

遊水室内の水塊上下動を利用する稼働物体型波力発電について

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上下動から浮体を介してラックアンドピニオンを利用して動力変換する波力発電を提案し、その力学モデルを構築し、力学計算した結果を報告する。

2. 沿い波型遊水室の効用

波力発電では、水塊の上下動をフロートで受け止めて機械的に動力変換する方式が高効率である。水面波は水平運動を伴うため、上記の機械的な方式では、鉛直壁で囲まれた遊水室内に水塊の上下動を作ることが必要である。その場合、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が連続的に変化し合計発電力の変動を抑えることができる、一定の長さの海岸線に対して多数の波力発電装置を稼働し高出力を得ることができる、などの優位性をもつ。

3. 本方式の概要と力学モデル

3.1 構成と稼働の概要

本論文で検討するラックアンドピニオン方式を図-1に示す。この方式はフロート、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、水面の上下動をシャフトの上下動、ラックアンドピニオンによる動力変換により回転動力を獲得し発電する。

3.2 力学モデル

力学モデルは、フロートの無負荷・静止状態での釣合式、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、次に示す。

3.2.1 フロートの無負荷・静止状態での釣合式

これはフロートに作用する重力と浮力の釣合式で、

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

ここで M_f : フロートの質量, g : 重力加速度, ρ_w : 水の密度, d_f : フロートの直径, h : フロート喫水深。

3.2.2 稼働状態でのフロートの運動方程式

稼働中はフロートが一部没水、全没水、宙吊りのケースが生じるが、ここでは正常な一部没水状態の稼働について示す。このとき運動方程式は、

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

ここで, x_f , x_w : フロートおよび水位の無負荷・静止位置からの上昇量, T : 動力伝達軸の軸力(張力), H_f : フロート高さ。

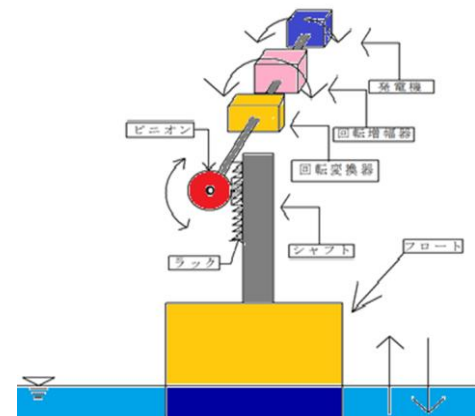


図-1 浮体-ラックアンドピニオン方式

3.2.3 回転体の運動方程式

回転体の運動方程式は、

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

キーワード 沿い波型, ラックアンドピニオン

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL0836-85-9353

ここで、 θ ：ピニオンの回転変位角、 I ：回転系の慣性モーメント、 C ：機械系の減衰係数、 τ ：ピニオンが発電機を回すためのトルク、 R_p ：ピニオン半径。

3.2.4 発電機関連の力学

トルク τ と回転速度の関係は、

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

ここで、 G ：ギア比、 k_τ ：トルク係数、 k_e ：誘導発電係数、 r ：負荷抵抗。

3.2.5 最終的な計算式

最終的な計算式は、 θ に関するもので、

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

3.2.6 計算条件

波の条件波は基本的なものとして式(6)の正弦波を与える。また初期条件を(7)として与える。

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

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

4. 計算結果

計算は以前のつるべ式装置との比較の都合からこれと同様の諸元¹⁾として表-1の値を用いて行った。

フロートの各変位を図-2に示す。つるべ式(間欠)、本方式(間欠)では浮体が平均水面より上方を中心として運動をし、本方式(常時)では平均水面を中心として運動する。各発生電力を図-3に示す。本方式(常時)は本方式(間欠)、つるべ式(間欠)に比べ安定している。また本方式はつるべ式に比べ一部没水状態のみが多くなり、その時の発生電力がつるべ式より大きい。

5. 結語

以上、本研究では現地での実施の便宜のため、浮体とラックアンドピニオンを連結したシステムの力学検討した。計算の結果、つるべ式より発生電力が優れることがわかった。

参考文献

- 1) 羽田野袈裟義, 種浦圭輔, 渡邊誠, 中野公彦, 斉藤俊, 松浦正巳: 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

表-1 諸元

名称	諸元	記号と単位	数値
フロート	質量	M_f (kg)	1680
	直径	H_f (m)	2
	高さ	D_f (m)	0.7
	喫水率	r_s	0.5714
駆動プーリ	半径	R_m (m)	0.18
	慣性モーメント	I (kg・m ²)	1.2348
増幅器	ギア比	G	41.36
発電機	誘導発電係数	k_e (V/rpm)	0.7963
	トルク係数	k_τ (N・m/A)	1.2838
	負荷抵抗	r (Ω)	0.666
機械部分	粘性減衰係数	C (N・m・s)	1470
波	周期	T (s)	4
	波高	H (m)	0.27
重力加速度		g (m/s ²)	9.8
海水の密度		ρ_w (kg/m ³)	1025
カウンターウェイト	質量	M_c (kg)	150

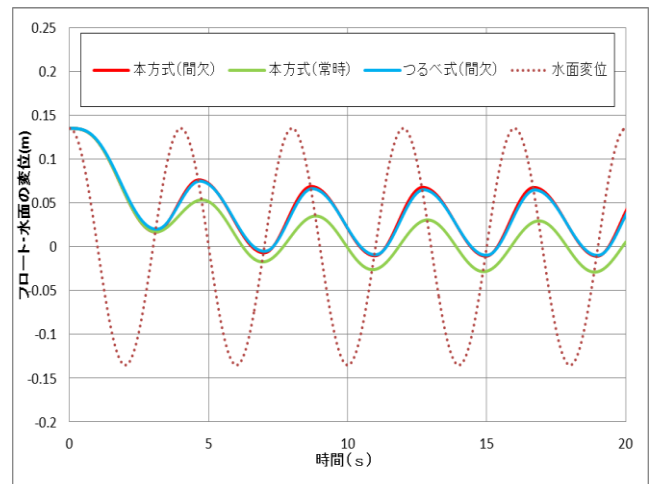


図-2 フロートの変位

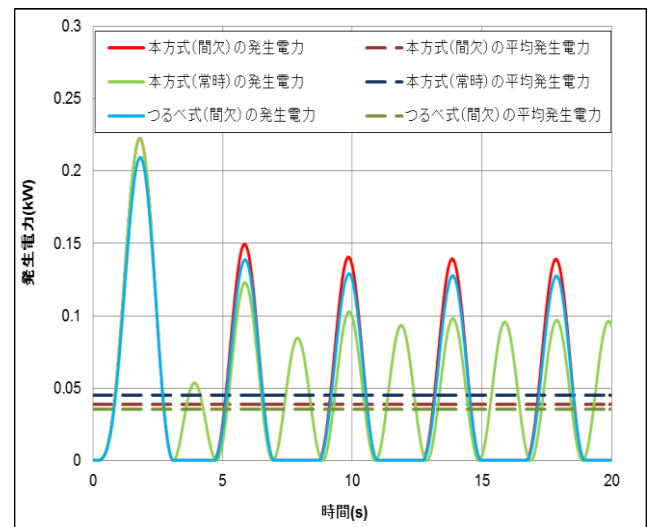


図-3 発生電力