

II-93 沿岸境界近傍における吹送流中での縦渦構造の形成について

東京工業大学 学生員 内山 雄介
東京工業大学 正 員 灘岡 和夫

1. はじめに

青潮・赤潮等の沿岸域における環境問題を考える上で、海水の鉛直混合メカニズムを明らかにすることが重要なポイントの一つとなる。例えば、青潮では底層水が表層へ湧昇し混合するプロセスが重要となるが、東京湾奥部に発生する青潮には、湧昇域内の水表面の白濁水がストリーク状に風の吹送方向へ発達し、縦縞パターンが現れている状況が航空写真などにしばしば捉えられている。この種の縦縞状のパターンは Langmuir 循環との関連で論じられることが多いが、ここで対象とするような岸近傍の海域で、しかも fetch ゼロからスタートする岸から沖向きの風の場合では、Langmuir 循環の生成メカニズムにおいて重要な役割を果たすものと考えられている水の波の重合波による Stokes drift の存在¹⁾を想定できない。そこで本研究では、沿岸境界付近の縦縞生成現象が「岸」という明確な幾何形状に拘束されて発生する海-陸境界現象であるものと考え、細密格子を用いた3次元数値計算により、縦渦構造に起因すると考えられるストリークパターンを短周期の風波を考慮せずに再現し、その発生メカニズムを考察するとともに、物質拡散・混合に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。

2. 数値計算の概要

基礎式はブジネスク近似、静水圧近似の3次元N-S方程式および連続式であり、水平渦動粘性係数を Smagorinsky 型モデル、鉛直渦動粘性係数をレベル2.5乱流クロージャーモデルを用いて算定するマルチレベルモデル(POM: Princeton Ocean Model)を使用した。ここでは、沿岸海域を想定して設定した一様密度の矩形領域に風速 5.0m/s、沖向きの一定風を吹かせて行った基礎的計算結果について述べる。計算領域や境界条件などは図-1に示す通りであり、計算ではまず、岸沖断面2次元計算を実施して定常な吹送流場を求め、算出された流速場を沿岸方向に展開して一様に与えた。そして、主流速(x方向流速)に最大±5%のホワイトノイズを全領域に与えて3次元計算を行い、微小擾乱の発達を追った。

3. 数値計算結果

3次元計算開始後12時間程度で概ね定常な流速場が得られた(図-2)。風応力により表層水は沖向きに移流されるが、水位勾配により沖から岸向きの圧力勾配が生じているため、下層では岸向きに流れており、その結果、海岸線付近で鉛直循環流が形成される。図-3に示した計算開始12時間後におけるy-z平面内流下方向渦度の岸沖方向の分布を見ると、水深スケール以下程度の2次流的な縦渦構造が現われていることが分かる。このような構造は、水平格子スケールを水深スケール以下に取った微細格子を用いることにより、はじめてシミュレートすることが可能となったのである。これらを見ると、岸付近で始まった沿岸方向の大きな揺動が、風の吹送方向である沖方向に流下するにつれて次第に水深程度の直径を有する縦渦に発達していく様子が分かる。岸から約400mより沖では、岸沖方向に軸を有する縦渦が、互いに逆向きの渦対として沿岸方向に並んで発達している。これは、風応力のシアにより形成された沿岸方向に軸を持つ渦管が、岸沖方向の吹送流の加速度効果により stretch されることにより、微小擾乱が選択的に増幅され、岸沖方向に軸を有する縦渦に発達する様子を示しているものと考えられる。次に、このような鉛直渦構造の存在が沿岸域の流動パ

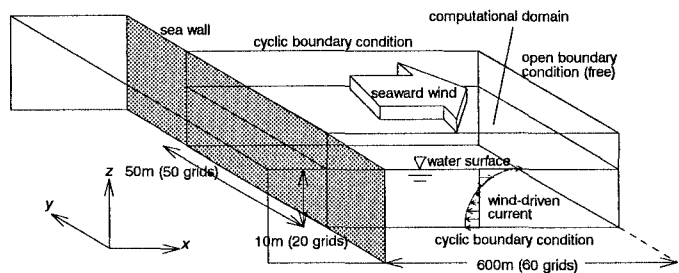


図-1 数値シミュレーションの概要

キーワード：沿岸境界、吹送流、縦渦構造、ストリーク、数値シミュレーション

連絡先：(住所)東京都目黒区大岡山2-12-2、(電話)03-5734-3486、(FAX)03-3729-0728

ターンに及ぼす影響を検討するために、計算開始 12 時間後における流速場を用いて、中立粒子の軌跡を追跡計算した。図-4 は $x=300\text{m}$ から表層付近（水深 $0\sim 4\text{m}$ ）に 2000 個の中立粒子を放出し、放出後 1000, 2500, 4000 秒後の全粒子の位置を x - y 平面に投影したものである。時間の経過とともに沿岸方向の粒子位置に揺動が現れ始め、4000s 後には明確なストリーク状のパターンが形成されている。このストリーク・パターンは、中立粒子が x 方向への流下とともに縦渦に伴う鉛直循環流により上昇・沈降し、図-2 に示したような流速分布の影響により上昇域では表層付近の高速流に、下降域では低速あるいは岸向き流れに捕らわれて移流されるため生じたものと考えられる。ここで、浮遊性粒子は表層における縦渦の収束帯に集積し、沈降性粒子では縦渦の発散帯に集積すると推察されるので、粒子の浮力によって実際に海表面に現われるストリークパターンは若干異なるものと思われる。しかしながら、いずれにしても現地で見られる縦縞状のパターンは以上のような縦渦構造に直接対応しており、このような構造の存在によって沿岸域の物質混合が促進されるものと考えられる。

4. おわりに

沿岸域では吹送流により明瞭な縦渦構造が形成され、ストリーク状のパターンが現れる。これは短周期波の効果を考慮しなくても発達することから、通常のLangmuir循環とは異なった海一陸境界領域特有の現象と考えられ、岸近くの浅海域の水質環境に影響を与える可能性があること等が本研究により明らかとなった。今後は、地形や密度効果を取り入れた計算を行い、地形や成層度が縦渦形成や物質混合過程に及ぼす影響について検討していく予定である。

参考文献： 1) Craik, A.D.D. and S.Leibovich (1976), *J. of Fluid Mech.*, Vol.73, pp.401-426.

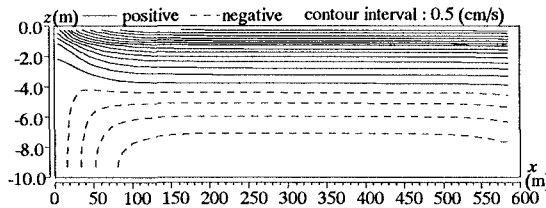


図-2 x - z 断面内流下方向流速 u コンター

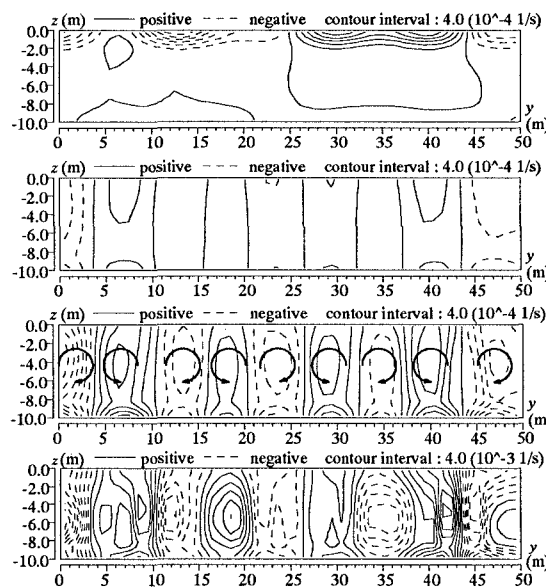


図-3 y - z 平面内流下方向温度の x 方向変化
(上から順に、 $x=15\text{m}$, $x=200\text{m}$, $x=400\text{m}$, $x=600\text{m}$)

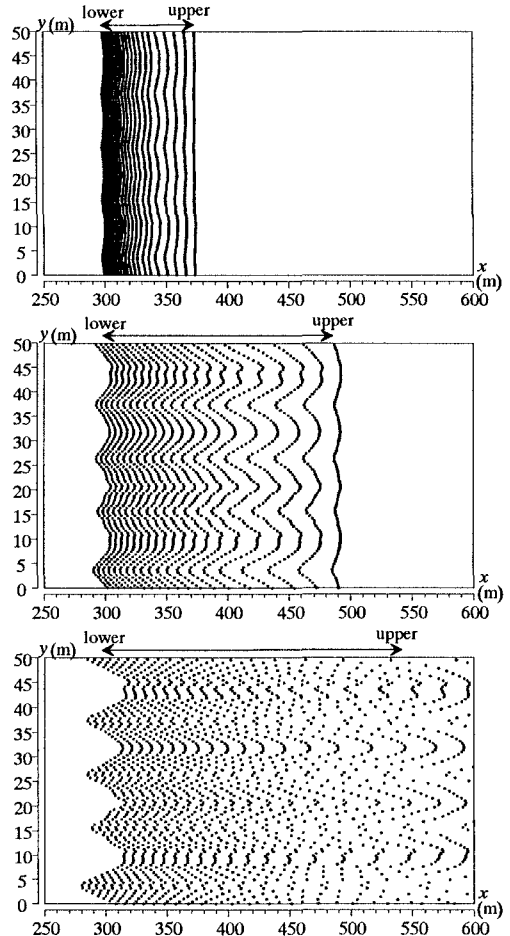


図-4 x - y 平面内における中立粒子の軌跡
(上から順に、粒子放出後 1000s, 2500s, 4000s)