

(財)電力中央研究所

正員○津旨 大輔

東北大学工学部

正員 沢本 正樹

東北電力(株)技術研究所

渡部 國也

1 はじめに 本研究では流体力学的な特性を利用した水弁を空気整流装置として用いた波力発電装置を取り上げる。この水弁は整流弁としての役割と同時に調圧弁としての役割も持つ。また機械的可動部を持たないのでメンテナンスが容易であり、大規模集約化が可能である。以上のような利点を持つが、その効率特性に関してはまだ明らかにされていない。そこで、波力発電装置に対する波の入力による波力空気室での水面変動をピストンにより代表させた装置について、水弁の効率特性について、模型実験、数値実験を通じて考察する。

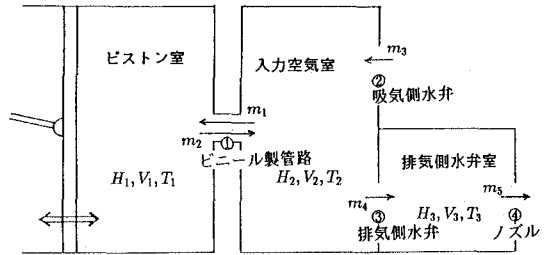


図-1 装置概念図

2 実験方法 模型実験及び数値実験に用いた装置の概念図を図-1に示した。ピストン室に対して、ピストンによる振動空気流を入力し、排気側、吸気側水弁によって振動空気流を一様空気流に変換した。模型実験においてはこの際の水弁前後での圧力 P_1 、 P_2 を歪式圧力計により測定した。実験ケースとして、この時のピストンの振幅及び周期を変化させることにより、ピストンのゼロ位相時の最大速度を変化させた。また、数値実験においては、模型実験によって得られた水弁の損失特性の回帰式と、各空気室毎に質量の保存則、エネルギーの保存則が成り立つとした連立常微分方程式の数値モデルをルンゲクッタ法により解き、排気側ノズルの通過空気質量、各空気室の圧力を求めた。

3 実験結果及び考察 模型実験により求めた圧力 P_1 、 P_2 により水弁における損失水頭 H を求めた。無次元化した圧力損失水頭を縦軸に、無次元化した水弁を通過する空気の流れ速度を横軸にとったものを図-2に示す。○が模型実験による結果である。これに対する回帰直線を同時に示す。最大流速が大きくなればなるほど水弁における損失も大きくなっている。また、この回帰式は次の式-1のようになる。

$$\frac{H}{d} = 0.12 \left(\frac{v}{\sqrt{2gd}} \right)^{0.27} \dots\dots\dots (1)$$

この回帰式を数値モデルに組み込んで計算した結果を図-2に●で示した。当然ながらよい一致を示している。また図-3に横軸に時間、縦軸に圧力水頭をとったグラフを示す。微小な変化を再現することはできなかったが、周期的な変動をよく表わすことが出来た。さらに図-4に空気を非圧縮性流体と仮定し、連続の式により求めたノズルでの空気流速と、空気の圧縮性を考慮し数値計算によって求めた空気流速を比較する。圧縮性を考慮した時の流速の方が若干小さいが、よい一致を示している。ここでは空気に対する圧縮性の考慮は余り必要ではないといえる。

この数値実験によって得られた結果より、この装置におけるパワー効率についても調べた。入力パワーEP及び出力パワーEAの算定は次の式-2、式-3により行った。

$$EP = \frac{1}{T} \int_0^T P_1 v_1 A_p dx \dots\dots\dots (2) \quad EA = \frac{1}{T} \int_0^T P_3 \frac{m_5}{\rho_3} dx \dots\dots\dots (3)$$

ここで T は時間、 P_1 入力空気室の圧力、 v_1 はピストンの速度、 A_p はピストンの断面積、 P_3 は排気側水弁室の圧力、 m_5 は排気側ノズルを通過する空気質量、 ρ_3 は排気側水弁室での空気の密度である。これにより求められたパワー効率を縦軸に、水弁を通過する空気の流れ速度を横軸にとったグラフを図-5に示す。○はノ

ズル断面積が 3.14cm^2 の時の結果である。水弁を通過する空気流速が大きくなるにつれ、水弁のパワー効率は良くなっている。これは水弁前後の空気の持つパワーが大きいために水弁が開きやすくなり、効率が良くなるためだと考えられる。またノズル断面積を変化させた際には、そのノズル断面積を小さくしたときに、水弁前後での空気の持つパワーが大きくなり、効率が良くなるという結果が得られた。しかし、これは波力空気室内での水面変動をピストンにより代表させたときの結果であるので、実際のシステムに組み込む際には、水弁での空気流速の速さやノズルの断面積が負荷として働き、波力空気室内での水面変動を阻害すると考えられる。つまり、水弁での空気流速の速さや、ノズルの断面積はある最適値を持つはずであるので、実際のシステムに対する考察は別途必要である。

4 まとめ ピストンを用いた波力発電装置に対して、水弁の損失特性を実験の回帰式によって表わした数値モデルで、その模型実験を再現することは可能である。水弁での損失は、水弁を通過する空気流速が大きくなるにつれて増加する。しかし同時に、この水弁を通過する空気流速が大きくなるにつれ、水弁でのパワー効率も増加する。つまり水弁の効率を上げるためには水弁前後での空気の持つパワーを大きくすればよい。この改良はノズル断面積を小さくすることによっても可能である。

参考文献 沢本正樹、首藤伸夫、渡部國也、新嶋洋明：水弁を通過する空気流のエネルギー損失、土木学会論文集第375号、1986。

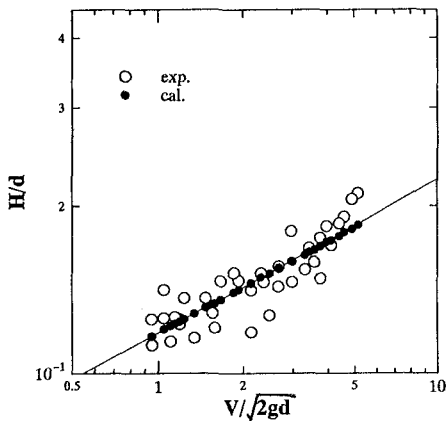


図-2 無次元圧力損失水頭

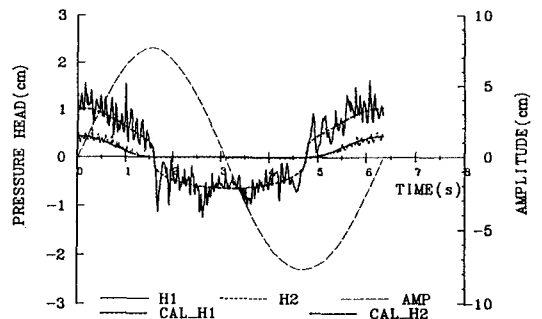


図-3 圧力損失水頭

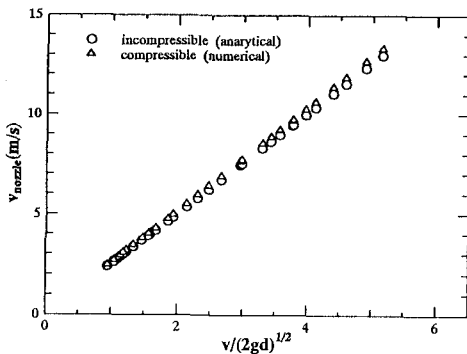


図-4 出力空気流速

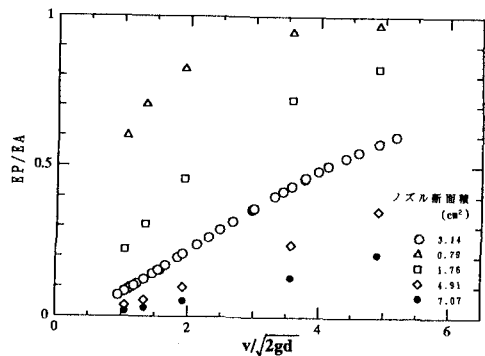


図-5 パワー効率