

振動水柱型波力発電装置の空気室体積が発電効率に及ぼす影響

東北大学大学院 学生員 ○千村 広介
 五洋建設(株) 正員 佐藤 英資
 東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

振動水柱型波力発電装置では、空気室内の水面変動によって生じる空気流をいかに効率よく取り出すかが重要な課題である。波浪エネルギーは不滅のエネルギー源としての特徴があるがエネルギー密度が薄いため、可能な限りエネルギーの変換行程を高い効率で行う必要がある。本研究では、エネルギー変換効率に影響を与えると考えられる波力空気室の高さに着目し、模型実験および数値実験により空気室体積が効率にどのような影響を及ぼすのか明らかにするとともに、整流弁を設けていない一般的な振動水柱型波力発電装置の効率特性を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

(1) 模型実験の装置および方法

実験装置の概略図および測定点を図-1に示す。長さ6.7m、幅0.3m、深さ0.3mの造波水路を使用して実験を行った。波力空気室の奥行き、幅はそれぞれ25cm、30cm一定として、高さ h を20, 30, 40, 60cm、ノズル面積を1, 2, 4, 6, 8cm²と変化させた。入射波の周期は1.50秒、波高 H を0.017, 0.026, 0.036mと変化させ、水路での波高 H_1 , H_2 、空気室内の水面変動 H_3 を容量式波高計で、空気室内の圧力変動 P を歪式圧力計により測定した。100Hzで20秒間サンプリングし、記録したデータから5波分に対して位相平均化処理を行い解析に用いた。

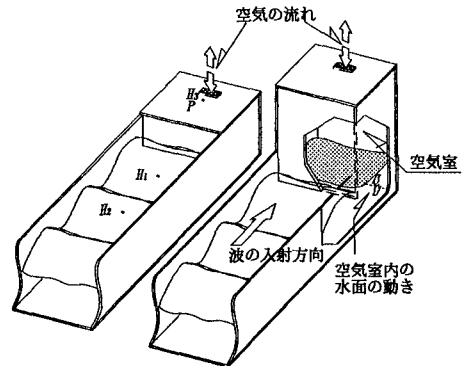


図-1 実験装置概略図

(2) 数値実験の方法

入射波に対する空気室内の応答を、粘性減衰のある場合の強制振動系で、空気室に関しては、空気質量の保存則、熱力学第一法則、気体の状態方程式が成り立つと仮定して定式化されたものを用いた。模型実験と同じ条件で数値計算を行い、模型実験の結果と比較した。

3. 実験結果および考察

ノズル比と入射波の反射率、パワー効率の関係を図-2、図-3に示す。ここでノズル比とは空気室水面積に対するノズル面積の比を表している。また、エネルギー変換効率をパワー効率として、波の入射パワーに対するノズルを通過する空気の出力量の割合として求め、反射率は入・反射波の分離推定法¹⁾を用いて模型実験の結果から算出した。

図-2から、反射率が最小となるノズル比の存在が確認できる。また、入射波高が増大すると、反射率が最小になるノズル比が大きくなる傾向がみられる。図-3中の点は模型実験の結果を示し、線は計算結果を示す。計算結果は波高が大きい場合ノズル比0.005以上で誤差が大きくなっているが、実験値の傾向をよく表しているといえる。効率が最大となる最適ノズル比が存在し、最適ノズル比はこの条件で0.005程度である。また、入射波高が増大すると、最適ノズル比も大きくなる傾向がみられ、反射率と効率は互いによく似た傾向を示している。

Key Words : 波力発電, 効率, 反射率, 空気室体積

連絡先 : 仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻水環境システム学講座 Phone 022-217-7515

反射率と効率の関係を調べるために、波の入射パワー W_i が、空気出力パワー W_o と反射パワー W_r とその他の損失パワー W_l に変換されたと仮定する。図-4は縦軸に $(W_o + W_r)/W_i$ を取ったもので、ほぼ1の値を示していることから、入射パワーが空気出力パワーと反射パワーにのみ変換されたといえる。 $(W_o + W_r)/W_i$ は反射率 K_r と効率 η で

$$(W_o + W_r)/W_i = \eta + K_r^2 \cong 1$$

と表すことができる。したがって反射率を最小にすると効率が最大になることが確認できた。なお $(W_o + W_i)/W_i$ が1を越えているのは実験誤差と考えられる。

図-5は、模型実験から得られたノズル比0.0053の場合の空気室高さとパワー効率の関係を示したものである。各波高で若干効率のピークがみられ、また波高が高くなるにつれて空気室高さも高くした方が効率が良くなる傾向がみられるが、実験誤差も考えられ、変化もわずかである。計算結果では変化はほとんどみられなかったことから、今回の条件では空気室の高さがエネルギー効率に与える影響は小さいと結論できる。

4. まとめ

今回の実験で、空気室体積がエネルギー効率に対して与える影響は小さいことが確認された。したがって空気室を設計する際は、空気室内の水面が天井に当たらない程度の空気室高さを取れば効率には関係ないことがわかった。また、入射波の反射はエネルギー変換効率に対して影響を与えており、反射率を抑えることでエネルギー変換効率は向上することがわかった。

参考文献

- 1) 合田良実, 鈴木康正, 岸良安治, 菊池 治: 不規則波実験における入・反射波の分離推定法, 港湾技研資料, No.248, 1976.
- 2) 小島朗史, 鈴木諭司, 合田良実: 波力発電ケーソンの空気出力に関する理論および実験, 第30回海岸工学講演会論文集, pp.638-642, 1983.

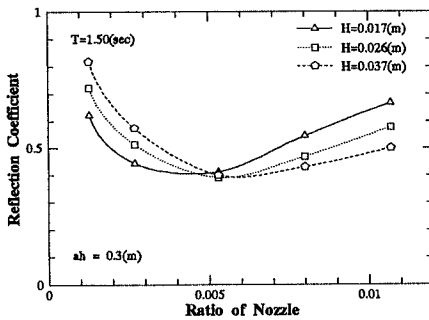


図-2 ノズル比と反射率の関係

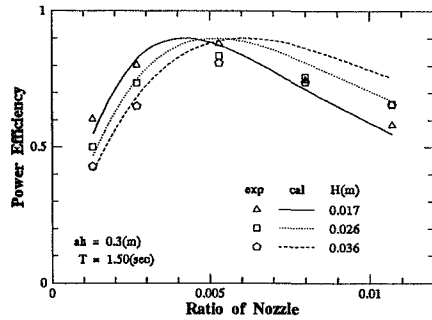


図-3 ノズル比とパワー効率の関係

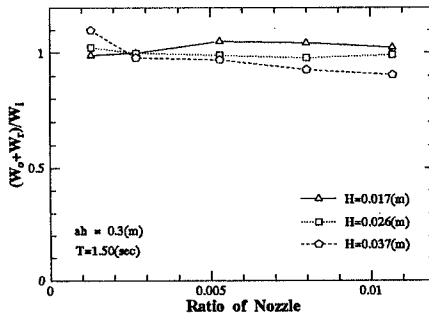


図-4 反射率と効率の関係

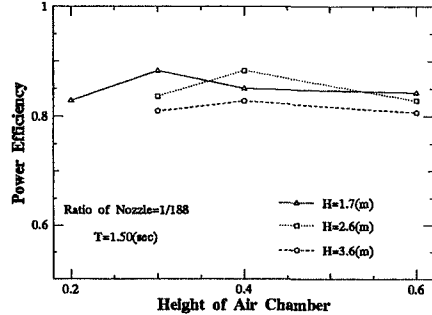


図-5 空気室高さと効率の関係