

24. 流れ発電装置による エネルギーリソースへの影響の評価

猿渡 亜由未^{1*}・広田 知也²

¹北海道大学大学院工学研究院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

²北海道大学大学院工学院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

* E-mail: saruwata@eng.hokudai.ac.jp

本研究では近年利用可能な海洋再生可能エネルギー源として期待されている潮流発電を行う際の周囲の流れ場への影響評価法を提案する。流れモデルを用いた現地スケールの計算を行う際に潮流タービンによる抵抗力の影響を考慮する方法を構築する。Blade Element Momentum 法に基づきタービンによる流れ場への抵抗力を見積もり、Immersed Boundary Method を用いてこの抵抗力をタービン周辺の数グリッドに分散させる事により現地スケールの流れ場の再現計算に潮流タービンの影響を組み込んだ。タービン位置を起点として海峡内の広い領域に流速の差異が広がる様子を求めることができることを確認した。

Key Words : *tidal current, ocean current, marine energy resource, Tsugaru Strait, MITgcm*

1. はじめに

IPCC 気候変動に関する政府間パネルの第 5 次報告書によると、人間活動による温室効果ガスの排出量は史上最高レベルに達しており、例えその排出量を直ちに縮減したとしても地球環境への影響は数世紀に渡って継続する可能性が高いと報告されている。温室効果ガス排出量の削減の為に、化石燃料から再生可能エネルギーへとエネルギー源を転換することが今求められている。海洋から得られる再生可能エネルギーの一つとして潮流、海流などの流れエネルギーが挙げられるが、これらは比較的エネルギーポテンシャルの把握や将来予測が他の海洋エネルギーに比べ容易であることから、実用化に近い所で研究が進んでいる装置やサイトが存在する¹⁾など。日本の中では津軽海峡が日本海、太平洋間の潮位差と日本海側から流れ込む津軽暖流、狭い流路により高い流れエネルギーにアクセスできるサイトの一つであり、周辺自治体によりその利用が検討されている。

潮流タービンを設置すると流れのエネルギーがタービンの回転エネルギーへと変換される為その背後では流速の減衰が生じると同時に、流れに対する抵抗力として働くタービンを避ける様な流れが生じる事により流速が増

大する領域も現れる。このような周囲の物理環境の変化や潮流タービンの後流の構造等については室内実験や数値流体力学的手法を用いて数々の研究がなされてきたが、装置の条件によっては直径の 20 倍の長さ後流側においてもその影響が流れに残っている事が報告されており、その影響範囲は実スケールで数百 m 下流にまで及ぶ事が予想される。実際の発電サイトにおいては地形や流れの特徴、想定する発電装置の条件に応じて後流の強度や影響範囲等が複雑に変化する為、実地形条件に合わせた検討が不可欠である一方、現地の流れ場のスケール (O(km)) とタービンのスケール (O(m)) とでは大きく異なる為、その評価には工夫が必要である。

本稿は三次元流れモデルを用いて現地スケールの流れ場の再現計算を行う際に潮流発電装置を設置した事による影響を考慮する為の方法と、潮流発電装置による周囲の流れ場の変化予測について、著者らがこれまでにやってきた研究をまとめ報告するものである。

2. 発電装置による流れ場への影響の評価方法

三次元非静水圧流れモデル MIT general circulation model

を用いて流れ場の再現計算を行う。本モデルの基礎式である運動方程式に、タービンによる流れ場への抵抗力を外力項として加える事によりその影響を考慮した。抵抗力は風力タービン周りの流れ場を解く際に用いられてきた stream tube method と blade element method を組み合わせた Blade Element Momentum (BEM) theory により見積る。即ちある抵抗力を有するディスクとして仮定したタービンモデルを通過する流れのエネルギー保存則、並びに流れがプロペラを通過する際に生じる揚力・抗力との関係からタービンの軸方向に生じる力を求める。求めた装置による抵抗力は底面における non-slip 条件と共に Immersed Boundary Method (IBM) により設定した。計算方法についての詳細は²⁾を参照の事。

津軽海峡北東部、潮首岬付近に潮流発電装置モデルを設置した時 (Case 2) 及びしない時 (Case 1) の津軽海峡内の潮流、海流流れ場を求め比較した。

3. 潮流発電装置周辺の流れ場の変化

タービンの影響を考慮したことにより現れた流速差の元々の流速に対する割合を流速の局所変化率と定義する。図-1 はタービンより上方 ($z = -3.5$ m) 及び底面近傍 ($z = -23.7$ m) における流速の局所変化率の分布とそれぞれの平面上における流速ベクトルを示す。また装置設置点における潮流楕円の長軸方向に定義する s 軸に沿った縦断面上における流速変化率を図-2 に示す。タービンに流れを作用させた直後からその背後の特に底面近傍において流速の低下が生じる。抵抗力として働くタービンを避ける流れが生じることにより上方やその側方においては流れが集中し、流速が増大した。流速の小さくなる汀線近傍などでは相対的に流速変化率が大きくなるため、特に沿岸域においてはタービンによる物理環境の変化に注意する必要がある。

4. まとめ

現地の流れ場や地形を反映させた条件下で行う三次元流れモデルによる流れ場の再現計算において、BEM 法と IBM を組み合わせる事により潮流タービンを設置した事による影響を考慮する計算法を構築した。本計算法のテストケースとしてシンプルな潮流タービンモデルを津軽海峡内の函館沖に設置した場合の流れ場の変化を計算した。タービンによる流速の減衰、増幅の影響は流れ場に移流されたタービンから遠く離れた地点にまで及び得る

ことを確認した。タービンによる外力を考慮し始めてからその影響は時間が経過するに従い累積し、流れ場への影響はより複雑なものへと変化していくことが明らかとなった。

参考文献

- 1) Marshall, J., Hill, C., Perelman, L. and Adcroft, A.: Hydrostatic, quasi-hydrostatic, and nonhydrostatic ocean modeling, J. Geophys. Res. Oceans, Vol. 102, C3, pp. 5733-5752, 1997.
- 2) 猿渡亜由未, 広田知也, 宮武誠: 三次元流れモデル内における潮流タービンの評価, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 70 (2), pp. 67-72, 2014.

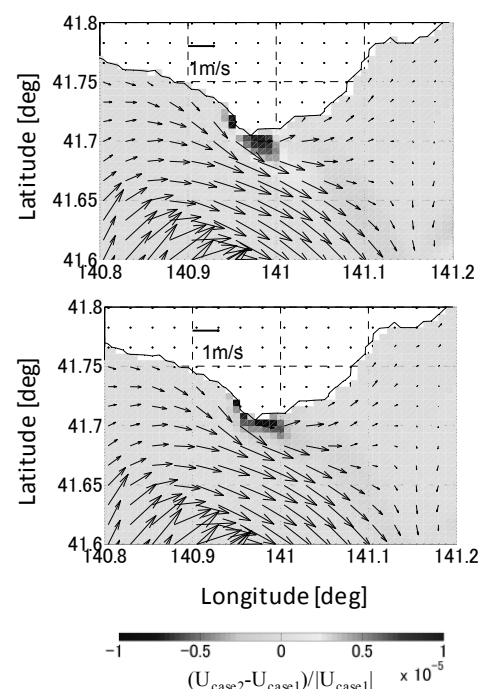


図-1 流速変化率。計算開始から 30 時間後 (上) $z = -3.5$ m, (下) $z = -23.7$ m.

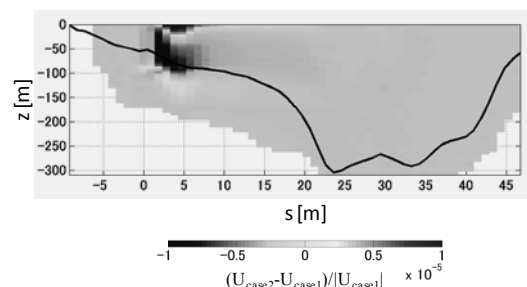


図-2 s 軸方向の流速変化率のプロファイル。 $s = 0$ は発電装置設置位置と等しい。計算開始から 30 時間後