

# 津軽海峡における潮海流発電装置のタービン位置に関する基礎的研究

蛸子 翼

函館工業高等専門学校技術教育支援センター

## 1. はじめに

新エネルギー・産業総合開発機構 (NEDO) によると、津軽海峡におけるエネルギー賦存量は日本周辺海域の中でも高く推移することが示されている<sup>[1]</sup>。だが当該海域は他の海域とは異なり潮海流による流速が低く不安定であり、ダリウス形水車<sup>[2]</sup>などを利用した発電形式等は適していない。現地流況観測の結果、現地流況は夏期を除く年間を通した日周期において潮流と海流が共存することで、強弱がある一方向流であることを確認した<sup>[3]</sup>。それらの結果を踏まえ、筆者らはこれまで津軽海峡汐首岬沿岸部を対象海域とし、現地の流況特性に対応し、かつ安定したエネルギー供給を行う発電装置として、**図1**に示すつば付き漸拡型ディフューザ(以下、ディフューザ)を用いた潮海流発電装置に関する検討を行ってきた。また、これらの検討の中でディフューザの二次元断面(**図2**)を用いたディフューザ内部の流況観測を行った結果、発電用の回転タービン(以下、タービン)を設置するディフューザ入口部以外にも高い流速を示す流速ベクトル分布(**図3**)がみられた<sup>[4]</sup>。よって、効率的な発電を行ううえで適切なタービン位置に関する検証を行う課題が生じた。

本研究は、潮海流発電装置のタービン位置を変更した各種模型を用いた実験を実施し、現地流況における各種模型のタービンの回転に関する検証を行うことにより、各種タービン位置についての基礎的知見を得ることを目的としている。

## 2. 実験方法

本研究にて用いる発電装置模型(以下、模型)は、全翼式のタービン形状とそれを覆うディフューザ形状で形成されている(**図4**)。模型は3DCADによる設計と、3Dプリンターによる造形より計7種作製し、当初の設計(ディフューザ入口からタービンまでの距離  $L_t=3.00\text{mm}$ )を再現した模型をNo.1と設定した。No.1模型の概要を**図5**に示す。続いて模型

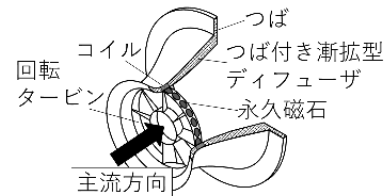


図1 海流発電装置概要図

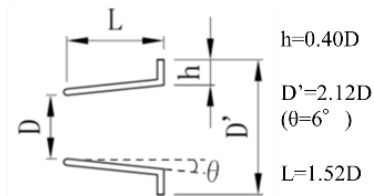


図2 つば付潮き漸拡型ディフューザ二次元断面

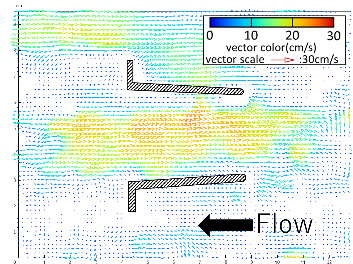


図3 ディフューザ内部の流速ベクトル図

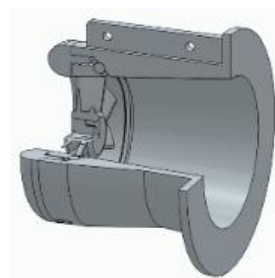


図4 No.1 実験模型立体図

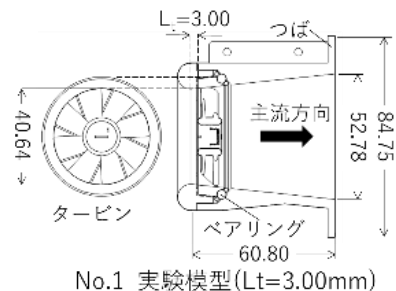


図5 No.1 実験模型概要図(単位:mm)

タービン位置を No.1 から出口側に遷移する順に No.2~No.7 とした. No.2~No.7 の各種模型の概要を **図 6** に示す. 模型のタービンは, 流れエネルギーを受ける羽根部分の面積を統一し, 実験条件の均一化を図った. また, 通過する流れエネルギーに差が生じるため, 各種タービンの中心部は塞ぐ構造とした.

実験は, **図 7** に示す 1600cm×40cm×40cm の二次元可傾斜式開水路を用いた. 水路に模型を設置し, 上流より流れを与えタービンの回転を計測した. このとき, 模型設置位置である中層流速が現地流速から Froude 相似則に基づき設定した主流流速  $u$  となるよう, 主流流量  $Q_e$  および下流側の越流堰高  $H_e$  を調整した. 主流流速  $u$  は現地四期中最もエネルギーが低下する夏期の最大流速 1m/sec を対象流速とし, これより現地潮海流にて発生しうる速度域を網羅するよう設定している (**表 1**). 各実験状況下においてハイスピードカメラ (200fps) で撮影した模型の映像よりタービンの回転数を解析し, 主流流速  $u$  とタービン先端速度  $u_b$  との比でありタービン回転の効率性を示す Tip Speed Ratio (以下, TSR) を式(1)より求めた.

$$TSR = \frac{\text{Bladetip speed}}{\text{(in-flow speed)}} = \frac{u_b}{u} \quad (1)$$

以上の実験について各種模型を用いて行い, 得られた数値より検討を行った.

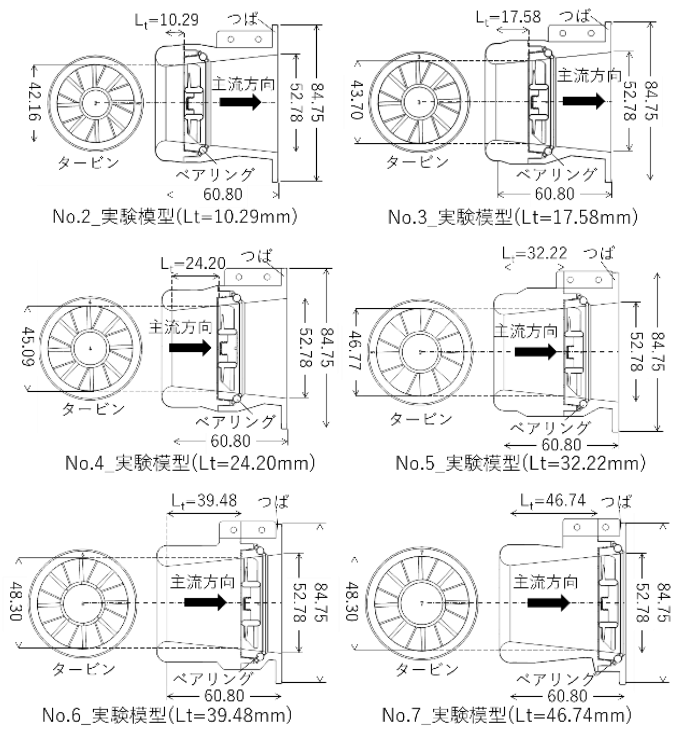
### 3. 結果

実験の結果として, 各種模型の主流流速ごとに得られたタービン回転数を **図 8** に示す. グラフの分布全体をみると, No.1 の結果がどの流速域においても高く推移していることがわかる.

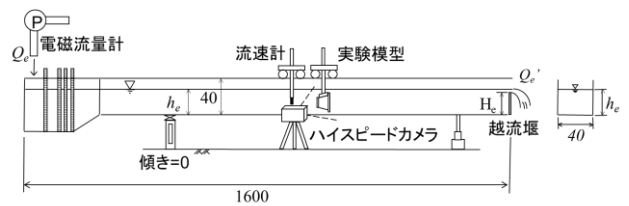
対象流速以下の流速域 (以下, 低速域) では No.5, No.6, No.7 の模型でのタービンは回転が得られなかった. 現地の流速域は大半が低速域であることを考慮すると, ディフューザの望ましいタービン位置は No.1 の模型が示す入口側であるといえる.

一方, No.1 と同様にタービンがディフューザ入り口付近にある No.2, No.3 の結果をみると, 最大流速では回転数の数値の伸びが落ちている.

対象流速以降の流速域 (以下, 高速域) の結果に着目すると, タービンがディフューザ中央部付近にある No.4 の模型の回転数が高く推移している. これは No.4 のタービン位置においてディフューザ内部



**図 6** No. 2~NO. 7 実験模型概要図 (単位: mm)

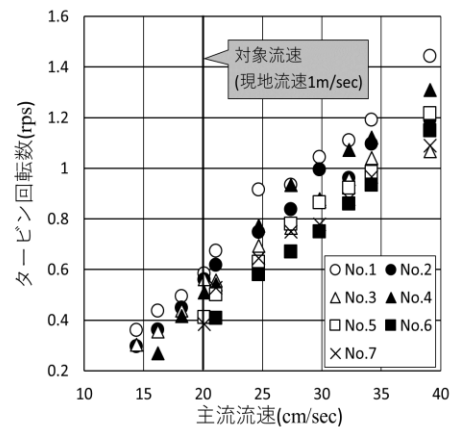


**図 7** 実験装置概要図 (単位: cm)

**表 1** 実験における設定

case	目標流速(現地)	越流堰高 $H_e$	水深 $h_e$	流量 $Q_e$	主流流速 $u$
Run	cm/sec	cm	cm	cm <sup>3</sup> /sec	cm/sec
1	190	14	26.9	36800	39.1
2	170	17	29.8	36500	34.2
3	160	19	31.7	36300	32.3
4	150	21	33.8	36200	29.8
5	140	23	35.9	36200	27.4
6	125	27	39.7	36500	24.7
7	110	27	38.2	30000	21.1
8	100	27	37.5	27000	20.2
9	90	27	36.7	24000	18.2
10	80	27	36.3	21500	16.2
11	70	27	35.6	19000	14.4

← 対象流速



**図 8** 実験結果 (主流流速とタービン回転数)

に発生する揚力効果の影響が及んでいることに加えて、流速の増加によるつば背後の負圧の増大が要因となっていることが考えられる。また、No.4 と近い位置にタービンがある No.5 の最大流速における結果をみても同様のことがいえる。

タービンが出口部に設置されている No.6 と No.7 の結果を比較すると、対象流速においては No.7 のみ回転が得られた。この結果から低流速における No.6 と No.7 のタービン位置ではディフューザ内の揚力よりもつば背後に発生する負圧の影響の方が強いことが伺える。

続いて図9に各種模型の主流流速ごとに得られた TSR を示す。分布をみると、タービン回転数の結果と同様に No.1 が大半の流速において高い数値を示している。その挙動は低速域において増加していき、高速域において停滞している。これは従来の検証<sup>[5]</sup>より明らかとなっているつば付き漸拡型ディフューザがもつ特性である。No.2, No.3 も No.1 とほぼ同様の挙動を示すが、No.1 ほどの上昇率の具合は見受けられない。

一方、No.4 の結果に着目すると高速域にて比較的高い数値で停滞していることから、No.4 のタービン位置は高速域において効率的な回転を有することが伺える。

No.5 の結果は高速域にて停滞しているが、最大流速において高い伸びを示しているため、より高い流速において更なる効率化が期待できる。

No.6, No.7 を比較すると対象流速近辺においては No.7 の TSR が高く、効率的な回転を有している。この結果より、ディフューザの出口付近においてはタービン位置が出口側に近いほうが効率的な回転を示すことがわかる。

潮海流発電装置のタービン位置に関し、本研究にて検証した結果、タービン回転数・TSR はタービン位置がディフューザ入口側に最も近い場合において高く推移することがわかった。タービン位置がディフューザ中央部付近にある場合では、高速域において揚力効果とつば背後の負圧の増大により高いタービン回転数を生み出すこと、タービン位置がディフューザ出口部付近にある場合では、低速域において揚力効果よりもつば背後に発生する負圧の影響の方が強く回転に影響を与えることがわかった。

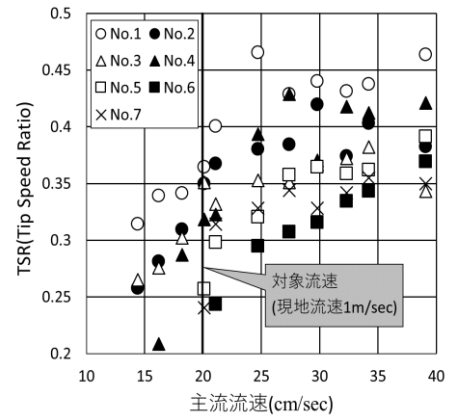


図9 実験結果(主流流速と TSR)

#### 参考文献

- [1] NEDO：海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務， 22-26（2011）。
- [2] 経塚雄策，尾川協一郎，若濱久敬：潮流発電用ダリウス形水車の流力特性について，日本船舶海洋工学会講演会論文集，4巻，pp.39-45，2006。
- [3] 本間翔希，宮武誠，猿渡亜由美：潮流・海流発電に向けた津軽海峡の流況特性及びエネルギー賦存量に関する研究，土木学会論文集 B2（海岸工学），70巻2号，pp.I\_1291-I\_1295,2014
- [4] 蛸子翼，宮武誠，猿渡亜由美：津軽海峡における潮海流発電のディフューザ形状が増速効果に及ぼす影響，土木学会論文集 B2（海岸工学），75巻2号，pp.1\_973-1\_978.2019。
- [5] 蛸子翼，宮武誠，猿渡亜由美：津軽海峡における潮流・海流発電装置の出力効率に関する基礎的研究，土木学会北海道支部論文報告集(CD-ROM)，75巻，B-37

#### 謝辞

本研究は奨励研究 23H05202 の助成を受けたものです。  
研究課題名：津軽海峡における潮海流発電装置の回転タービン設置位置に関する基礎的研究