

京都大学大学院	学生員	○一ノ宮俊明
京都大学防災研究所	正会員	井上 和也
運輸省	正会員	豊田 政史
京都大学防災研究所	正会員	戸田 圭一

1. はじめに

河口域では、河川流出水と海水が作用しあって複雑な流動構造を形成している。本研究では、河口域のような成層化した流れ場の鉛直方向の運動量輸送、物質輸送をより詳細に把握することを目的とし、 $k-\varepsilon$ モデルを導入した流れ場の3次元解析を行い、従来の0方程式モデルとの比較、検討を行った。

2. 基礎方程式

対象とする流れ場は、密度差に起因する浮力の影響を受けながら水平および鉛直方向に拡がるので、3次元解析法を採用した。基礎方程式として、静水圧分布ならびにBoussinesq近似のもとで、連続式、運動方程式、密度偏差の保存式、トレーサー濃度の保存式（トレーサー濃度は海水の密度に影響を与えないものとする）を用いており、 $k-\varepsilon$ モデルにおいては、 k と ε の輸送方程式を加えている。これらの基礎方程式をcontrol volumeで積分し、explicitな解法で計算を進めた¹⁾。

3. 乱流モデル

ここでは、水平方向の渦動粘性係数は一定とし、鉛直方向の渦動粘性係数の算出に0方程式モデル、 $k-\varepsilon$ モデル²⁾を用いた。なお、鉛直方向の渦動粘性係数（以後、鉛直渦動粘性係数と呼ぶ）は、成層の安定性を考慮して、それぞれのモデルから得られた値をリチャードソン数の関数で縮小している。

4. 計算条件

地形の複雑さの影響を取り除くために、図1に示すようなきわめて単純なモデル沿岸域を計算対象領域とした。水平方向の差分格子は $\Delta x = \Delta y = 1000\text{m}$ 、鉛直方向は $\Delta z = 1\text{m}$ とし、計算時間間隔は $\Delta t = 10\text{s}$ とした。なお、初期条件として、全領域で一定の水位および海水の密度（ 1022kg/m^3 ）を与え、河川の上流端から流量 $Q = 500\text{m}^3/\text{s}$ （密度 $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ ）を定常的に与えている。

5. 結果と考察

図2は計算開始から8日後の中心軸に沿った縦断面内における鉛直渦動粘性係数の分布図である。0方程式モデルから得られる鉛直渦動粘性係数は、表層で成層の影響をうけて小さくなっているものの、

成層の影響をうけない底層部では一定の値をとっている。これに対して、 $k-\varepsilon$ モデルから得られる鉛直渦動粘性係数は、河口近傍の底層部で大きな値を示しているが、表層部の $x = -5\text{km}$ 付近から沖では非常に小さな値を示している。これは、ここには示さないが、表層の k の値が0に近くなってしまってい

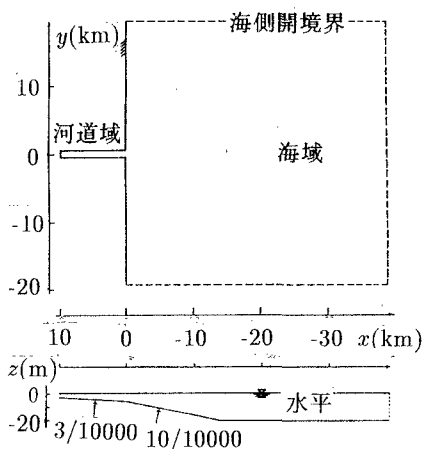


図1 計算対象領域

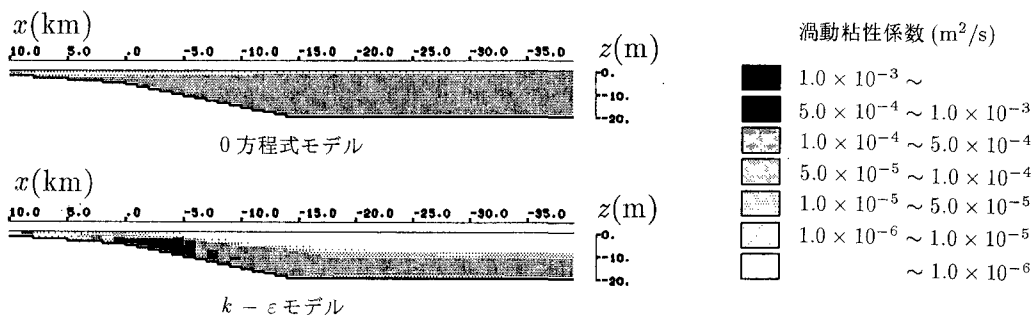


図2 渦動粘性係数の分布

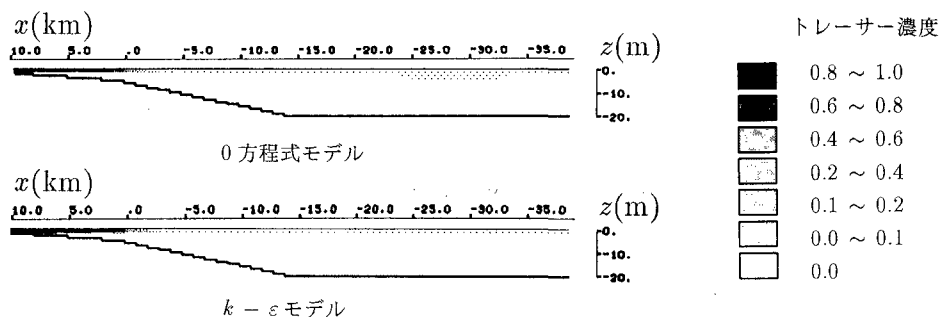


図3 トレーサー濃度の分布

ることに起因しており、自由表面における k の有限性を考えたなんらかの工夫が必要であると考えられる。つぎに、鉛直渦動粘性係数の差違が流動構造に及ぼす影響について、図3に計算開始から8日後の中心軸に沿った縦断面内におけるトレーサー濃度分布図を示す。0方程式モデルでは、 k - ε モデルと比べ、河川水の水深方向への拡がりが大きくなっていることがわかる。図4は、計算開始から8日後の、中心軸に沿った、表層流速 u の x 方向の変化である。河口付近では0方程式モデルの方が大きくなっているが、沖の方では、 k - ε モデルの方が大きくなっている。このことと図3より、 k - ε モデルでは、0方程式モデルと比べて、河川水が表層付近をすべるように拡がっていることがわかる。

6. おわりに

本研究によって、渦動粘性係数の値は、その大きさや分布によってかなり流動構造に影響を与えることがわかった。したがって、これを対象領域内で分布型とする k - ε モデルなどの乱流モデルが一般的な適用性を有することが知られる。しかし、自由表面における k の取り扱いや、成層にともなう鉛直方向の混合の抑制などについて詳細な検討が今後必要とされよう。

7. 参考文献 1) 井上和也・岩佐義朗・木下昌樹：沿岸水域における埋立が河口からの洪水流出に及ぼす影響の解析，京都大学防災研究所年報，第35号，B-2，pp153-167，1992. 2) 中辻啓二・山見晴三・室田明：河口埋立形状が河川流出流に及ぼす影響について，海岸工学論文集第37巻，pp.195-199，1990.

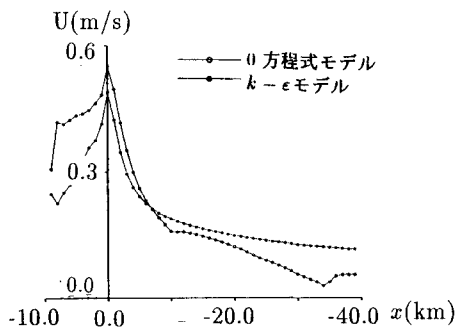


図4 表層流速の x 方向変化