

II-15

水弁集約式波力発電システムの連成集約効果

東北大学大学院 学生員 ○千村 広介

東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

水弁集約式波力発電システムの特徴のひとつに、空気室を連成することによる空気流の集約効果が挙げられる。このシステムは複数の波力空気室で得られる往復空気流を、空気の流れによって開閉する水弁を用いて整流し、一方向に空気を集約し、一基の発電用衝動タービンを回転させる方式である。本研究では、連成なし、2連成、4連成の場合のシステム全体の効率特性を模型実験と数値実験によって求め、空気室を連成することがシステムに対してどのような影響をおよぼすか検討する。

2. 数値計算モデルについて

入射波に対する波力空気室の応答については、粘性減衰がある場合の強制振動系で定式化をおこなっている。波力空気室、水弁室、排気・吸気ダクト内では、空気質量の保存則、熱力学第一法則、気体の状態方程式がそれぞれ成り立つと仮定して定式化をおこなう。水弁を通過する空気流量については、水弁前後の圧力差で決定するものと仮定し、模型実験を別途おこない、その結果から算出した実験式をモデルに用いている。

3. 実験装置・実験方法

図-1に実験装置の概略を示す。本実験は、水路長7m、水路幅0.3mの造波水路を最大4本使用している。各水路には空気室および水弁がひとつずつ設置されており、使用する水路数を1本、2本、4本と変化させ、排気・吸気ダクトによって空気流を集約することで連成数を変化させている。水路での波高と、空気室内の水面変動を容量式波高計で、空気室内と排気・吸気ダクト内の圧力変動を歪み式圧力計によって測定し、システムの効率を、入射パワーに対するノズルより出力する空気流のパワーの割合として求めている。入射波の波高を2.2cm～4.1cm、周期を1.5秒、水深を18cm、静水時の水弁の水没深を5mmとし、各水路ごとの位相差を 0° ～ 180° と変化させて実験を行っている。

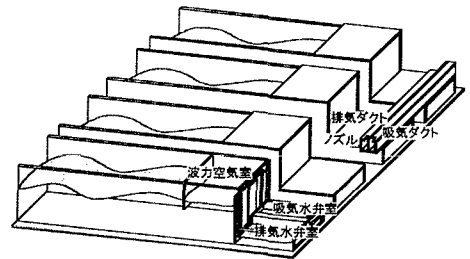


図-1 模型実験装置概略

4. 実験結果および考察

4.1 連成なしの場合

図-2に連成がない場合のノズル比とパワー効率を示す。図中の点は実験結果を、線は計算結果を表している。連成なしのケースでは入射波高のみを4.1cm、3.2cm、2.2cmと変化させている。計算結果は実験結果の傾向をよく再現しているものといえる。入射波高が小さくなると、パワー効率が明らかに低下する傾向がみられる。入射波高が小さくなると空気室内の水柱に作用する波圧も小さくなり、そのため空気室内の気圧が高まり始め、水弁のシールを破り空氣が流出できるようになるまでに時間がかかる。入射波の周期は常に一定であるから、この流出開始までの遅れが空氣の流出量を減少させ、パワー効率を低下させたものと考えられる。同様の理由で、水弁の水没深を深くしていけば、大きな波に対しても整流弁として機能するものの、効率は低下することが予想される。

4.2 2連成の場合

2連成の場合のノズル比とパワー効率の関係を図-3に示す。2連成のケースでは入射波高を4.1cmに固定して、入射波の位相差を 0° 、 45° 、 90° 、 180° と変化させている。位相差が 0° と 180° のときの効率はほぼ同じで、 45° 、 90° のとき効率が低下している。位相差が 45° 、 90° の場合、空気室1に先に波が入射するので、そこから送られた空気流によって集約ダクト内の圧力が高まり、空気室2の排気側水弁の水面が反対方向

から押し込まれ、空気室 2 の空気流が水弁を通過しようとするときには水没深が大きくなった状態となっている。そのため深くなった水弁シールを破って空気流を排気しなければならなくなり効率が低下するものと考えられる。

4.3 4 連成の場合

4 連成の場合のノズル比とパワー効率の関係を図-3 に示す。4 連成のケースでは入射波高を 4.1cm に固定して、入射波の位相差を 0° 、 45° 、 90° と変化させている。位相差が 0° 、 90° のとき効率が高くなるのがわかる。2 連成の場合にもあてはまるが、水路の両端で位相差の合計が 0° 、 $360^\circ \dots$ となるような、すべて空気室で同じ条件となるときに効率がよくなることがわかる。

4.4 連成集約効果

図-2～図-4 をみると、位相差 0° の場合、連成数を増やすと最大効率は若干ではあるが低下している。これは、集約ダクトの体積が影響しており、その体積を調整することで効率の低下を防げるものと考えられる。また、連成が増えてくると、位相差によって最適ノズル比の位置、すなわち最も効率の高くなるノズル面積が大きくずれてくるのがわかる。連成数、位相差が異なると一度に送りこまれる空気流量の差が大きくなるためであると考えられる。図-5 に連成数による出力パワーの変化を示す。連成数が増えれば増えるほど、空気室全体で得られる空気流量が大きくなるので、出力パワーも大きくなるのがわかる。

5. まとめ

連成数を増やした場合、実海域のような不規則な入射波に対してなるべく高い効率を維持するためにどのような対処をすればよいか課題が残る。しかし、連成数を増やせば増やすほど当然出力パワーは大きくなり、出力される空気流量が大きくなれば、小型の発電用タービンでも運転が可能となりコスト的に有利である。また、発電用タービンにおける効率も高くなるものと考えられ、実用性を考えれば、ある程度の連成が必要であると結論できる。

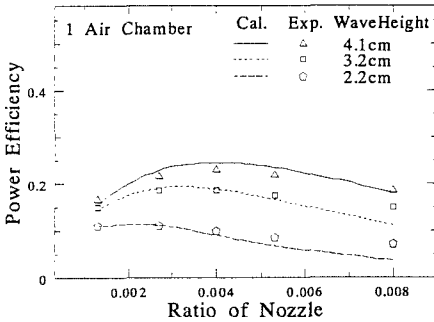


図-2 ノズル比とパワー効率の関係 (連成なし)

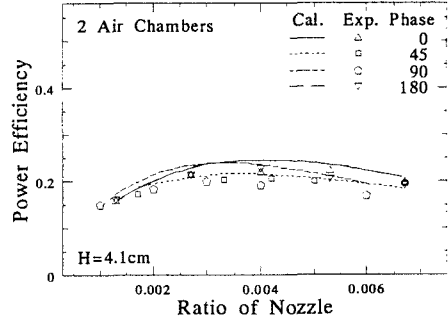


図-3 ノズル比と効率の関係 (2 連成)

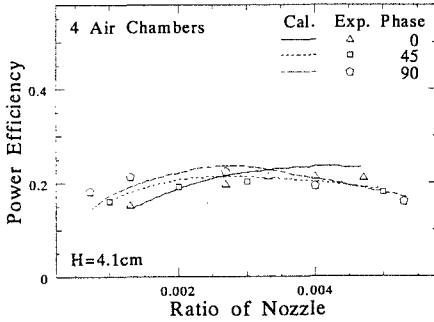


図-4 ノズル比と効率の関係 (4 連成)

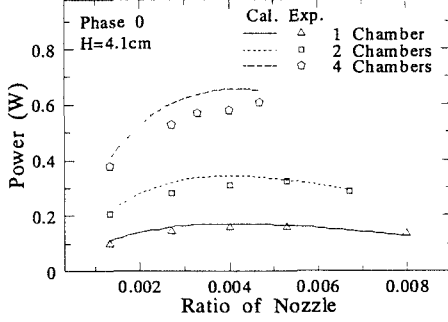


図-5 ノズル比とパワーの関係