

潮流・海流発電装置周辺の流況に関する可視化実験

A visualization experiments in flow in peripheral part of power generating apparatus for tidal and ocean current

函館工業高等専門学校 ○正 員 蛸子翼 (Tsubasa Ebiko)
 函館工業高等専門学校 正 員 宮武誠 (Makoto Miyatake)
 北海道大学工学研究院 正 員 猿渡亜由未 (Ayumi Saruwatari)

1. はじめに

津軽海峡周辺海域における潮流・海流に関するエネルギー賦存量は、他の海域に比べ高く推移することが新エネルギー・産業総合開発機構（NEDO）の推定により示されている¹⁾。函館市では同海峡の流速・流向を利用した潮海流発電装置の開発に積極的に取り組んでおり、本研究は函館市からの委託を受け、平成25年度から戸井町汐首岬周辺において津軽海峡の潮流・海流の流速等の実測調査、及び調査結果等に基づく解析・検討を行ってきた。その結果、津軽海峡の流れは潮・海流エネルギー密度が年間通じ、高く推移することを明らかにしている²⁾³⁾。

しかし、流況の季節変動は著しく、年間安定した潮流・海流エネルギーを回収することは難しい。実際に津軽海峡に発電装置を設置するにあたっては、これまで以上に高効率で回収できる発電システムの開発が強く望まれる。これを受け、本研究では潮流・海流を直接受けるタービン・ブレードや電力への変換効率を最大限にする方法として、タービンブレードの回転軸を流体軸受け構造とすることやタービン・ブレードとその外縁に電磁石とコイルを配し、タービン自身を発電機とすることで高効率化を図る検討を行ってきた（図-1）。また、これに加え、風力発電ですでに高い実績のある「つば付き漸拡レンズ」⁴⁾による流速増幅効果を活用した潮海流発電システムを開発しており、風洞実験によって最適形状を決定している。

この潮海流発電用のつば付き漸拡レンズとしての流速増幅効果は、増幅効果自体は確認しているものの、つば周辺の流れの様相やその増速するメカニズムの詳細については未だ確認されていない。

本研究は、津軽海峡の流況を対象として、最適化されたつば付き漸拡レンズの二次元断面循環式水路模型を製作し、PIV法によってレンズ周りの流況を可視化することで流れの様相を把握することを目的とするものである。

2. つば付き漸拡レンズの断面形状

つば付き漸拡レンズは風力発電で発電風車として既の実績があり、津軽海峡における潮海流発電装置としての適用性について検討してきた。このレンズ急縮部（タービン装着部分）を通る流体の速度が増す構造は、つば背後のせん断層の不安定現象により形成されるカルマン渦によって、その領域が負圧になることで急縮部との間に圧力傾度が形成されることで生じるものである（図-2）。

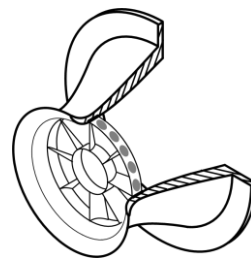


図-1 レンズ水車による潮流・海流発電装置の概要図

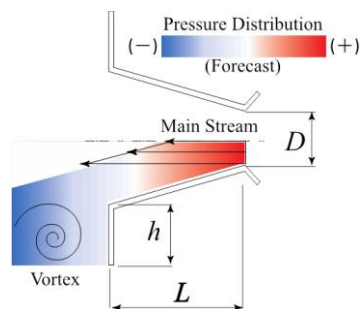


図-2 漸拡レンズ流速増幅効果の概要図

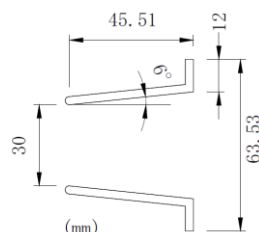


図-3 つば付き漸拡レンズ二次元断面形状図（単位:mm）

過去に行った形状最適化実験⁵⁾においては、つば付き漸拡レンズ入口の直径（D）つば高さ（H）、つば付き漸拡レンズ長さ（L）の最適形状の検討が風洞実験により行われ、 $L/D=1.5$ 、 $H=0.4D$ の形状における検討の結果、レンズ急縮部の増速率が最も高まることが分かっている。

最適化されたつば付き漸拡レンズ形状に関する模型実験においては、津軽海峡の流況を再現した二次元開水路における小型模型実験、及び大型実験水槽による大型試作モデルの実証実験も行われており、どちらの実験でも流速増幅効果が認められている。

本実験においては、この形状最適化実験において導き出されたつば付き漸拡レンズ二次元断面形状を採用した（図-3）。

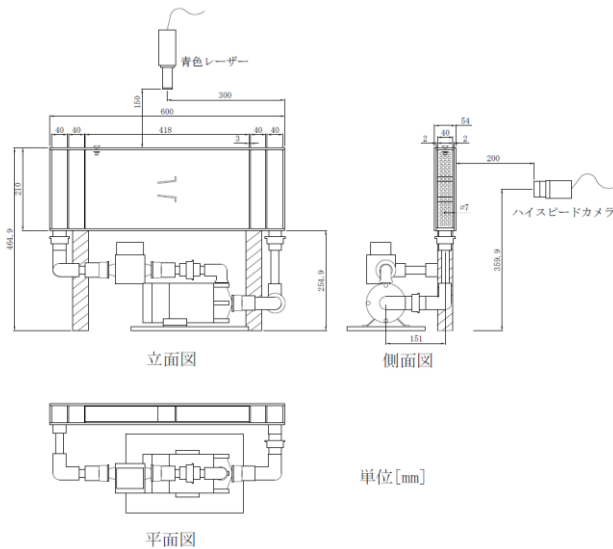


図-4 実験装置の概要図 (単位 mm)

3. 実験方法

実験は図-4 に示すように長さ 60cm、高さ 20cm、幅 4cm のアクリル製水槽内に漸拡レンズの二次元断面模型を設置して水で満たし、管路路とした状態でマグネットポンプにより循環流を発生させ、定常流になった状態で行った。レーザーシートは出力 1W の青色レーザーを使用して照射した。つば付き漸拡レンズ二次元断面の上部より投射した。撮影にはフレームレートを 200fps に設定したハイスピードカメラを用いた。水槽内の水に投入するパーティクルはつば付き漸拡レンズ細部の流況を詳しく把握できるよう直径 4nm のものをシーディングした。水槽内の流速はポンプの吐出量から最大 9.375cm/s でありこれは、Froude 相似率を考慮すると現地での約 100cm/s に相当する流速となる。なお同縮尺のもと模型レンズの直径 5.25cm は現地換算で 597.3cm となり、本研究で想定する装置のスケールとほぼ一致する。

撮影した動画はフリーで公開している画像処理ソフトウェアである ImageJ を使用して PIV 解析を行った。

4. 実験結果

図-5 はハイスピードカメラによって撮影した動画を静止画に変換したものである。レーザーの照射方向やカメラの視距に対するパーティクルサイズが適切でない故、流体中のパーティクルを全体にわたって捉えられていないことが分かる。図-6 は本実験より得られたつば付き漸拡レンズ二次元断面模型周りの流速ベクトル図を示す。漸拡レンズ内での増幅やその背後で流れが乱れる様相は認められるものの、想定されていた急縮部での増幅やつば背後の渦を明確にすることができていないことが分かる。今後、適切な結果を得るためにはパーティクルの粒径及びカメラの設置位置、レーザーの照射位置を検討する必要がある。

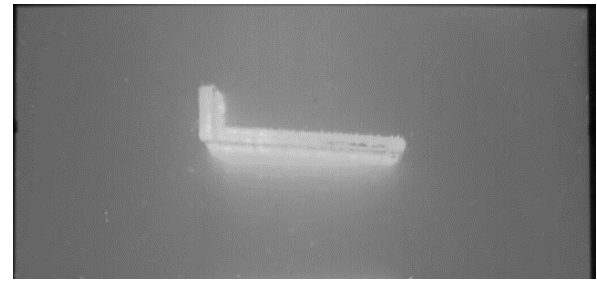


図-5 つば付き漸拡レンズの静止画像

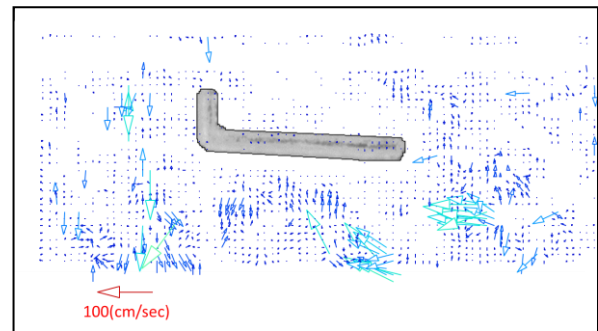


図-6 つば付き漸拡レンズ流速ベクトル図

5. 結論

津軽海峡の潮流・海流発電津軽海峡周辺海域における発電装置として検討されているつば付き漸拡レンズの二次元断面周りの流況を可視化して流れの様相を把握することを目的として、レンズ二次元断面模型の循環水槽における様子を PIV 解析したところ、適切な流速ベクトル分布を得ることができなかった。

今後は、実験方法を見直し、精度の高い PIV 解析を行えるようにし、他の形状の漸拡レンズ二次元断面模型に関する検証も行う所存である。

参考文献

- 1) NEDO(2011): 海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務, pp22-26
- 2) 本間翔希・宮武誠・猿渡亜由美(2014): 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), Vol.70, No.2, pp. I_1291_ I_1295
- 3) 本間翔希・宮武誠・猿渡亜由美・広田知也(2015): 津軽海峡の潮流・海流発電に向けた流況とエネルギー賦存量の四季的変動特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.71, No.2, pp. I_1555_ I_1560
- 4) 大屋裕二, 鳥谷隆, 桜井晃, 井上雅弘(2011): 風レンズ効果 (風エネルギーの集中) による風力発電の高出力化, 風力エネルギー利用シンポジウム, Vol.23, pp.76-79
- 5) 蛭子翼, 宮武誠, 剣地利昭, 猿渡亜由未(2016): 津軽海峡の海流及び潮流を利用した発電装置の開発, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.72, B-55