

海流発電機設置による発電機及び静止円盤後方における流速欠陥の検討

鹿児島大学工学部 学生会員 ○福元伸二
 鹿児島大学工学部 正会員 長山昭夫

1. 背景・目的

海洋再生可能エネルギー利用促進に関する取組のひとつである海流発電に関して長崎県五島列島の奈留瀬戸および田ノ浦瀬戸では、実証フィールドとして数多くの検討がなされている。例えば平田ら(2015)は、発電機設置の有無によって発電量がどのように変化するかについて検討を行っている。複数の発電機を千鳥状に配置した場合、流下方向の平均流速が20%低下し、発電量が減少することを明らかにしている。しかしながら従来の検討では、発電機の設置による摩擦抵抗を設定した2次元計算が主流である。そのため、実際に発電機を設置した場合の発電機後方における流速欠陥の再現性に疑問が残る。さらに発電機設置と流速欠陥の関係について検討している論文は少ない。また、広範囲の領域(たとえば10km×10km)における発電機設置に伴う流速欠陥を検討する場合、羽車を回転体として計算を行うには計算負荷が過大となってしまう。そこで本研究は発電機の羽車を静止円盤と仮定し3次元計算を行った。得られた結果より、単体発電機と複数の発電機を並列に並べた場合の発電機後方における流速欠陥について検討を行う。

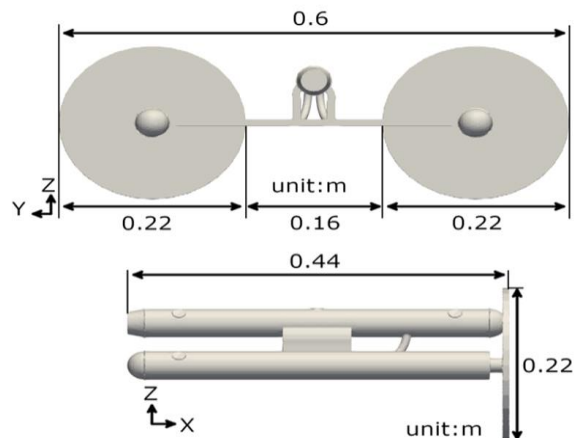


図-1 発電機形状

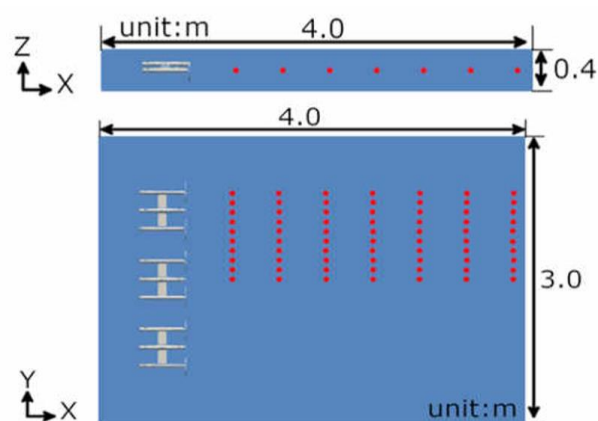


図-2 計算領域とサンプリング位置(赤色)

2. 検討方法

今回の解析には OpenFOAM(Open source Field Operation And Manipulation)の pimpleFoam ソルバを使用した。このソルバは圧力・速度連成解析を Issa(1986)による PISO 法を基本として時間ステップのループに Patankar&Spalding(1972)による SIMPLE 法を採用している点に特徴がある。乱流モデルは k-εモデルとし、事前に抗力や流速場の再現性については検討済である。また対象とした発電機は水中浮遊式海流発電システムとした。図-1に発電機形状を示し、図-2に計算領域とサンプリング位置

表-1 計算条件

	流入流速 [m/s]	発電機数	Re 数	発電機 間隔[m]
case1	0.1	1	39,384	-
case2	1.0	1	393,840	-
case3	0.1	3	39,384	0.11
case4	1.0	3	393,840	0.11

を示す。

発電機は、浮体長さ $D=0.44\text{m}$ 、浮体幅 $2R=0.6\text{m}$ 、円盤=0.22m、円盤間隔=0.16m、発電機間隔=0.11m とする。計算領域は流れ方向 $X=4\text{m}$ 、流れ直交方向 $Y=3\text{m}$ 、水深方向 $Z=0.4\text{m}$ とした。境界における流入

流速と発電機間隔については表-1 に示す。サンプリング位置は発電機下流方向に $x/D=1$ から 7 までとし、流れ直交方向には $y/R=0$ から 3 の範囲を 0.1m 間隔で合計 70 点とした。今回は円盤後方の流速欠陥を検討するために、各地点の主流方向流速を流入流速で除して無次元した。

3. 結果

図-3 に発電機単体の円盤後方における発電機中心を含む横断面方向の流線を可視化したものを示す。この図から円盤後方直後では、逆流に起因した渦が形成されていることがわかる。この渦について円盤中心を含む縦断面方向で確認したところ、同様の渦の形成が確認できた。つまり、円盤後方直後では 3 次元的な渦構造があることがわかった。

図-4 に各 case の無次元水平方向流速を示す。単体設置の case1 と case2 を比較すると Re 数の上昇に比例する形で円盤後方では流速欠陥が大きくなる。無次元水平方向流速に関して、流速欠陥が case1 では D1 で最大 2%、case2 では 80% になる。また流速欠陥の範囲は Re 数に比例することもわかる。これらは円盤後方に発生する渦の規模に影響を受けることが想定される。また複数機設置の case3 と case4 においては、 Re 数が小さい場合は流速欠陥が局所的に小さくなることはなく広範囲に広がる結果となった。これは円盤後方に発生する渦の規模が影響していると考えられる。一方、 Re 数が大きくなると、円盤中心位置後方 D1 で流速欠陥が最大 80% になる。円盤後方の流速欠陥は単体設置と同じだが、発電機間の円盤間の流れが加速されたためである。また D7 における流速欠陥は円盤後方で最も小さくなる単体設置の case2 とは異なり、発電機間位置で回復しにくい傾向にあることがわかる。

4. まとめ

(1) 発電機を単体設置した場合の流速欠陥は、 Re 数の大きい case2 の方が Re 数の小さい case1 より約 78% 増加した。このことより、 Re 数の上昇に比例する形で円盤後方の流速欠陥が大きくなることが分かる。

- (2) 円盤中心位置後方 D1 の流速欠陥は case2 と case4 とともに最大 80% になる。よって、円盤後方直後位置の流速欠陥は発電機の設置数に関わらず、同様の傾向があることが分かる。
- (3) 発電機の設置数が異なる case2 と case4 を比較した場合、複数機設置の case4 では発電機間の流速欠陥が 30% に留まる。これは発電機単体の円盤間が 0.16m なのに対して、隣り合う発電機の円盤間は 0.11m と狭くなることによって流速が加速されやすくなるためだと考えられる。

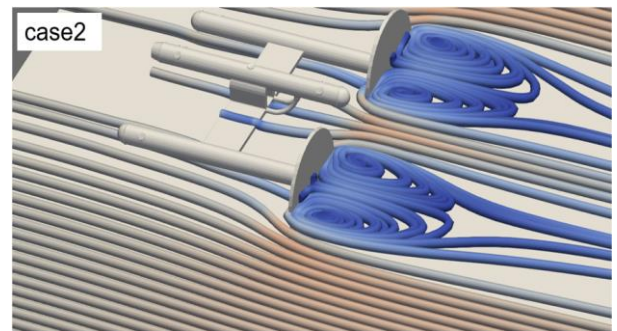


図-3 単体設置における横断面方向の流線

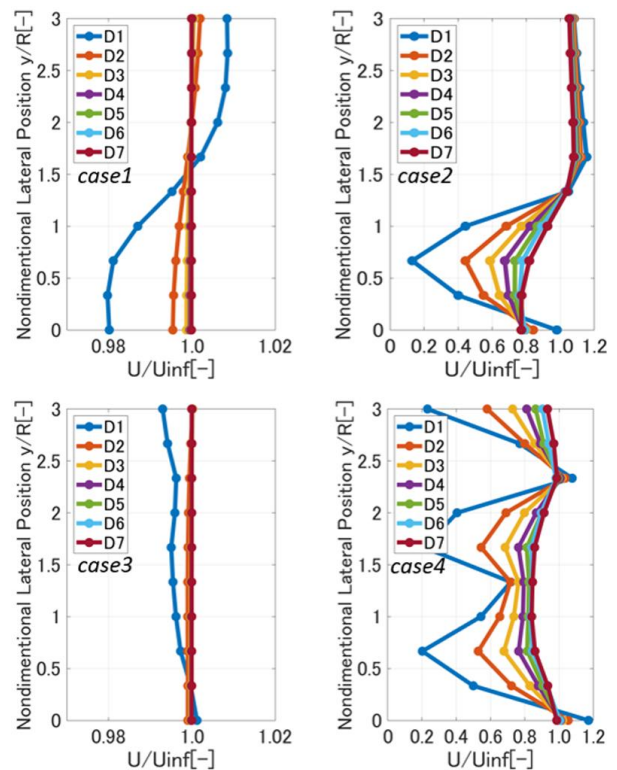


図-4 各 case の無次元水平方向流速分布