

**振動水柱型波力発電装置の空気室形状と縮尺の違いが
空気室特性に与える影響に関する実験的研究**
An Experimental Study on Effects of the Difference in
Air Chamber Shape and Scale of OWC type WECs

○平井翔太¹, 居駒知樹², 相田康洋²

*Shota Hirai¹, Tomoki Ikoma², Yasuhiro Aida²

Many researches regarding wave energy converters (WECs) have been conducted. The behavior of the oscillating water column of the oscillating water column-type wave power generator has some problems because it is a complex coupled system including wave-air-turbine interactions. One of them is that the effect of the difference in scale between the small experimental model and the actual machine is not clear. In this study, we performed a forced oscillation experiment using multiple scale and shape OWC models, and measured the pressure fluctuation inside the air chamber and the internal mean water level fluctuation. The scale of the experimental model used was a 1/1, 1/2, 1/4 box-shaped model and a model having a manifold shape. As a result, it was confirmed that the difference in scale and shape affected the characteristics of the air chamber.

1. 緒言

振動水柱 (OWC) 型波力発電装置 (Wave Energy Converter: WEC) は、波力発電装置の一つである。OWC 型波力発電装置には、波パワーから空気パワーへ変換する一次変換と、空気パワーからタービンを回して電力を獲得する二次変換がある。OWC 型波力発電装置は、振動水柱と、その上部の空気室、タービンダクトから成っている。OWC の挙動は波そのものにとらえることができ、その挙動は空気室内の気圧の影響を強く受ける。OWC 型波力発電装置は、OWC の挙動、空気室内の気圧、タービン負荷が相互に影響しあう非常に複雑なシステムである。空気は水に比べて圧縮が比較的容易であるため、空気室内の空気の動的挙動は複雑になる。本研究では縮尺や形状の異なる空気室模型を使用して強制動揺実験を実施し、空気室の形状や縮尺の違いが空気室特性にどのような影響を与えるかを調査した。研究目的は空気室の形状による影響と縮尺影響を調査することである。

2. 模型実験

OWC 型波力発電装置の空気室特性を調べるために複数の縮尺や異なる形状の空気室模型を使用して静水中強制動揺実験を行った。海洋工学水槽の規模は、長さ 24m, 幅 7m, 常用水深 1.0m であった。縮尺や空気室容積の違いによる影響を見るために、type A, B, C という三つの縮尺の模型を用意した。本研究では、type A を基準とするため 1/1 スケールと設定して、type B は 1/2 スケール、type C を 1/4 スケールと設定した。

表 1 に箱型空気室模型の模型諸元および事件条件を示す。さらに、空気室の形状の違いによる影響を調べるため、type A, B, C に対してそれぞれ一つずつのマニホールドタイプの模型を使用した。マニホールドタイプ空気室模型は箱型模型と空気室容積が等しくなるよう設計した。箱型空気室内の圧力は、空気室の上壁と側壁に取り付けられた二つの圧力センサーで計測され、平均水位は模型中央に取り付けられた楕形容量式波高計によって計測された。マニホールドタイプ模型の空気室内圧力は空気室上面とノズル先端部付近に圧力センサーを設置した。

Table 1 Model specifications and experimental conditions

	Type A	Type B	Type C
Scale: 1/S	1/1	1/2	1/4
Draft d [mm]	400	200	100
Height of body HA [mm]	400	200	100
Amp. of forced oscillation ζ [mm]	80	40	20
Period of forced oscillation T [second]	1.10 to 3.63	0.78 to 2.56	0.55 to 1.81
Orifice ratio	1/100	1/100	1/100

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 日大理工・教員・海建

3. 結果および考察

3.1 形状の違いによる影響

箱型空気室模型とマニホールドタイプ空気室模型を使用して、空気室の形状が空気室内特性に与える影響を調査した。マニホールドタイプ空気室模型の容積は箱型空気室模型の容積と等しいため、マニホールドタイプ空気室模型と箱型空気室模型と比較した。オリフィス比はどちらも $\varepsilon = 1/100$ である。図5は空気室内部圧力と平均相対水位の結果を示している。圧力センサーは箱型模型では上壁と側壁の二箇所、マニホールドタイプ模型では上壁とマニホールド部分の中央に設置されている。横軸は重力加速度 g と模型長 L で無次元化された角周波数 ω で示されている。結果としてマニホールドタイプ模型の内部圧力は箱型模型よりも小さく、平均相対水位は箱型模型よりも大きくなった。これは箱型模型では空気の流出入の際にオリフィスによって空気室内の水面にかかる負荷が大きいのに対して、マニホールドタイプでは水面にかかる負荷が小さくなるため、圧力は小さくなり、空気流量が大きくなっていると考えられる。

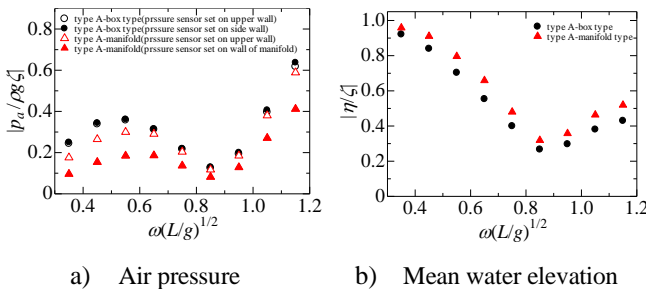


Fig. 1 Comparison of 1st-order amplitude due to difference in air chamber configuration of type A

3.2 箱型空気室における縮尺の影響

図6は箱型空気室模型における縮尺の違いによる影響を示している。空気室内圧力変動と空気室内相対水位はどちらも無次元周波数が0.85で値が大きく落ち込んでいるが、これは振動水柱の固有周波数に相当する点である。空気室内圧力変動は固有周波数よりも低い周波数ではType Aの値が最大となるが、固有周波数より高い周波数では傾向が逆になっていることが確認される。この原因としては空気室内圧力変動と相対水面変動の間の位相差が振動水柱の固有周波数の前後で反転していることが考えられる。

3.3 マニホールド型空気室における縮尺の影響

図7はマニホールド型空気室における縮尺の違いによる影響を示している。Type A, B, Cのいずれにおいてもノズル先端部付近での圧力は空気室内部の圧力より

も低下していることが確認できるが、縮尺が大きいほどその差が大きくなる。箱型空気室とマニホールド型空気室では形状が異なることにより縮尺の違いが空気室内特性に与える影響の傾向や程度に違いがみられる。

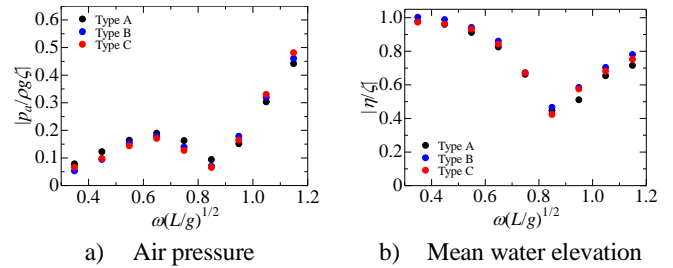


Fig. 2 Comparison of 1st-order amplitude due to difference in scale of box-type air chamber

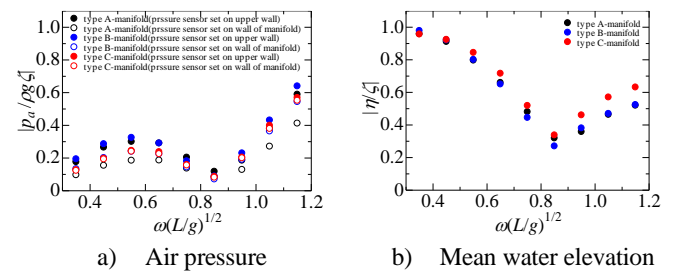


Fig. 3 Comparison of 1st-order amplitude due to difference in scale of manifold-type air chamber

4. 結言

本研究では、3 type の縮尺での複数の容積と形状を持つ OWC 模型を使用した強制動揺実験の結果について議論し、以下の結論を得た。

- マニホールド形状空気室模型では箱型空気室模型より空気室内圧力変動量が低下する
- 空気室の形状によって縮尺の違いによる影響の傾向が異なる
- 箱型形状空気室における縮尺による影響は、振動水柱の固有周波数の前後で傾向が異なる
- マニホールド形状空気室では空気室内部とダクト部での圧力に違いがあるが、縮尺によってはその影響の大きさが異なる

5. 参考文献

- [1]. Falcao A.F. and Henriques J.C., 2016, "Oscillating-water-column wave energy converters and air turbines: A review," *Renewable Energy*, Vol. 85, pp.1391-1424.
- [2]. Kinoshita T., Masuda K., Miyajima S. and Kato W. 1985, "Effects of air compressibility in an air-chamber on a performance of a fixed O.W.C. Type Wave Energy Absorber," *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, Vol.157, pp.211-216, <https://doi.org/10.2534/jjasnaoe1968.1985.211>
- [3]. Ikoma T., Kihara Y., Hirai S., Aida Y., Masuda K. and Eto H., 2019, "A Basic Study on Influence of Airchamber Volume on OWC Models to Power Conversion Performance," *Proceedings of the ASME 2019 38th International Conference on OMAE2019*, ASME OMAE201995925.