性モーメント I 、機械系の減衰係数 C 、ピニオンが発電機を回すトルク τ 、ピニオン半径 R_p を用いて、

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + C \frac{d\theta}{dt} = \tau + R_p T \quad (3)$$

(4) 発電機関連の力学

ギア比 G 、トルク係数 k_τ 、誘導発電係数 k_e 、負荷抵抗 r を用いて

$$\tau = -\frac{G^2}{r} k_\tau k_e \frac{d\theta}{dt} \quad (4)$$

キーワード 沿い波遊水室、水塊上下動、波荷重、出力変動、海岸線有効利用

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

TEL0836-85-9353

(5)最終的な計算式

計算式は θ に関する 2 階微分方程式で、

$$\left(\frac{I}{R_p} + M_f R_p\right) \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{R_p} \left(C + \frac{G^2 k_r k_e}{r}\right) \frac{d\theta}{dt} + \frac{\rho g \pi}{4} d_f^2 R_p \theta = \frac{\rho g \pi}{4} d_f^2 x_w \quad (5)$$

(6)計算条件

波は基本的な正弦波 (波高 H , 角振動数 ω) : 式(6)

初期条件 : 式(7)として与える.

$$x_w(t) = \frac{H}{2} \sin \omega t \quad (6)$$

$$\theta(0) = \frac{H}{2R_p}, \quad \frac{d\theta}{dt}(0) = 0 \quad (7)$$

(7)装置

装置稼働は、つるべ式 (間欠稼働: 水面下降時発電), 本方式 (間欠稼働, 常時稼働) とした.

装置緒元は、以前実験を行ったつるべ式の装置²⁾に合わせ、フロート $d_f=2\text{m}$, $H_f=0.7\text{m}$, $M_f=1680\text{kg}$ (カウンタウェイト $M_c=150\text{kg}$); 回転系 $I=1.235\text{kg}\cdot\text{m}^2$, $R_p=0.18\text{m}$ (共通), $G=41.36$; 発電機 $k_r=1.284(\text{N}\cdot\text{m}/\text{A})$, $k_e=0.7963(\text{V}/\text{rpm})$ とした.

4. 計算結果

つるべ式 (間欠稼働) と本方式の間欠稼働と常時稼働の 3 ケースの発生電力の時系列変化の比較を図-2 に示す. 図より, 稼働開始直後の約 5 秒間を除くと, 定常的な稼働が認められる. また, 間欠稼働と常時稼働の発生電力の時系列の差異が明瞭である.

次に, 種々の波条件に対して, 時間平均の発生電力の比較を図-3 に示す. つるべ式 (間欠) の図は省くが, 本方式 (常時) は本方式 (間欠), つるべ式 (間欠) に比べ発生電力が大きい.

5. 結語

以上, 沿い波型遊水室内の浮体上下動と機械式動力変換を組み合わせた波力発電装置の構成を提示した. 動力変換機より前段の構成は, 耐久性と施工性で大きな利点を有し現時点の決定版と理解される.

参考文献

- 1) 羽田野袈裟義・菅洋一: 波力発電用遊水室構造体, PCT/JP2013/064194, 日本国特許庁, 2013.
- 2) 羽田野ら: 浮体式波力エネルギー変換の力学, 土木学会論文集 B, Vol.62 No.3, pp.270-283, 2006.

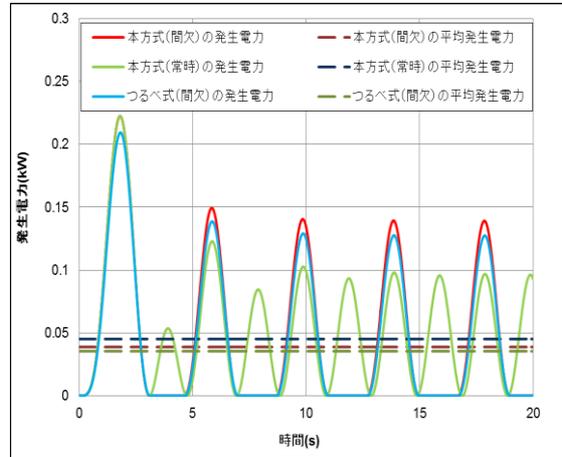
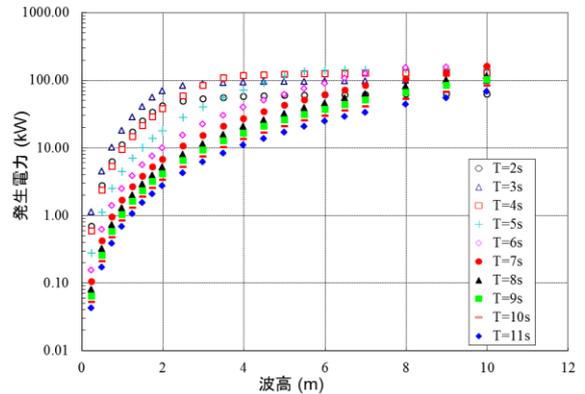
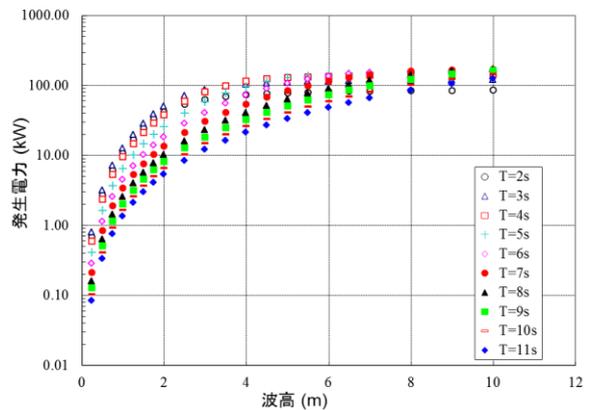


図-2 発生電力の時系列変化



(a) 間欠稼働



(b) 常時稼働

図-3 種々の波条件での平均発生電力