土木学会論文集, Vol. 81, No. 18, 25-18171, 2025.

JCOPE2Mによる日本沿岸海流鉛直分布のモデル化に向けた検討

片山　裕之[1]・大西　左海[2]

[1] 正会員　五洋建設株式会社技術研究所（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1）
E-mail: Hiroyuki.Katayama@mail.penta-ocean.co.jp (Corresponding Author)
[2] 正会員　五洋建設株式会社技術研究所（〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1）
E-mail:Sakai.Onishi@mail.penta-ocean.co.jp

着床式洋上浮力発電で外力として考慮する海流は，洋上風力のガイドライン等では海流として吹送流，水中流，海浜流が定義され，鉛直分布として吹送流は水深 20m で 0 になる直線分布，水中流は表層から海底までの 1/7 乗則（図-1）が提案されているが過大評価の懸念がある．一方，海洋学では十分発達した吹送流の鉛直分布を指数関数で表す Ekman 理論があり，沖合の鉛直分布に適合する報告もある．また，ガイドラインの海流鉛直分布を修正し，2 海域で適用性を検討した例もある．

本研究では海流の同時鉛直分布に着目し，海流鉛直分布の特徴である吹送流が卓越する表層流速と，吹送流の影響深度について JCOPE2M を用いて比較検討したものである．

Key Words : *ocean current, vertical distribution of ocean current, drift current, ekman's theory, ekman depth, JCOPE2M*

1. はじめに

着床式洋上浮力発電で外力として考慮する海流は，洋上風力のガイドライン等[注1)注2)]では吹送流，水中流，海浜流が定義され，鉛直分布として吹送流は水深20 mで0になる直線分布，水中流は表層から海底までの1/7乗則（**図-1**）が提案されている．浅海域では砕波による海浜流も考慮することになり，吹送流と水中流および海浜流の線形和が設計海流の鉛直分布を与えることになる．

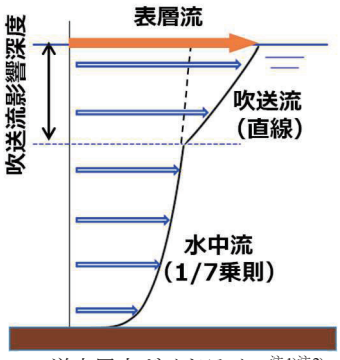
海流の鉛直分布は，例えば着床式基礎の安定性だけでなく洗堀にも影響するため重要であるものの，モデルパラメータの同定方法が明らかにされていないことから過大評価の懸念を指摘し，ガイドラインの修正分布を提案し，2海域ではあるものの適用性を検討した例もある[1)]．

また，JCOPE再解析データ(Japan Coastal Ocean Predictability Experiment)[2)3)]のような推算海流の鉛直分布を比較的水深の深い沖合で比べて，表層流速からの1/7乗則は過大評価となる傾向も確認されている[4)]．吹送流を排除して水中流に相当する成分に1/7条則を当てはめることも考えられるが，再解析データの表層流を水中流と吹送流に分離することは難しい．

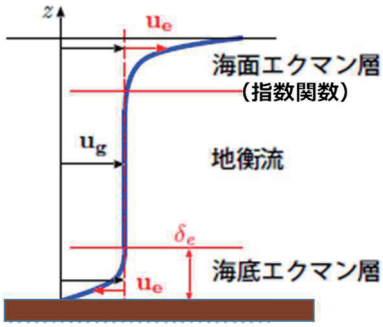
一方で，海洋学の分野では，海流の鉛直分布についてはEkman理論で説明される．これは，表層の海面Ekman層内の吹送流，海底面の摩擦の影響が顕著となる海底Ekman層内の底層流，および中層の地衡流からなる鉛直分布として説明されるものである[5)6)]（**図-1**）．Ekman理論の海流鉛直分布は，表層の海面Ekman層における海上風による吹送流と，中層のコリオリ力と圧力傾度のつり合いから生じる地衡流，海底面の摩擦による影響が強くなる底層流に区分して考えることができるが，水深が浅くなると中層の地衡流に比べ，吹送流と底層流の影響が大きくなる[7)]．

海流の検討には観測データを用いるのが望ましいが観測網もなく，実際にはJCOPEのような海流推算データを用いることが多い．JCOPEには1時間毎の高精度モデルのJCOPE-T（水平解像度1/36度）と日平均値である低解像度モデルJCOPE2M（水平解像度1/12度）がある．JCOPE-Tが検討には望ましいが長期間の再解析は高コストであり，JCOPE2MをJCOPE-Tで補正することにより長期データとして扱うことも推奨されている[注2)]．

本研究では海流の同時鉛直分布に着目し，海流鉛直分布の特徴である吹送流が卓越する表層流速と，洋上風力のガイドラインで20 mと示されている吹送流の影響深度，Ekman理論では海面Ekman層の深さ（Ekman深度やEkman層厚）で定義されるが，これらについて，設計への反映も考慮し低解像度モデルとして扱われるJCOPE2Mを用いて比較検討したものである．



(1) 洋上風力ガイドライン[注1)注2)]



(2) Ekman 理論[注3)]

図-1 海流鉛直分布概念図

2. 海流の鉛直分布理論や基準の整理

海流の鉛直分布に関して，いくつかの洋上風力のガイドライン等に記述があるが，国内の洋上風力ガイドラインは海外の基準（IEC61400-3-1[8)]）を参照しているものが多い．また，海外では例えばDNV[9)]のような基準もある．ここでは，Ekman理論[10)]を含め，各規準やガイドラインで記述されているもののうち，海流の鉛直分布，特に吹送流と，その影響範囲（吹送流の影響深度）に関する記述を整理した．なお，着床式洋上風力はコストの面から水深50～60mより浅い海域に適用され，構造形式からはモノパイルと重力式は水深30m以下の海域，ジャケットやトリポッド，トリパイルは水深30～60mの海域への適用が妥当とされている[注1)]．

(1) 国内洋上風力ガイドライン[注2)注3)] (IEC61400-3-1[8)])

国内のガイドライン等は，多くは海外の基準であるIEC61400-3-1を参照しているが，適用範囲などは明確には記載されていない．着床式洋上風力発電を想定して整備されてきており，その後に整備されてきた浮体式洋上風力のガイドライン[注2)]でも同じ記載となっている．

海流として吹送流，水中流，海浜流が定義されており，吹送流は水深20 mでゼロになる直線分布，水中流は表層から海底までの1/7乗則などが次式で提案されている．

$$U(z) = U_{ss} + U_W + U_{bw} \tag{1}$$

ここに，U_{SS}：水流の鉛直分布を表す水中流[m/s]，U_W：吹送流[m/s]，U_{bw}：海浜流[m/s]，である．また水中流と吹送流の各水流成分は次式を用いる．

$$U_{ss}(z) = U_{ss}(0)[(z+d)/d]^{1/7} \tag{2}$$

$$U_w(z) = U_W(0)[1 + z/20],\ U_w(0) = 0.01V_{1-hour} \tag{3}$$

ここに，z：静水面からの高さ[m]，d：水深（静水面から海底までの高さ）[m]，U_W：吹送流[m/s]，$V_{1\text{-hour}}$：海面上10 m風速の1時間平均値[m/s]である．なお水中流については，水面下20 mの流速から算出することができるとされている．これは水面下20 mでは吹送流の影響がなくなる考え方によると思われる．

(2) DNV-ST-0437[9)]

DNV(Dot Norske Veritas)による規格であり，洋上風力発電に関わる荷重や設置環境における条件などを整理しており，欧州の洋上風力で参照される．

DNVでも規格の適用範囲までは記載されていない．水中流については潮流と吹送流の和で表され，それぞれ以下のように定義されている．

$$U_{ss}(z) = U_{tide}(z) + U_W(z) \tag{4}$$

$$U_{tide}(z) = U_{tide}(0)[(z+d)/d]^{1/7} \tag{5}$$

$$U_W(z) = U_W(0)[1 + z/50] \tag{6}$$

$$U_w(0) = (0.016 \sim 0.033)V_{1-hour} \tag{7}$$

ここで，国内ガイドラインと異なる点は，吹送流の影響深度が50 mと定義されている点と，吹送流と海面10 m風速との比率が，国内は0.01であるのに対して，DNVでは0.016～0.033と範囲をもって定義されている点である．

(3) 石原ら[1)]

海流を水中流と吹送流の和として表し，吹送流は風波とうねりにより生じる流速の2乗和として表す式を提案している．

$$U_{SS}(z) = U_{SS}(z_r) + \left(\frac{d-z}{d-z_r}\right)^{1/7} \tag{8}$$

$$U_W(z) = U_W(0)\left\{1 - \frac{z}{z_r}^{\beta}\right\}(0 < z < z_r) \tag{9}$$

$$U_W(0) = \sqrt{U_{W,W}^2 + U_{W,S}^2} \tag{10}$$

$$U_{W,W} = kV_{1-hour}\left\{1 - \frac{V_r}{V_{1-hour}}^4\right\}^{-2} \tag{11}$$

ここに，z_r：吹送流の影響深度（20～50 m），$U_{W,W}$：風波による流速，$U_{W,S}$：うねりによる流速，V_r：基底流速，k：海上風速と吹送流の係数（0.01～0.033）である．なおβ=1，V_r=0，$U_{W,S}$=0のとき，IECおよびDNVのモデルと一緒になる．このモデルを福島，銚子の年平均流速の観測鉛直分布で検証し，吹送流影響深度はz_r=50 m，吹送流と海面風速の比はk=0.014～0.016と算定している．

(4) Ekman 理論[10)]

ここでは簡単にEkman理論を整理する．Ekmanの理論では，海上風が十分長時間継続した場合に引き起こされる吹送流は，海面上10 mの海上風速U_{10}[m/s]と緯度φ[度]を用いて次式で表される摩擦深度D_fの深さまで螺旋状に減衰する鉛直分布となる．

$$D_f = \pi\sqrt{\mu/(\rho\omega \cdot sin\varphi)} \tag{12}$$

ここに，μ：粘性係数[g･cm/s]，ρ：海水の密度[g/cm^3]，ω：地球の自転角周波数[rad/s]，である．この摩擦深度D_fは，北半球の日本の緯度25～40° の範囲では，例えば海上風速30 m/sの場合は280～350 m程度となる．

またEkman理論では，流速の鉛直分布$V(z)$は，摩擦深度D_fおよび表層流速V_0から次式で表される．

$$V(z) = V_0 e^{-\pi z/D_f} \tag{13}$$

なお表層流速V_0については，一定時間継続して吹いている条件にて次式で表される．

$$V_0 = \begin{cases} 0.0232U_{10} & : \varphi<17.5 \\ 0.0127U_{10}/\sqrt{sin\varphi} & : \varphi\geq17.5 \end{cases} \tag{14}$$

3. 海流の鉛直分布特性

ここでは，各ガイドラインや基準に記載される数値に差異があると思われる，表層吹送流や，その影響深度についてJCOPE2Mを用いて検証を行う．検証は，洋上風力設備の設計に反映されることを想定し，極値として扱われる最大流速，特に吹送流に着目し，表層流速が最大となる同時鉛直分布を調べた．また，代表する鉛直分布の特性を把握するために，各対象地点における各月の最大表層流速時の同時鉛直分布を抽出した．

(1) 海流の鉛直分布特性

JCOPE2M（2009～2019年）による推算海流データから，日本の代表海域として16地点（**図-2**）の表層流が月最大となる同時鉛直分布を，各月の最大表層流速で無次元化して整理した．代表地点の結果を**図-3**に示した．各地点で，沿岸からの測線上で，水深が100 m，200 m，500 mに近い地点を選び，水深や沿岸からの距離による海流の鉛直分布特性を調べた．なお，水深500 m地点のみ400 mまでの表記としている．**表-1**に対象とした地点の抽出位置の水深を示した．なお図中には，各月の表層最大時の同時鉛直分布の他に，平均（黒線）と，表層流の平均

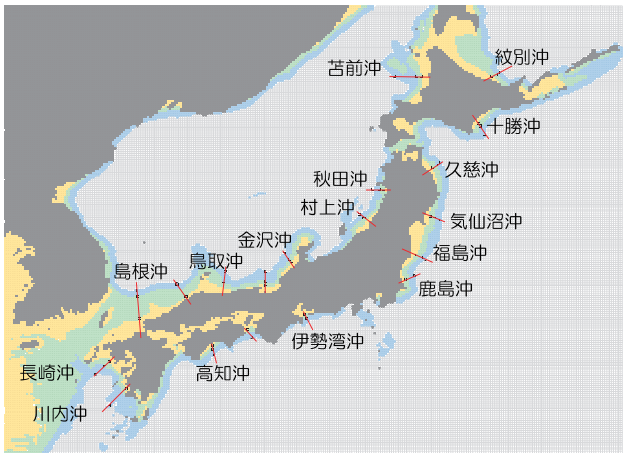
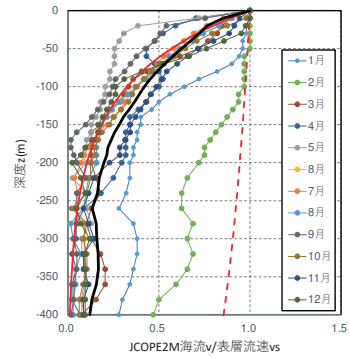


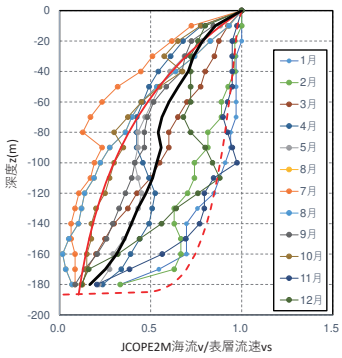
図-2 検討点位置図

表-1 検討対象地点名の抽出位置の水深

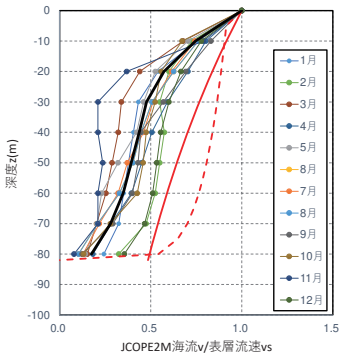
No	地点名	抽出位置水深		
		100m	200m	500m
1	紋別沖	98.06	195.49	479.61
2	十勝沖	106.89	193.80	480.88
3	久慈沖	102.25	211.69	471.87
4	気仙沼沖	113.98	190.32	463.25
5	福島沖	110.28	215.69	529.11
6	鹿島沖	122.35	229.84	462.69
7	伊勢湾沖	96.04	230.76	566.43
8	高知沖	92.98	170.18	523.20
9	苫前沖	110.91	203.02	514.00
10	秋田沖	115.31	211.07	522.71
11	村上沖	82.05	186.68	599.67
12	金沢沖	105.78	203.87	512.64
13	鳥取沖	99.94	204.99	523.00
14	島根沖	123.12	188.69	439.48
15	長崎沖	105.13	192.43	494.07
16	川内沖	102.66	172.69	540.21



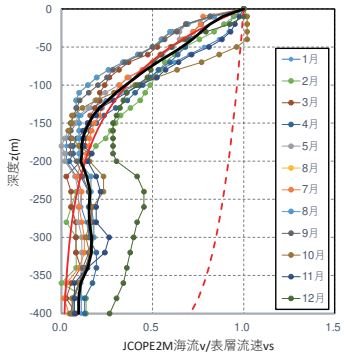
(1) 村上沖（水深 599.7 m）



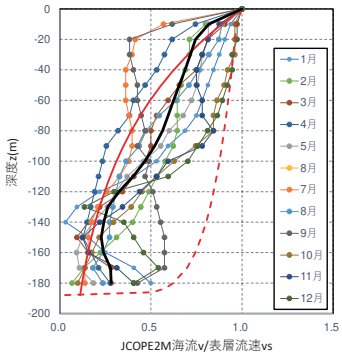
(2) 村上沖（水深 186.7 m）



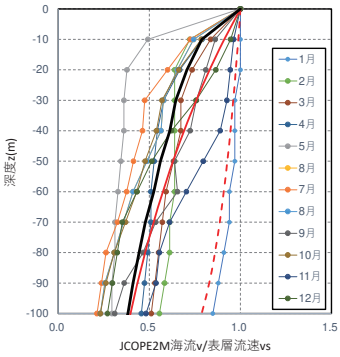
(3) 村上沖（水深 82.1 m）



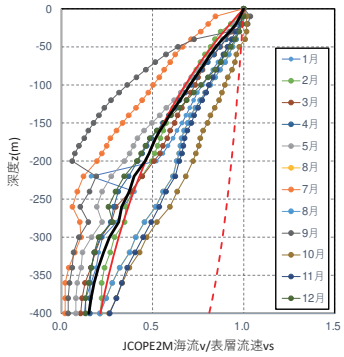
(4) 島根沖（水深 439.5 m）



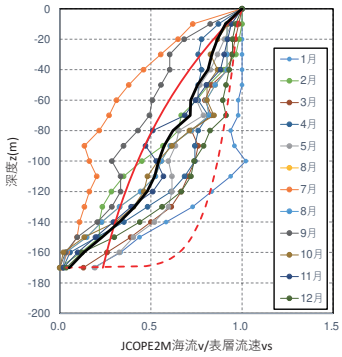
(5) 島根沖（水深 188.7 m）



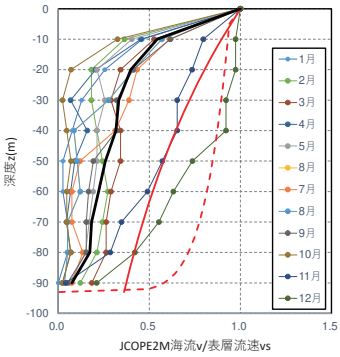
(6) 島根沖（水深 123.1 m）



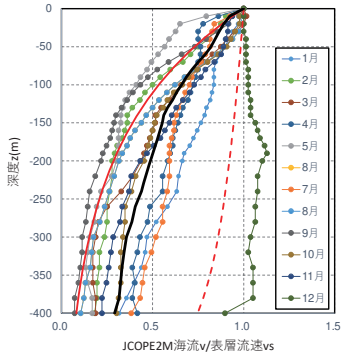
(7) 高知沖（水深 523.2 m）



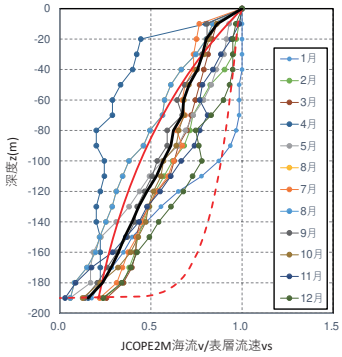
(8) 高知沖（水深 170.2 m）



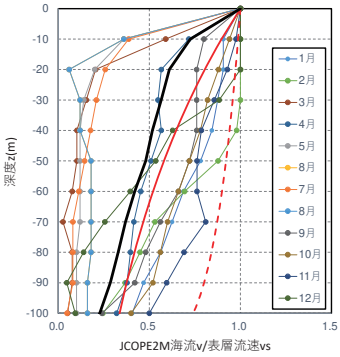
(9) 高知沖（水深 93.0 m）



(10) 気仙沼沖（水深 463.3 m）



(11) 気仙沼沖（水深 190.3 m）



(12) 気仙沼沖（水深 114.0 m）

黒線：各月の平均分布，赤線：Ekman 理論，赤点線：1/7 乗則

図-3　JCOPE2M 推算流速鉛直分布（表層最大時同時分布）の季節変化と Ekman 理論および 1/7 乗則との比較

を起点とした 1/7 乗則（赤点線）と Ekman 理論による分布（赤線）も示した．Ekman 理論分布については，各地点の緯度から表層流速を式(14)で算出するが，ここでは JCOPE2M の表層流速と整合するように海面風速を逆算している．

代表地点の海流鉛直分布をみると，水深の深い 500 m 地点では，村上沖の 2 月と気仙沼沖の 12 月を除いて Ekman 理論で表される指数関数分布の方が適合する傾向が見られるが，水深が 200 m，100 m と浅くなると分布にばらつきが見られるようになり，1/7 乗則に代表される 1/n 乗則に整合する分布も見られるようになる．

水深 500 m の分布は，どの地点も各月の表層最大流速分布に大きな差異がなく，日本海側の村上沖と島根沖は水深 150 m 付近に分布の屈曲点が見られる一方，太平洋側の高知沖と気仙沼沖は下層に向かっての流速の減衰が小さい．特に黒潮が沖合を通過する高知沖は分布の屈曲点が見られなく，水深 200 m で表層の 50%程度に流速が減衰するとの報告[11]もあるが，同様の傾向を示している．

水深 100 m の分布では，村上沖では各月とも吹送流の影響深度が 20～30 m あたりに見られる指数型分布を示し，高知沖でも 11 月と 12 月が 1/n 乗則分布を示す以外は吹送流の影響深度が 20～30 m あたりに見られる指数型分布を，気仙沼沖では 3～5 月と 7～8 月が指数型を示すなど，地点により傾向が異なるものの，指数型と 1/n 乗則型の 2 つの分布が見られることがわかった．

月別の表層流速が最大となる時は風も強く，風波砕波が発生していると推測されるが，砕波に伴う乱流運動エネルギーは，鉛直輸送を通じて下向きに輸送され散逸していく．この砕波により生じる乱流は，有義波高の 10 倍程度の水深までにしかおよばないと考えられている[12]．この考え方に基づくと，吹送流影響深度が 30 m の場合に相当する海象状況としては有義波高 3 m 程度となり，月最大の有義波高とも現実的には整合すると考えられる．

(2) 表層流と海面風速の関係

海流の鉛直分布をモデル化する場合，表層流速 U_W を起点に考えることが多く，その大きさの評価が重要である．一般には，表層流速 U_W は，海面上 10 m 風速 $V_{1\text{-hour}}$ を用いて次式で表される．

$$U_w(0) = k \times V_{1-hour} \tag{15}$$

式(15)において，国内ガイドラインでは k=0.01 が提唱されるが，DNV では k=0.016~0.033 が提唱されている．また Ekman 理論では日本の緯度範囲（30～45 度）で k=0.015～0.018 となる．この係数の感度分析を行うため，吹送流の影響が卓越していると思われる各地点の表層最大流速と以下の 2 つとの関係を調べた．

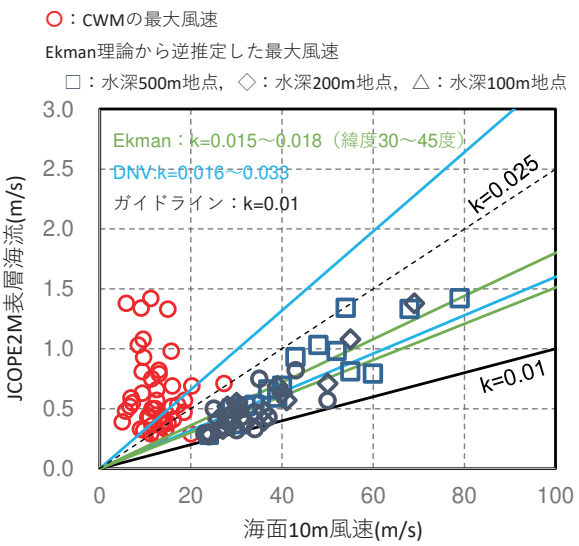


図-4 JCOPE2M 表層最大流速と海上風速との比較

① 図-3 において Ekman 理論分布を示すために逆算した海上風速値

② 表層最大流速が生じた前日と当日の一番近い算出地点の沿岸波浪数値予報モデル GPV(CWM)から配信される海面上 10 m 風速のピーク値（以降，CWM 海上風とする）

なお，CWM 海上風との比較においては，代表地点の 2009 年以降の年最大表層流速に対して整理した（図-4）．

図中の Ekman 理論分布を示す際に逆算した海上風速を，それぞれ水深 500 m（□），200 m（◇），100 m（△）に分けて示した．また，図中には国内ガイドラインの k=0.01 を黒線，DNV 推奨の 0.016～0.033 を水色線，Ekman 理論の k=0.015～0.018 を黄緑色線で示してある．

この結果より，ばらつきはあるが全体的にガイドラインの k=0.01 が下限を示し，上限は k=0.025 程度となった．また，海上風速が大きくなると k が大きくなる傾向が見られる．各水深帯の違いは，水深 100 m の平均は k=0.014，水深 200 m の平均は k=0.016，水深 500 m の平均は k=0.017 となっており，水深が大きくなると k が大きくなる傾向も見られた．この結果より，係数 k は，ガイドラインの k=0.01 よりは大きい可能性が高く，海面風速や水深に応じて微増する可能性が考えられる．

なお，逆算から算出された海上風速が 40 m/s を超える強風となるケースが複数見られる一方，図中の赤丸は CWM 海上風との関係であるが，CWM 海上風はピーク風速でも 20 m/s を超えない程度である．海面上の風速に関しては真値の評価が難しく，また Ekman 理論の式(14)は十分発達した吹送流に対して適用されるものであり，吹送流の評価には高精度な海上風速の推定が必要である．

(3) 吹送流の影響深度

表層流の月最大時は吹送流が卓越していると想定し，

その影響深度を調べた．なお，石原ら [1]も福島と銚子の観測データで検討をしており，吹送流影響深度以深の分布に対して，1/7 乗則との平均絶対誤差の変化率から同定している．本検討では，複数地点かつ水深の異なる分布に対して判定するため，機械的に算出するのは誤差が伴うと考え，目視で吹送流影響深度と思われる分布の屈曲点を判定した．なお，Ekman 理論のように海上風の影響が水深方向に指数関数的に減少するケースと，強風が長時間吹き海面からある深さまでの鉛直混合層内で流速が一定になるケースも考えられる．気仙沼沖の最大表層流速の鉛直分布では，水深 100 m と 200 m では表層で影響深度が判定されるが，水深 500 m では表層の鉛直混合層のような流速一定範囲と，水深 100 m に分布勾配の変化点が見られる．福島沖でも水深 200 m と 500 m の分布において同様の傾向が見られる（**図-5**）．本検討では，風波砕波の鉛直輸送の考え方も参考に，2 つの変曲点が考えられる場合は表層側を採用した．なお，Ekman 層厚（式 16）は混合層の深さに相当すると考えられ，中緯度では 10～100 m 程度 [13]になり，吹送流の影響深度として示されているガイドラインの水深 20 m や DNV の水深 50 m に近く，実効深度に近い値と考えられる．

$$D_E = \sqrt{\frac{2\gamma}{f}} \tag{16}$$

ここで，f: コリオリパラメータ，ν : 動粘性係数である．

影響深度を抽出した結果を，各地点の最大表層流速との相関図として示した（**図-6**）．抽出では，特に水深の大きい地点で見られた明確な勾配変化点が見られないものを除くと，抽出地点の水深のほとんどはガイドライン(20 m)，DNV(50 m)で示される吹送流影響深度の範囲に分布した．表層海流と吹送流影響深度の関係については，今回の抽出結果からは明確な相関までは見られなかった．なお，表層流速が大きいほど吹送流の影響深度が小さくなる傾向にも見られるが，JCOPE2M の表層流速最大となっている当日の気象なども確認しながら，更にデータを追加して検討をする必要がある．

4. 主要な結論

推算海流である JCOPE2M を用いて，海流の同時鉛直分布について特徴となる表層流と海面風速の関係，および吹送流の影響深度について調べた．その結果，以下のことが確認された．

- 水深 500 m の沖合の海流鉛直分布は，ガイドラインで示される 1/7 乗則より指数関数的な Ekman 分布の方が整合するが，水深が 200 m，100 m と浅くなると分布にばらつきが見られ，1/7 乗則に代表される 1/n 乗則が整合するケースも見られるようになる．
- 表層流速 U_w と海面上 10 m 風速 $V_{1\text{-hour}}$ の関係を，係数 k を用いて $U_w=k\times V_{1\text{-hour}}$ で表す場合，日本の緯度範囲においては，ガイドラインで示される k=0.01 は下限を示し，DNV で示される k=0.016～0.033 の範囲に分布する傾向が見られ．また，海上風速に応じて k が微増する傾向も見られた．
- 吹送流の影響深度（Ekman 深度）は，水深 100 m ではガイドライン(20 m), DNV(50 m)が推奨する範囲に多くが分布したが，水深の大きい地点では 50 m を超える地点も多くみられたことから，影響深度には水深依存性が考えられる．また，表層流速が大きいほど小さくなる傾向が見られたが，更にデータを追加した検討が必要不可欠である．また JCOPE2M は推算海流であるので，可能な範囲で観測データによる検証が望ましい．

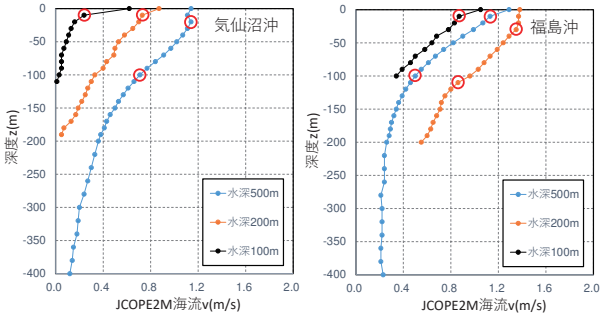


図-5 吹送流影響深度の判定例

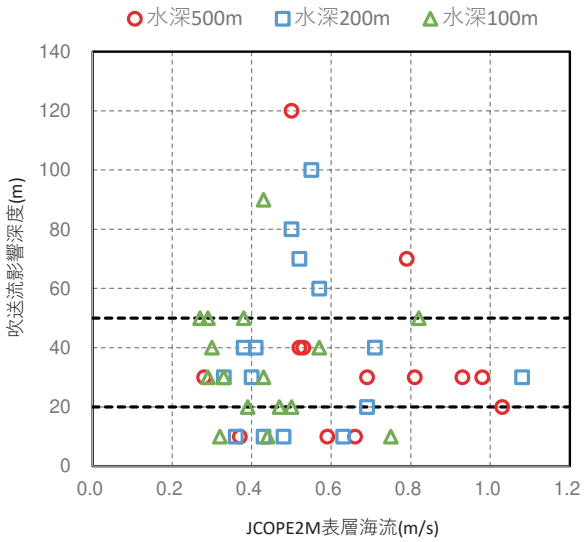


図-6 吹送流影響深度と表層流速の比較

謝辞：海流の鉛直分布理論については，元新潟大学教授の泉宮尊司氏との議論が有益であった．ここに謝辞を表する．

NOTES

注1) 国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構 : 着床式洋上風力発電導入ガイドブック（最終版），pp.15-16，2018.

注2) 一般財団法人日本海事協会：ウィンドファーム認証に係る技術資料，Ver.20171212，p.33.

注3) 国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構：浮体式洋上風力発電技術ガイドブック，pp.39-40，2018.

注4) 流体地球科学第 6 回テキスト，https://ovd.aori.u-tokyo.ac.jp/fujio/2019chiba/2019chiba06.pdf.

REFERENCES

1) 石原孟，君塚貴之，川竹拓也，荒川洋 : 吹送流の鉛直分布を考慮した流速と風速の関係式の提案，第 45 回風力エネルギーシンポジウム, Vol.45, pp.125-128, 2023. [Ishihara, T., Takayuki, K., Takuya, K. and Hiroshi, A.: A study of relationship of current and wind considering vertical profile of wind-driven current, Journal of JWEA, Vol.45, No.1, pp.125-128, 2023.]

2) 宮澤泰正，山形俊男 : JCOPE 海洋変動予測システム，月間海洋，Vol.35，No.12，pp.881-886，2003.[Miyazawa, Y. and Yamagata, T.: JCOPE Ocean Change Prediction System, Kaiyo monthly, Vol.35, No.12, pp.881-886, 2003.]

3) Miyazawa, Y., R. Zhang, X. Guo, H. Tamura, D. Ambe, J.-S. Lee, A. Okuno, H. Yoshinari, T. Setou, and K. Komatsu: Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis. J Oceanogr 65, pp.737–756, 2009.

4) 片山裕之，鵜飼亮行 : 日本沿岸海流の鉛直分布，土木学会論文集, Vol.80, No.18, 24-18165, 2024. [Katayama, H. and Ukai, A. : Vertical distribution of ocean current along the Japanese coast, Journal of JSCE, Vol.80, Issue18, 24-18165, 2024.]

5) 日高孝次 : 海流，岩波全書，282p，1955．[Hidaka, K. : Ocean current, Iwanami zensho, 282p, 1955.]

6) 安藤定雄 : 海洋構造物の設計ガイド : 自然環境条件 (その 3)，日本造船学会海洋工学委員会・設計分科会，671 巻，pp.284-286，1985．[Ando, S. : Design Guide for Offshore Structures: Natural Environmental Conditions (Part 3) , the Society of Naval Architects of Japan, Vol.671, pp.284-286, 1985.]

7) 八木宏，緒方健太郎，日向博文，灘岡和夫 : 風が引き起こす非成層期の沿岸境界層の基本特性，海岸工学論文集，Vol.44，pp.456-460，1997．[Yagi, H., Ogata, K., Hinata, H., and Nadaoka, K. : Basic characteristics of the coastal boundary layer during the non-stratified period caused by wind, Proceedings of Coastal Engineering, JSCE, Vol.44, pp.456-460, 1997.]

8) IEC61400-3-1, Wind energy generation systems -Part3-1: Design requirements for fixed offshore wind turbines, 2019.

9) DNVGL-ST-0437, Loads and site conditions for wind turbines, 2021.

10) 日高孝次 : 海流，岩波全書，282p，1955．[Hidaka, K. : Ocean current, Iwanami zensho, 282p, 1955.]

11) 道田豊 : ADCP データからみた黒潮の流速構造，水路部研究報告，Vol.31，pp.45-56，1995．[Michita, Y., : Velocity profile of the kuroshio meαsured with shipborne adcp, report of hydrographic researches, Vol.31, pp.45-56, 1995]

12) 吉川裕，遠藤貴洋 : 海洋表層混合層における乱流混合に関する研究，海の研究，26(5)，pp.239-250，2017.[Yoshikawa, Y. and Endo, T. : A review of studies on turbulent mixing in ocean surface boundary layer, Oceanography in Japan, 26(5), pp.239-250, 2017.]

13) 小倉義光 : 気象力学通論, 東京大学出版会, pp.212-213, 1980．[Ogura, Y. : Introduction of Atmospheric Dynamics, Univ. of Tokyo press, pp.212-213, 1980]

(Received February 4, 2025)
(Accepted May 15, 2025)

STUDY FOR MODELING THE VERTICAL DISTRIBUTION OF OCEAN CURRENTS ALONG THE COAST OF JAPAN USING JCOPE2M

Hiroyuki KATAYAMA and Sakai ONISHI

The guidelines for offshore wind power generation define the ocean currents to be the drift current, underwater current, and nearshore current, and propose a linear distribution that reaches zero at a depth of 20 m for the drift current and 1/7 power law from the surface to the seafloor for the underwater current, but there are concerns about overestimation. On the other hand, in oceanography, there is Ekman's theory, which expresses the vertical profile of a well-developed drift current as an exponential function, and there are reports that it fits the vertical profile of offshore currents. There is also a case in which the vertical profile of the guideline was modified and its applicability was examined in two offshore areas.

In this study, we focus on the simultaneous vertical profile of ocean currents and compare the characteristics of the vertical profile of ocean currents, i.e., the surface velocity at which the drift current dominates and the depth of influence of the drift current, using JCOPE2M.