

## 往復気流発生装置における垂直軸形タービンの起動に関する基礎検討

### —測定部の風向板が起動に及ぼす影響—

#### Basic Study on Starting of Vertical Axis Turbine in Reciprocating Airflow Generator

#### - Effect of wind direction plates of measuring section on starting -

○新島和樹<sup>1</sup>, 辻健太郎<sup>2</sup>, 直井和久<sup>2</sup>, 吉田和範<sup>3</sup>, 槻館悦浩<sup>3</sup>, 塩野光弘<sup>2</sup>

\*Kazuki Niijima<sup>1</sup>, Kentaro Tsuji<sup>2</sup>, Kazuhisa Naoi<sup>2</sup>, Kazunori Yoshida<sup>3</sup>, Etsuhiro Tsukidate<sup>3</sup>, Mitsuhiro Shiono<sup>2</sup>

Abstract: We have fabricated a reciprocating air flow generator simulating OWC type wave power generator and investigated the characteristics of vertical axis turbine. In this paper, we investigated the effect of the starting of the vertical axis turbine by installing the wind direction plate in the reciprocating air flow generator in order to raise the wind speed flowing into the turbine. As a result, the starting wind speed decreased as compared with the without the wind direction plate when installing the wind direction plate. In addition, since high rotational speed can be obtained in a same time, this paper showed that starting characteristics has improved.

### 1.はじめに

現在、振動水柱(Oscillating Water Column)型波力発電装置には主に水平軸形タービンを用いている。しかし、水平軸形タービンは発電機をダクト内に設置<sup>(1)</sup>するため、発電機が塩分を含む気流に晒され腐食しやすいこと、またタービンへの気流の流入量を下げってしまうことが考えられる。そこで、発電機の設置環境を改善するため OWC 型波力発電装置に垂直軸形タービンを用いることを提案<sup>(2)</sup>した。

これまでに我々は、OWC 型波力発電装置内の空気流は海面の上昇と下降によって発生する往復気流であることから、往復気流発生装置を製作し実験を行った。結果、製作した装置内に任意の大きさの往復気流が発生することを確認<sup>(3)</sup>し、往復気流が製作した装置内の測定部に設置した 8 枚翼垂直軸形タービンのトルク特性に及ぼす影響を明らかにした<sup>(4)</sup>。

本稿では、往復気流発生装置において風速をより高速にするための風向板をダクト内に設置し、8 枚翼垂直軸形タービンの起動に関する基礎検討を行ったので報告する。

### 2.実験装置

#### 2.1.往復気流発生装置と垂直軸形タービン

図 1 に往復気流発生装置の概要を示す。装置のピストン部と測定部の断面はそれぞれ一辺 1.25m、0.4m の正方形となっており、ピストン部と測定部の間を縮流部に繋いでいる。モータの回転運動をボールねじにギ

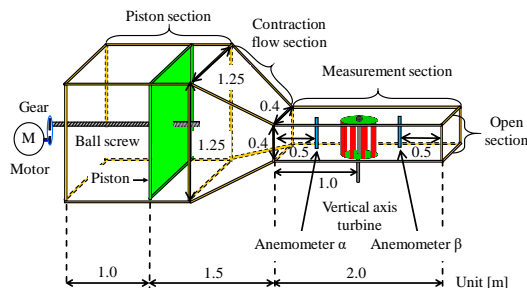


Figure 1. Reciprocating air generator

アを介して伝達し、ピストンの直線運動に変換させることで空気の圧縮と膨張を行い測定部に往復気流を発生させる。測定部先端は常に開放させ、気流の流入と流出を行う。

風速を測定するために、風速計 α を縮流部側から 0.5m の位置に、風速計 β を開放部側から 0.5m の位置にそれぞれ測定部断面の中央に設置する。タービンは縮流部及び開放部から 1.0m の位置に設置する。往復気流を発生させるために、ピストンを往復運動させ、これにより時間に対し正弦波状の風速変化を得る。その際の測定部内の設定風速は、ピストンが測定部に近づく場合における風速計 α の最大値とする。

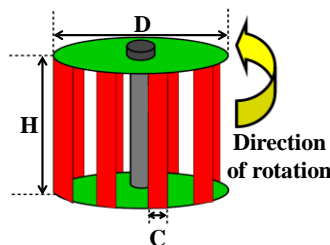


Figure 2. Vertical axis turbine

Table 1. Turbine Solidity

Camber line length : $C_a$ [mm]	Solidity : $\sigma$
52.8	0.448
58.9	0.500
70.7	0.600
82.3	0.700

図 2 に実験に使用した垂直軸形タービンの概形を示す。垂直軸形タービンの翼形状は NACA63<sub>3</sub>-018 翼形をもとに、そり線を回転軌跡と一致させた円弧キャンバー翼である。直径 D は 300mm、高さ H は 300mm、タービンの翼枚数は 8 枚である。また、使用した翼のキャンバー線の長さ  $C_a$ [mm]及びソリディティ  $\sigma$  を表 1 に示す。ソリディティ  $\sigma$  は式(1)を用いて算出した。

$$\sigma = \frac{nC_a}{\pi D} \quad (1)$$

n はタービンの翼枚数であり、ここでは n=8 とする。

#### 2.2.風向板

今回の実験では、タービンに流入させる往復気流の風速をより高速にするために風向板を使用する。図 3 に作成した風向板の設置位置を示す。

風向板は往復気流に対応させるため、タービンの両端から 30mm の位置に 2 組設置した。風向板の取付枠は測定部断面に収まるように一辺 400mm の正方形で奥行きは 80mm とした。また、図 3 に示すように取付枠には風向板 1 枚あたりに厚さ 5mm、幅 80mm の板を 45° の角度で 5 枚取り付け付けた。

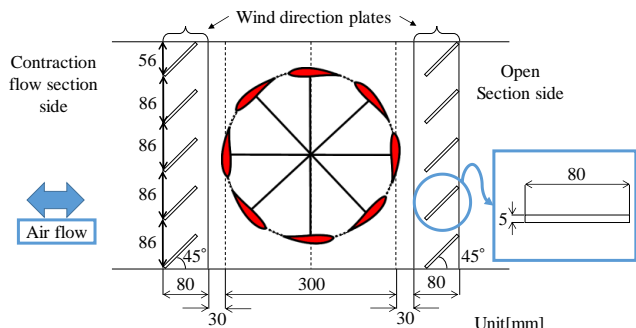


Figure 3. Installation position of wind direction plate

### 3.実験方法

往復気流中において、タービンが停止している状態から自己起動判定を行う。タービンの停止位置は、風向板無しの場合において基準翼が縮流部側から開放部側へ流れる風向に対して、迎角 0° となるように設定した(図 4)。

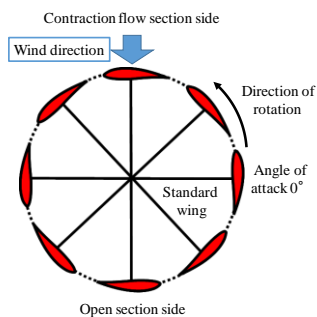


Figure 4. Turbine stop position

また、発生させる往復気流の設定風速は 4~6m/s の 1m/s 毎とした。測定期間はピストン駆動の往復運動を 1 周期として 40 周期分行う。タービンの停止状態から回転が測定期間内にて継続する場合は「起動あり」と判定し、それ以外の場合は「起動なし」と判定した。ただし、回転速度が 500 min<sup>-1</sup> を超えた場合は測定期間に関わらず測定を終了し、「起動あり」と判定した。

### 4.結果

#### 4.1.起動判定結果

8 枚翼垂直軸形タービンの起動判定結果を表 2 に示す。表 2 より、風向板有りの場合、4 種類のソリディティにおいて  $\sigma=0.448$ 、設定風速 4m/s 以外の全ての設定風速で起動し、風向板無しの場合、 $\sigma=0.600, 0.700$  の設定風速 6m/s でのみ起動した。以上の結果より、風向板有りの場合、全てのソリディティにおいて起動風速が低下したことを明らかにした。

Table 2. Result of activation test

		With plates				Without plates			
		Solidity: $\sigma$				Solidity: $\sigma$			
		0.448	0.500	0.600	0.700	0.448	0.500	0.600	0.700
Wind speed [m/s]	4	×	○	○	○	×	×	×	×
	5	○	○	○	○	×	×	×	×
	6	○	○	○	○	×	×	○	○

○:Starting ×:No starting

#### 4.2.起動後の時間経過に対する回転速度の変化

前節で示した起動判定結果より、 $\sigma=0.600, 0.700$  の設定風速 6m/s におけるタービンの起動後の時間経過に対する回転速度の変化を図 5 に示す。

回転速度の立ち上がりの速さを検討するため、風向板の有無による t=50s における回転速度に着目、考察する。 $\sigma=0.600$  においては風向板無しの場合 21 min<sup>-1</sup>、風向板有りの場合 421 min<sup>-1</sup> となり、400 min<sup>-1</sup> 上昇した。 $\sigma=0.700$  においては風向板無しの場合 61 min<sup>-1</sup>、風向板有りの場合 276 min<sup>-1</sup> となり、215 min<sup>-1</sup> 上昇した。したがって、2 種類のソリディティにおいて t=50s における回転速度は、風向板有りの方が風向板無しに比べて同じ時間で高回転速度となることを明らかにした。

このことから、風向板により起動性が向上したと考えられる。

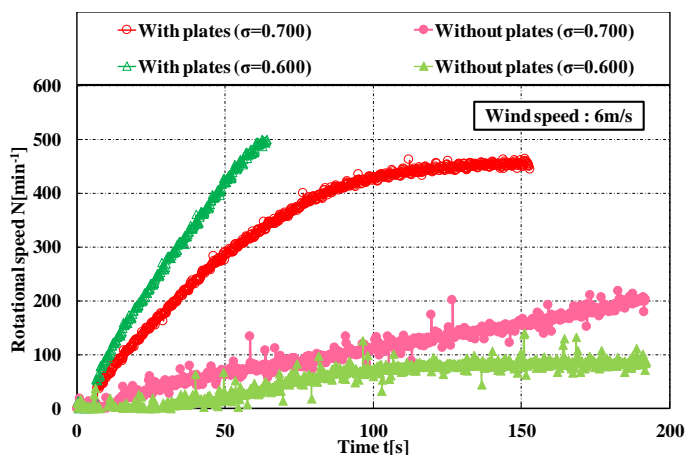


Figure 5. Rotational speed of turbine

### 5.まとめ

本稿では、往復気流発生装置において風速をより高速にするための風向板をダクト内に設置し、8 枚翼垂直軸形タービンの起動に関する基礎検討を行った。

その結果、今回作成した風向板を装置内に設置することにより、風向板無しの場合に比べ起動風速が低下することを確認した。また、同じ時間で高回転速度を得られることから、起動性が向上したと考えられる。

実験装置の製作に際し、御協力頂いた工作技術センターの槻館悦浩先生、吉田和範先生に謝意を表す。

### 参考文献

- (1) The Queen's University : 「ISLAY LIMPET WAVE POWER PLANT」, PUBLISHABLE REPORT 1 November 1998 to 30 April 2002, pp.4,15,17-20
- (2) 宮前ほか : 「OWC 型波力発電装置に用いる垂直軸形タービンの効率にダクト幅が及ぼす影響」, 2013 年電気設備学会全国大会講演論文集, pp.39-40(2013)
- (3) 寒川ほか : 「波力発電用往復流発生装置におけるダクト内風速の検討」, 平成 28 年電気学会全国大会講演論文集, pp.109-110(2016)
- (4) 寒川ほか : 「往復流発生装置における垂直軸形タービンのトルク特性の検討」, 第 60 回日本大学理工学部学術講演会予稿集, pp.946-947(2016)