

## PW-OWC 型波力発電浮体の波漂流力の特性に関する基礎的研究

## A Fundamental Study on Characteristics of Wave Drift Force of PW-OWC Type Wave Power Generation Floating Body

宮武竜希<sup>1</sup>, ○居駒知樹<sup>1</sup>, 増田光一<sup>2</sup>Ryuki Miyatake<sup>1</sup>, \*Tomoki Ikoma<sup>1</sup>, Koichi Masuda<sup>2</sup>

Abstract: In designing a mooring, it is essential to clarify the characteristics of wave drift forces. Wave drift force is a horizontal, steady force acting on a floating body due to waves. It is well known that the steady wave drift force acts on a floating body in regular waves, while the fluctuating wave drift force acts on a floating body in irregular waves. The wave drifting force acting on a floating body is calculated based on the far-field method, which is based on the Kochin function (amplitude function) of divergent and scattered waves in the far field, instead of integrating over the surface of the body, using the law of conservation of momentum.

## 1. 諸言

近年、欧州を中心に波力発電装置の見直しが行われ、実用化にむけた研究が進められている。再生可能エネルギーは様々だが、日本は世界第6位のEEZ(排他的経済水域)を有していることから、膨大な海洋エネルギーの賦存量が期待される。このことから、将来的な海洋再生可能エネルギーのさらなる拡大を考慮すれば日本でも波力発電装置の研究は必要不可欠である。波力発電装置は、振動水柱(Oscillating Water Column: OWC)型、可動物体型、越波型に大別されるが、本研究では振動水柱型について取り上げる。この装置は空気室内の水面が上下に振動することによって空気室天板に開けられたノズルから空気が流出入りする。この空気流で発電タービンを回すことで発電を行う装置である。浮体を扱うには、係留システムの安全性が重要である。係留設計をする上で、波漂流力特性を明確することは必要不可欠である。波漂流力は、波により浮体に作用する水平方向の定常的な力であり、規則波中では定常波漂流力が、不規則波中では変動波漂流力が浮体に作用することが良く知られている。波漂流力の計算は、運動量保存則を用いて、物体表面を積分する代わりに遠方における発散波及び散乱波のKochin関数(振幅関数)から算定する遠場法と、構造物に作用する圧力を直接積分することで、定常波漂流力を算定する近場法がある。本研究では遠場法に基づいて浮体に作用する波漂流力を算出する。

## 2. 既存研究

茂筑ら[1]は、ムーンプールを有するポンツーン型浮体の波漂流力特性について系統的な計算を行い、ムーンプールが4つの場合のSway方向の波漂流力で広い周波数範囲で負の波漂流力が確認されたことを報告している。一方、今井ら[2]は、BBDB(後ろ曲げ

ダクトブイ)に作用する漂流力について実験によって、負の漂流力を計測し、その原因は上下揺れ、縦揺れの組み合わせであることを示した。桑田ら<sup>3)</sup>は、ダンピング係数の違いによる運動特性および1次変換係数の変化について系統的な計算を行い、運動の影響を考慮した条件でダンピング係数が $10^4$ のオーダーにおいては入射波角度の変化による影響は浮体後方からの入射で最大になることを明らかにし、PWのさらなる有効性を示した。このように、PW-OWC型波力発電装置の研究では、PTO(パワーテイクオフ)のための負荷を決定するダンピング係数の取り扱いを合理的にすること、入射波角度に対して1次変換係数の冗長性が高いことを定量的に示すこと、浮体システムとして、運動した場合の影響について著者等は示してきた。しかしながら、係留設計において重要な波漂流力特性について明確にすることが残された課題である。また、茂筑及び今井の論文から振動水柱に負荷を与え場合に波漂流力がマイナスの値を示す場合があることが示唆されている。浮体式PW-OWCの波漂流力に関して水槽実験と数値計算の両面からその特性を明確にする研究は、著者らの知る限りないのが現状である。

## 3. 研究目的

前章の考察をふまえて、本研究では、波漂流力特性を明確にし、1次変換係数との関係を理解するために、以下のことを明らかにすることを研究の目的とする。

- (1) 水槽実験と数値計算をもとに浮体式PWOWC発電装置に作用する波表漂流力特性を明確にする。
- (2) 波漂流力特性の1次変換係数への影響について考察する。
- (3) (1)の成果を安全性の高い係留設計の反映させる手段を考察する。

1: 日大理工・院(前)・海洋建築 2: 日大理工・教員・海洋建築 3: 日大理工・教員・海洋建築

4. 理論計算

4.1 計算モデル

本研究では、波漂流力特性が1次変換係数への影響を検討するために系統計算を行う。図1に計算モデルの平面図と断面図を示す。このモデルは 大森ら<sup>4)</sup>が用いたモデルを基本としており、より高い1次変換性能が確認されている。図2に PW-OWC 型波力発電装置の計算モデルメッシュを示す。

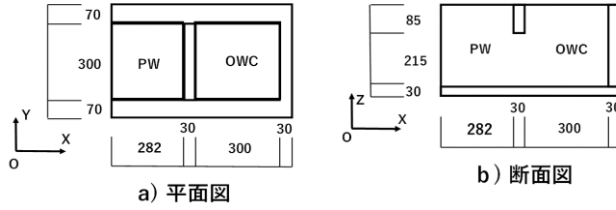


図1 計算モデル (unit: mm)

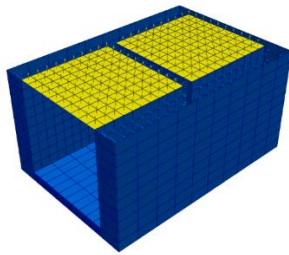


図2 計算モデルのメッシュ分割

4.2 波漂流力

波漂流力は先進速度を持たない海洋構造物において、波により浮体に作用する水平方向の定常的な力のことである。波漂流力の解析手法として、運動量理論を用いて遠方の Kochin 関数を積分による方法と摂動法により物体表面の圧力を直接 積分する方法がある。本研究では、前者の運動量理論による方法を適用する。波漂流力の評価式は次式である。

$$F_x = \frac{\rho K^2}{8\pi} \int_0^{2\pi} H \cdot H^* (\cos \chi - \cos \theta) d\theta \quad (1)$$

$$H = \iint_{S_H} \left( \frac{\partial \phi}{\partial x} - \phi \frac{\partial}{\partial x} \right) \exp[ik(\xi \cos \theta + \eta \sin \theta)] dS \quad (2)$$

ここで、 $\chi$  は x 軸方向から見て波が s 散乱していく角度を表す。 $H$  は散乱波と発散波を合計したポテンシャルに関する Kochin 関数であり、 $*$  は複素共役を表す。

5. 結果、考察

図3に PW-OWC 型波力発電装置に作用する波漂流力 (surge 0 度入射, 負荷なし, 負荷あり) のグラフを示す。図4に OWC 型波力発電装置に作用する波漂流力

(surge 180 度, 負荷なし, 負荷あり) のグラフを示す。0 度入射、180 度入射ともに負荷ありの方が漂流力は低減していることがわかる。0 度入射、180 度入射ともに負の波漂流力が出ているため今後、実験と比較を行い考察を行っていく

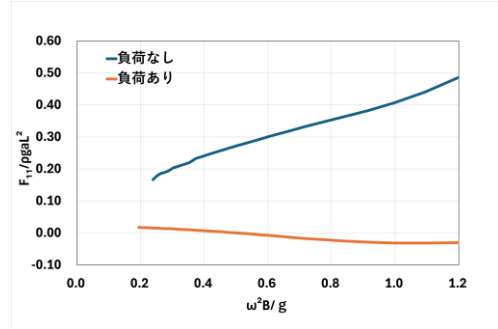


図3 PW-OWC 型波力発電装置に作用する波漂流力 (surge 0 度入射, 負荷なし, 負荷あり)

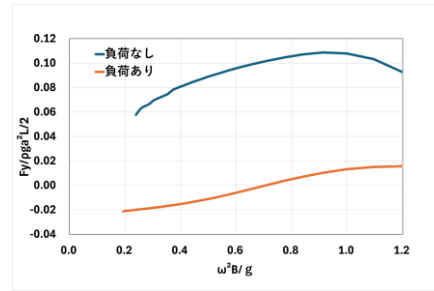


図4 OWC 型波力発電装置に作用する波漂流力 (surge 180 度, 負荷なし, 負荷あり)

6. 参考文献

- [1] 茂筑雄大, 居駒知樹, 相田康洋, 増田光一: 2点波なし形状の流耐力と運動応答についての考察, 日本沿岸域学会, 研究討論会, 2022
- [2] 今井康貴, 永田修一, 豊田和隆, 村上天元: 規則波中における後ろ曲げダクトブイ型波力発電装置の1次変換性能に関する実験的研究, 日本船舶海洋工学会論文集, 第19号, pp.79-88, 2014.6
- [3] 桑田愛理, 居駒知樹, 譚雷: 浮体式 PW-OWC 型波力発電装置の1次変換特性に与えるオリフィス負荷の影響に関する研究, 日本船舶海洋工学会, 2024
- [4] Ikoma T., Masuda K., Omori H., Oswa H. and Maeda H., "Improvement of Wave Power Take-Off Performance Due to the Projecting Walls for OWC Type WEC," Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2013), OMAE2013-10384, ASME, 2013