

## 津軽海峡潮海流発電装置のディフューザ 3次元形状に関する研究

報告者	蛸子 翼	研究種目名	奨励研究
職名	技術専門職員	研究期間	令和3年度
参加研究者	なし		

審査区分：2160， 課題番号 21H04112

## 1.はじめに

## 1-1.研究概要

新エネルギー・産業総合開発機構 (NEDO)によると津軽海峡の潮海流によ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。しかしながら、我が国における他の潮海流発電の対象海域と比較し、**図 1** に示す津軽海峡現地(戸井町汐首岬沿岸)の流速は最大でも 1m/s 程度と低く、不安定でもあることから、潮海流発電においては流速を安定して増速させ、効率的に発電をおこなう潮海流発電装置の開発が必要となる。過去の観測によって現地の流況は、潮流と海流が共存することで夏期を除く年間を通じ、日周期で強弱がある一方向流があることが明らかとなっている(**図 2**)。

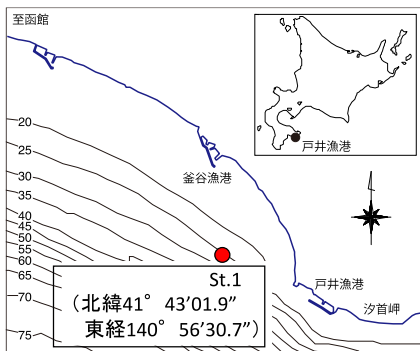


図 1 検証地点

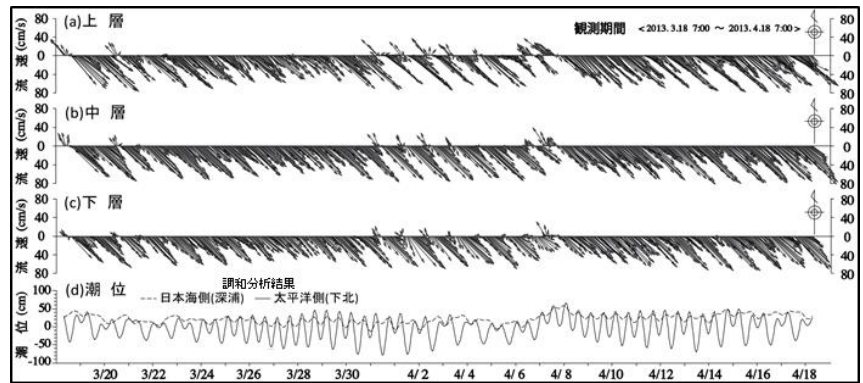


図 2 検証地点各層における流速ベクトル及び潮位の経時変化(春期)

これらの結果から、これまでに当該海域における津軽海峡固有の流れを効率的に増速し、安定したエネルギー供給を行うべく、**図 3** に示すつば付き漸拡型ディフューザを用いた潮海流発電装置の開発を目的とし、つば付き漸拡型ディフューザの二次元断面形状(**図 4**)を用いたディフューザ内増速効果の検討を行ってきた。

本研究ではこれまで二次元断面形状でのみ検証してきたつば付き漸拡型ディフューザによる増速効果に関し、ディフューザ形状を三次元形状に拡張し、その各形状寸法の変更が及ぼす影響を検証した。さらに回転タービンを、想定している実機にならないディフューザ内部に組み込み、各形状寸法によるタービン回転数への影響を検証した。

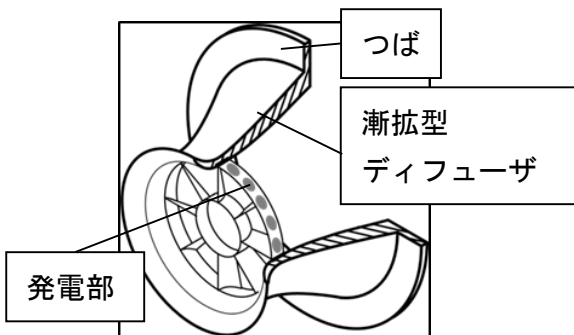


図 3 つば付き漸拡型ディフューザ概念図

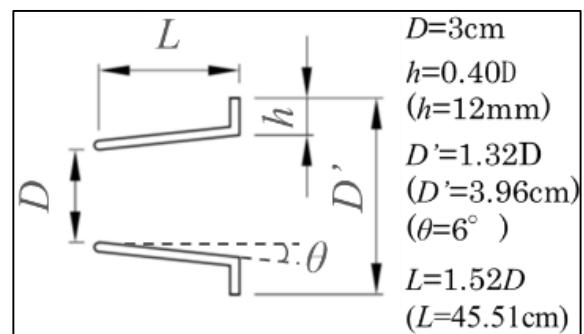


図 4 つば付き漸拡型ディフューザ 2次元断面形状

## 1-2. つば付き漸拡型ディフューザについて

本研究にて取り扱うつば付き漸拡型ディフューザは、入り口部から出口部にかけての漸拡形状(図 5)による揚力効果と、出口部に設置されたつば周辺における渦流の発生による引き込み効果(図 6)を要因として、内部の増速効果を図った形状である。想定している発電装置実機では、本ディフューザ内部において最も増速効果が現れると考えられる入口部に中心軸を配した回転タービンを設置し、周囲にコイルと永久磁石を配することで発電を行う(図 7)。

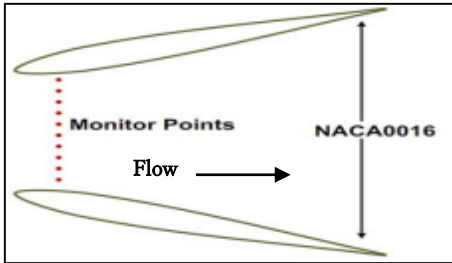


図 5 漸拡型ディフューザ形状

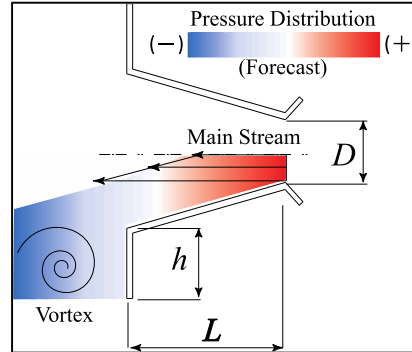


図 6 つば周辺における負圧

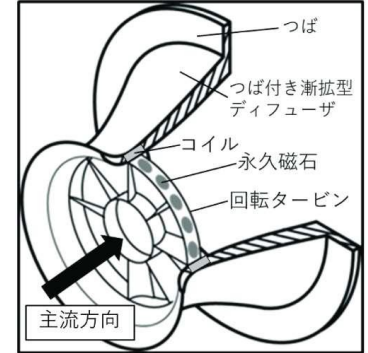


図 7 発電装置概要図

## 2. 実験内容

### 2-1. 三次元模型の作成

本研究における実験に用いるつば付き漸拡型ディフューザの三次元模型は、過去に行った二次元断面による検証において用いた各種ディフューザ形状(内部増速に影響を与えると思われる箇所の寸法をそれぞれ変更)を三次元に拡張して 3DCAD ソフトを用いて設計し、3D プリンターにより造成した。三次元模型の各種寸法は、上記の図 4 に示す基本形状( $h=0.40D$ ,  $D'=1.32D$ ,  $L=1.52D$ )をベースに、入口径  $D$  を用いてつば長さ  $h$  を  $0.20D$ ,  $0.30D$ ,  $0.50D$ ,  $0.60D$ , ディフューザ開き角  $\theta$ (出口内径  $D'$ ) を  $2^\circ$  ( $D'=1.11D$ ),  $4^\circ$  ( $D'=1.21D$ ),  $8^\circ$  ( $D'=1.43D$ ),  $10^\circ$  ( $D'=1.53D$ ), ディフューザ長さ  $L$  を  $0.50D$ ,  $1.00D$ ,  $2.00D$ ,  $2.50D$  にそれぞれ設定し、基本形状のものと併せて計 13 組とした(図 8)。各種三次元模型は流速計及び回転タービンをディフューザ入口部にて差し替えて設置できるようにした。なお、回転タービンの形状に関しては、既往の検証に倣い一般的なものとし、その詳細な検討は本研究の対象から除外した。設計した三次元模型の一例を図 9 に示す。

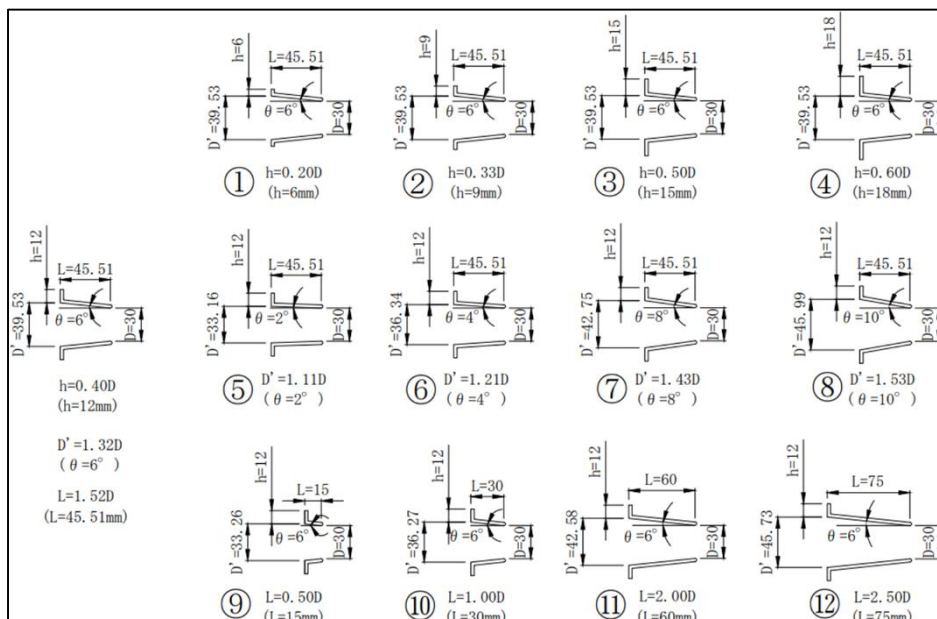


図 8 各種ディフューザ形状(二次元断面図)

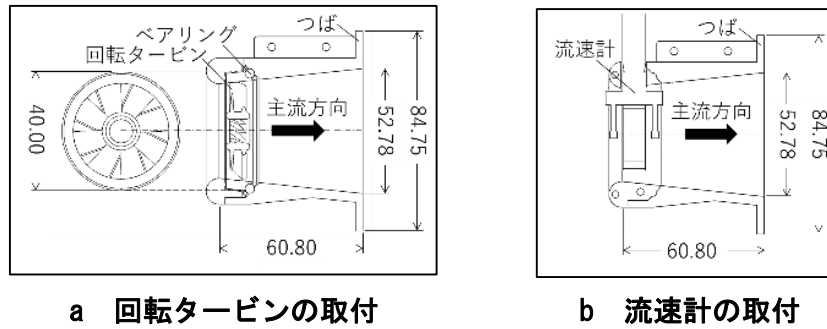


図 9 三次元模型

2-2.実験方法

実験は、図 10 に示す 1600cm×40cm×40cm の二次元可傾斜式開水路中に回転タービンを組み込んだ各種三次元模型を設置して行った。三次元模型設置位置における中層流速を、現地の流速から Froude 相似則に基づき設定した case1~11 からなる主流流速  $u$  (表 1) となるようそれぞれ調整した。なお、主流流速  $u$  は、現地の潮海流より発生しうる速度域を網羅するように設定し、現地において四期中最もエネルギーが低下する夏期の最大流速を対象流速としている。各流況下においてハイスピードカメラ(200fps)で撮影した三次元模型の映像より回転タービンの回転速度を解析し、主流流速  $u$  とタービン先端速度  $u_b$  との比である Tip Speed Ratio(TSR)を式 1 より求めた。この TSR が高い結果が得られれば、流れエネルギーに対して効率的なタービンの回転が得られたことになる。

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

次に、三次元模型の回転タービンを流速計に付け替え、上述の各流況下でのディフューザ入口部における流速を測定した。測定値と主流流速との比を増速率として計測し、前述の TSR と併せて実験結果の解析を行った。

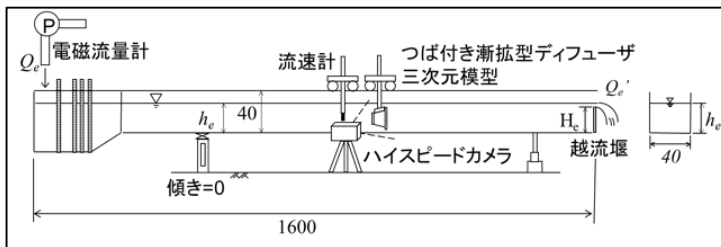


図 10 実験装置概要図 (cm)

表 1 各種流速設定

case	目標流速(現地)	主流流速 $u$
Run	cm/sec	cm/sec
1	190	39.1
2	170	34.2
3	160	32.3
4	150	29.8
5	140	27.4
6	125	24.7

case	目標流速(現地)	主流流速 $u$
Run	cm/sec	cm/sec
7	110	21.1
8	100	20.2
9	90	18.2
10	80	16.2
11	70	14.4

対象流速

3.実験結果と考察

図 11 に実験の結果得られた各流速におけるつば長さ  $h$  ごとの TSR・増速率を示す。タービンの効率的な回転を示す TSR を図 11-a よりみると、対象流速近辺(20~24.7(cm/sec))以外の流速域においてつば長さ  $h$  の大きい結果は高い TSR を示すことが分かる。各流速の TSR (図 11-a) と増速率(図 11-b)の結果を比較すると、前述の流速域にて大小変化の追従性が見取れるため、この流速域での  $h$  の変化がディフューザ内の流速分布に与える影響は少ないと推察される。

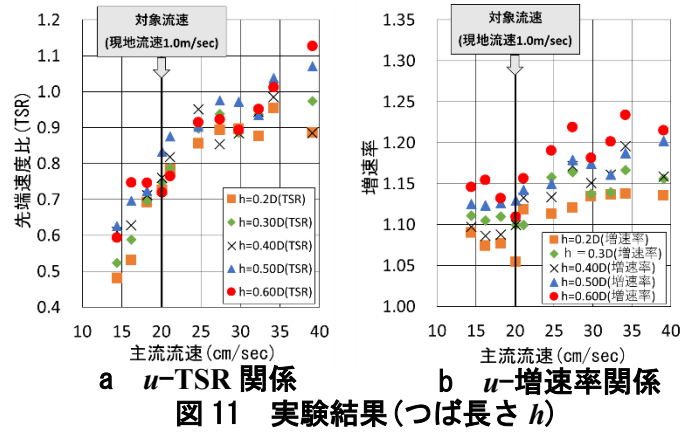


図 12 に開き角  $\theta$  ごとの TSR・増速率を示す。TSR の結果を図 12-a より見ると、各流速の大部分において  $\theta$  の小さい結果 ( $\theta=2^\circ$  ( $D'=1.11D$ ),  $\theta=4^\circ$  ( $D'=1.21D$ )) が低い TSR を得る傾向にある。この要因として、各流速の TSR(図 12-a)と増速率(図 12-b)の結果を比較した場合、 $\theta$  が小さい形状の結果において高い増速率を示していることから、流速計及びタービンを設置したディフューザ入口断面において流速分布の偏りが発生し、結果としてタービンに対して効率的なトルクが加えられなかったことが考えられる。

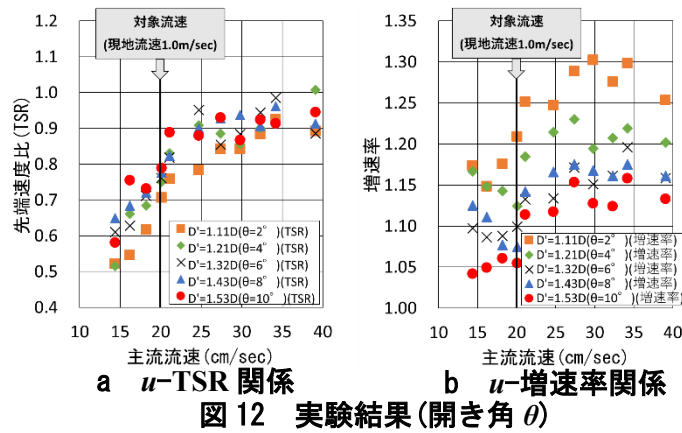
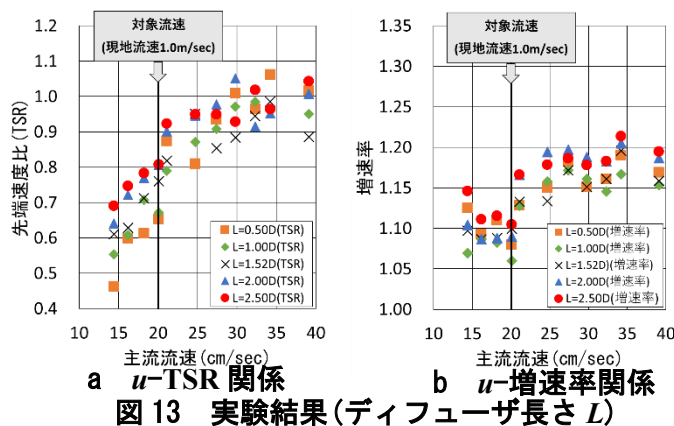


図 13 にディフューザ長さ  $L$  ごとの TSR・増速率を示す。図 13-a にて TSR の結果をみると、上述した  $h$ ,  $\theta$  の結果と比べ高く推移し、分布が大きくなっているため、 $L$  の変化が TSR に与える影響は大きいことがわかる。 $L$  が短い場合においては、 $L$  が長い場合と比較し、対象流速より低い低速域での TSR は小さいが、対象流速より高い高速域では大きくなっている。また、 $L=0.50D$  の結果に着目し、TSR(図 13-a)と増速率(図 13-b)の結果を比較すると、低速域において TSR・増速率間の大小関係の追従性が低くなっており、増速率は比較的高いにも関わらず TSR は低く推移している。このことから、 $L$  を極端に短くした場合、低速域におけるディフューザ内の流速分布は不安定になると考えられる。



また、上述図 11～図 13 の対象流速における結果に着目すると、高い TSR を示したのはそれぞれつば長さ  $h=0.50D$ 、開き角  $\theta=10^\circ$  (出口内径  $D'=1.53D$ )、ディフューザ長さ  $L=2.00D$  および  $L=2.50D$  の結果であった。ディフューザの形状をこれらの寸法周辺に設定することにより、津軽海峡現地において更に効率的なタービンの回転を得ることができると考えられる。

#### 4.結論

津軽海峡における潮海流発電装置のつば付き漸拡型ディフューザ形状について、ディフューザ各部の寸法を変更した三次元模型を用いた検証の結果、以下の結果と結論が得られた。

まず、つば長さ  $h$  を変更させた場合、対象流速近辺以外の流速域において  $h$  の大きい形状は高い TSR が得られた。対象流速周辺以外での流速域では  $h$  の変化がディフューザ内の流速分布に与える影響は少ないと考えられる。

次に開き角  $\theta$  を変更させた場合、大部分において  $\theta$  が小さい結果ほど低い TSR を示す傾向が得られたが、これはディフューザ内の流速域の偏りによるものであると考えられる。

最後に、ディフューザ長さ  $L$  を変更させた場合、前述した  $h$ 、 $\theta$  の結果と比べ TSR は高く推移し、分布が大きくなる。 $L$  を極端に短くした場合、低速域におけるディフューザ内の流速分布は不安定になると考えられる。

また、津軽海峡現地の対象流速では、各種形状寸法が  $h=0.50D$ 、 $\theta=10^\circ$  ( $D'=1.53D$ )、 $L=2.00D$  および  $L=2.50D$  の結果においてそれぞれ最も高い TSR が得られた。

今後の展望として、本研究で得られたデータをもとに、津軽海峡現地の支配的な流況においてよりタービンを効率的に回転できるよう、ディフューザ形状細部の改良とともに、タービン形状についての検証を行っていく所存である。