

II - 74

水弁式波力発電装置の効率特性に関する実験

東北大学大学院 学生員 ○津旨 大輔
 東北大学工学部 佐藤 栄司
 東北大学工学部 正 員 沢本 正樹

1. はじめに 水弁と呼ばれる流体力学的特性を利用した弁を、整流弁、調圧弁として用いた波力発電装置に対して、東北大学では、これまでに様々な研究を行ってきた。この装置における利点は、水弁が機械式可動部を持たないのでメンテナンスフリーである、複数の波力空気室に対する大規模集約効果がある、などである。しかし、この装置における効率特性について不明な点がある。特に、発電タービンによる負荷が水弁の効率を含む、全体の効率に対して多大な影響を与えていると考えられる。この発電タービンによる負荷を、この実験においてはノズルによる負荷として代用させ、このノズル断面積に対する全体の効率特性に対して、実験的考察を行った。

2. 実験装置および方法 実験装置概略図を図-1に示す。2本の造波水路の端に、それぞれ波力空気室を設置している。2つの入射波によって、それぞれの波力空気室内の水面が変動する。これによる振動空気流が水弁により整流され、排気、吸気両ダクトで集約され、それぞれ吸排気ノズルを通過する。この実験における測定点を、図-2に示す。この造波水路は、長さ7m、幅0.3m、高さ0.3mの亚克力製である。重複波の腹と節での水位変動 H_1 、 H_2 、波力空気室内の水位変動 H_3 、 H_4 を容量式波高計により測定した。また、2つの波力空気室内圧力 P_1 、 P_3 、排気側連成用ダクト内圧力 P_2 、吸気側連成用ダクト内圧力 P_4 を歪式圧力計により測定した。各値とも30Hzのローパスフィルターを通し、100Hzでサンプリングし、AD変換後ハードディスクに記録した。この実験で取り上げた入射波は、波高0.03m、周期1.53sで一定とした。考察に用いたサンプリング時間は、入射波がカーテンウォールに反射し、重複波となり、再び造波機で反射しカーテンウォールまで達するまでの6s間である。実験ケースは表-1に示す。ノズル断面積は表のように変化させた。吸気効率を上げる事により、全体の効率アップがはかれると考えたので、排気より、吸気側ノズルを大きくしたケースも取り上げた。本研究では、波力空気室断面積に対するノズル断面積の比を考察に用いる。ノズル比は、連成時の位相差により変わってくるので、入射波の位相差も変化させ、表-1に示したようなノズル比のケースを得た。

3. 実験結果および考察 測定された結果により、入射波の持つエネルギー EI 、入射波から反射波により逃がされるエネルギーを差し引いた入力エネルギー ET 、波力空気室内の水面変動の持つエネルギー EA 、ノズルを通過する空気流の持つ出力エネルギー EB をそれぞれ次式により定義した。

$$\begin{aligned}
 EI &= \rho_w g H_1^2 B C_G / 8 & ET &= (1 - K_R^2) \\
 EA &= \int_0^T (P_1 v_1 A_1 + P_3 v_3 A_3) dt & EB &= \int_0^T (P_2 v_2 A_2 + P_4 v_4 A_4) dt
 \end{aligned}$$

ここで、 ρ_w は水の密度、 g は重力加速度、 H_1 は入射波高、 B は水路幅、 C_G は群速度である。 K_R は波の反射率である。 v_1 、 v_3 は波力空気室内の水面変動速度、 A_1 、 A_3 は波力空気室断面積である。 v_2 、 v_4 は排気、吸気のノズルを通過する空気流速であり、これは v_1 、 v_3 から、空気の圧縮性を考慮した連続の式より求めた。 A_2 、 A_4 は排気、吸気のノズル断面積である。これにより求められた、波力空気室の効率 EA/ET を図-3に示す。ノズル比が小さくなるにつれ、効率が落ちている。これは、ノズル比の小ささにより、空気流が阻害され、各空気室の圧力が上昇し、波力空気室水面変動が抑えられるからである。水弁の効率 EB/EA を図-4に示す。ここでは、波力空気室の特性とまったく逆になっている。これは、ノズル比を小さくする事により、ノズルを通過する空気流の圧力、速度とも上昇したためである。これら、まったく逆の特性を持つ2つの効率を含む、全体の効率 EB/EI を図-5に示す。全体の効率はノズル比の小さいときは、波力空気室の効率が支配的であり、ノズル比の大きいときは水弁の効率が支配的である。つまり、全体の効率は各空気室内の圧力

が低く、空気流速が小さい時、水弁の効率に依存し、その逆の時は、波力空気室の効率に依存する。そのしきい値、つまり最大効率となるノズル比は1/350であった。また、吸気側ノズルの断面積を大きくする工夫により、逆に効率の低下がみられた。

4. 結論 ノズル比により、波力空気室の効率と水弁の効率は逆の特性を持つ。また、全体の効率は、ノズル比が小さいときには、波力空気室の効率に依存し、ノズル比が大きいときは、水弁の効率に依存する。そのしきい値となるノズル比は1/350で、この値で全体の最大効率となる。

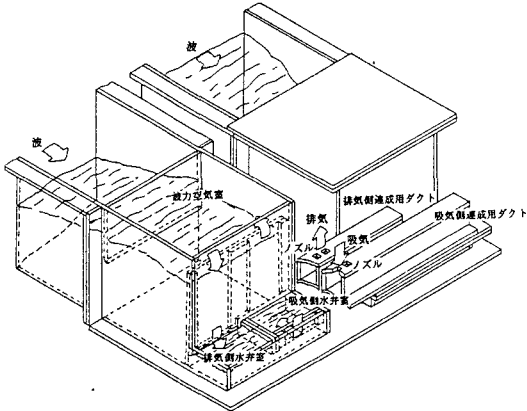


図-1 実験装置概念図

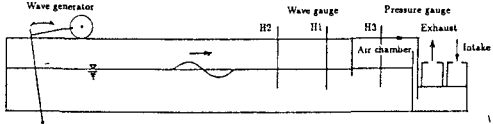


図-2 実験装置測定点

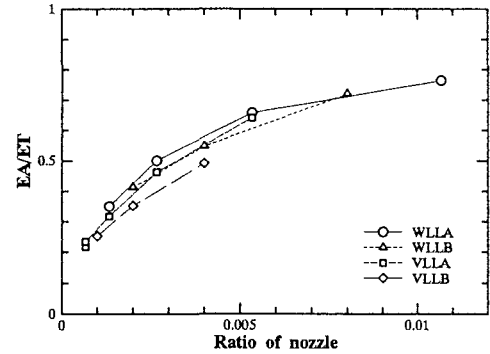


図-3 波力空気室の効率

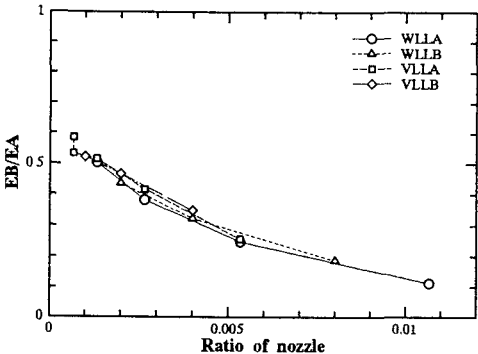


図-4 水弁の効率

表-1 実験ケース

実験ケース	ノズル断面積 排気 (m ²)	ノズル断面積 吸気 (m ²)	入射波の位相差 (deg)	ノズル比
WLLA61	0.0008	0.0008	180	1/91
WLLA62	0.0004	0.0004	180	1/188
WLLA63	0.0002	0.0002	180	1/375
WLLA64	0.0001	0.0001	180	1/750
WLLB65	0.0008	0.0001	180	1/125
WLLB66	0.0004	0.0002	180	1/250
WLLB67	0.0002	0.0001	180	1/500
VLLA61	0.0008	0.0008	0	1/188
VLLA62	0.0004	0.0004	0	1/375
VLLA63	0.0002	0.0002	0	1/750
VLLA64	0.0001	0.0001	0	1/1500
VLLB65	0.0008	0.0001	0	1/250
VLLB66	0.0004	0.0002	0	1/500
VLLB67	0.0002	0.0001	0	1/1000

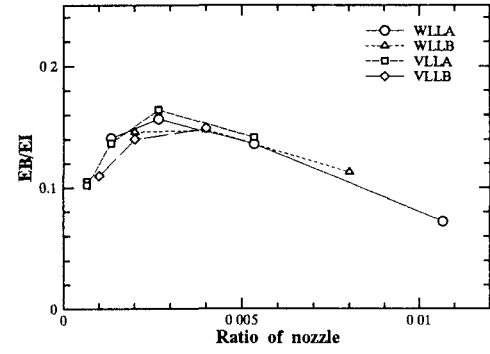


図-5 全体の効率