

吹送流および河川水流入に対する石狩湾内流れの応答について

Response of a current in Ishikari Bay to a wind current and River Water Influx

北海道大学工学部土木工学科 ○学生会員 永井邦明 (Kuniaki Nagai)
 北海道大学大学院工学研究科教授 正会員 山下俊彦 (Toshihiko Yamashita)
 北海道大学大学院工学研究科准教授 正会員 渡部靖憲 (Yasunori Watanabe)

1. はじめに

石狩湾は風による吹送流、波による海浜流、河川の流入の全てから同程度の影響を受けて流れ場が決定される開放性湾である。これらの流れの季節変動は大きく、特に冬期、融雪期、夏季に特徴的な変化があるため、湾内の流況は大きく変動し複雑なものとなる。湾内の土砂輸送及び汀線変化を長期的に予測するためには、これら主要な3つの流れのファクターに対する湾内の流れ構造の変化と応答を適切に見積もる必要がある。

メソ、マクロスケールの吹送流の数値モデルは古くから開発され（例えば Princeton Ocean Model など）広く利用されている。また、波浪推算モデル（例えば SWAN, WAM など）についてもインプットとなる気象モデルの高精度化に伴い十分な信頼性をもって沿岸域の波浪場を再現可能となり、対応した海浜流解析も行われている。一方、本研究で対象とする石狩湾のような風、波、そして河川による流れが互いに影響を与える流れ場では、それら全てを統合した数値モデルの適用が望まれる。MOHID Water Modelling System（以下 MOHID）はこれらの流れの再現だけではなく、流れに輸送される砂、種々の物質や水質評価、生態系モデルを含んだ統合モデルであり、多様な予測再現に期待されている。

本研究は、石狩湾内の流れの基本的な特徴と吹送流および河川水流入に対する基礎的応答を調査するため MOHID を適用し、それらについて検討を行うものである。

2. 計算方法

2.1 基本となる数値計算法と基礎方程式

MOHID は有限体積法、ADI 法を使い静水圧近似で数値計算を行い現象を予測再現をする。基礎方程式は以下で示される。

$$\begin{aligned} \partial_t u = & -\partial_x(uu) - \partial_y(uv) - \partial_z(uw) + fv - \frac{1}{\rho_0} \partial_x p \\ & + \partial_x((v_H + v) \partial_x u) + \partial_y((v_H + v) \partial_y u) + \partial_z((v_t + v) \partial_z u) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \partial_t v = & -\partial_x(vu) - \partial_y(vv) - \partial_z(vw) - fu - \frac{1}{\rho_0} \partial_y p \\ & + \partial_z((v_H + v) \partial_x v) + \partial_y((v_H + v) \partial_y v) + \partial_z((v_H + v) \partial_z v) \end{aligned} \quad (2)$$

$$w(z) = \partial_x \int_{-h}^z u dx + \partial_y \int_{-h}^z v dy \quad (3)$$

$$p(z) = p_{atm} + g p_0 (\eta - z) + g \int_z \eta p' dz \quad (4)$$

2.2 計算領域と座標系

対象区域を考慮した上でモデルへのインプットとして座標系、境界条件、その他を与えた。まず、対象エリアを海洋情報研究センターによる海底地形3次元デジタルデータをもとに、石狩湾全域を水平方向グリッド60×50個のセルに分割した（メッシュサイズ 650m×925m）。また鉛直方向のグリッドは水深を一定比で10層に分割したシグマ座標系を採用した。

2.3 境界条件

開放面で法線接線方向の流れが一致するように境界条件を与え、また湾沿岸を不透過とした。さらに本計算では、湾の流れの基本的な特徴を取得するために単純化を行い、初期条件として流れなし静水条件を与えた。

2.4 計算条件

石狩湾の特性を考慮して風、河川流入の条件を与えた。石狩湾に発生する風は毎年季節変化を繰り返し、冬期には主に北西風、夏期に南東風である。今回はそれぞれ風速2m/sの風を与え、対応する吹送流の特徴を調べた。なお河川からの流入は1000m³/s及び3000m³/sの2ケースについて行った。

3. 結果

図1～4は冬期の北西風と夏期の南東風存在下の表層部分と中層部分の流れベクトルの計算結果である。北西風により表層部分は沿岸部に向かって流れていることがわかる（図1参照）。南東風下の流況である図2では逆に南東風の影響によって沿岸から海域に向かって流れが生じている。季節によって湾内に吹く風向きが変わることによって湾内の流れの向きもまた変わるということがわかる。また、図3は北西風による中層の流れを示しているが、表層部の流れによる補償流がみられ、表層とは異なった傾向のベクトル分布の様子を見せている。厚田あたりの回転性の流れと新川から小樽にかけての東西の

流れが集中し沖向きの補償流の発生が特徴的である。

南東風による中層の流れの様子を示す図4から、ベクトルの分布はおおよそ図2と同じ方向を示しており、夏期には全層的に海域に向かって流れが生じていると予想できる。

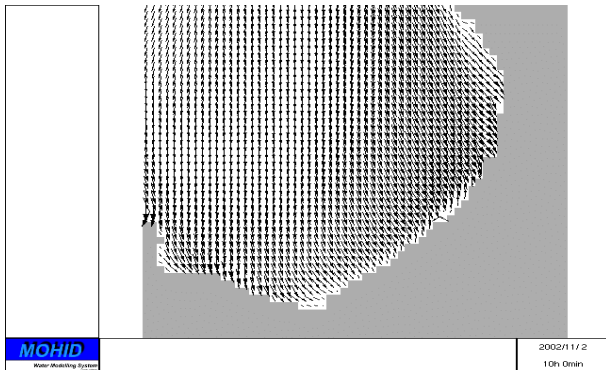


図1 北西風下表層部

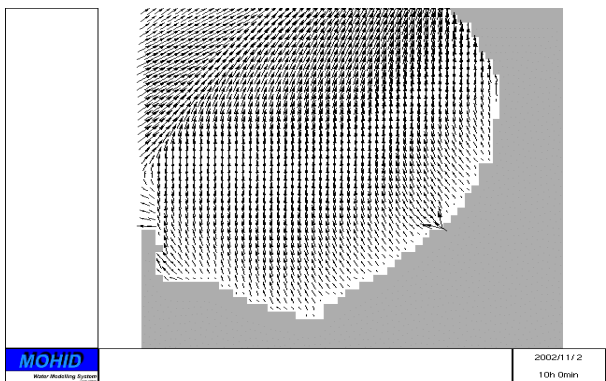


図2 南東風下表層部

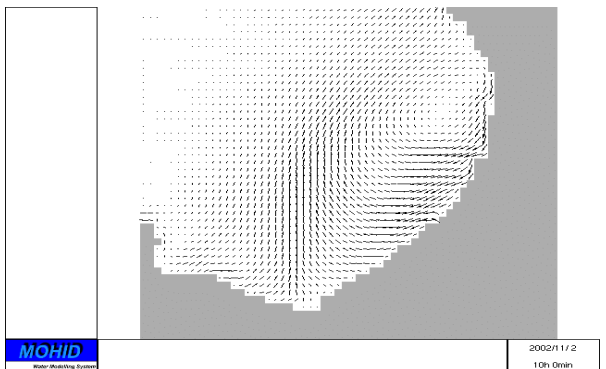


図3 北西風下中層部

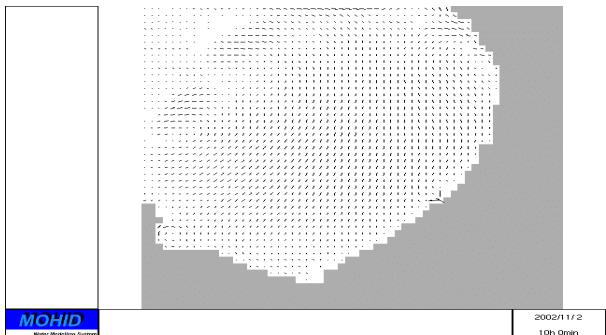


図4 南東風下中層部

4. 考察

MOHID による数値計算によって、季節毎に変わる風向きの違った風により、季節毎の流れがあり水深方向に大きな変動があることを確認した。これにより冬期北西風により表層では沿岸に向かって、中層では補償流が発生し、夏期南東風により全層的に海域への流れが起こると予測できる。

今回は河川水の流入による流れは風による吹送流ほど顕著に捉えることはできなかったが、流速や流量をさらに細かく設定することで精度をあげていく必要がある。

また、開放面境界付近での流れの表現にも課題が見られた。今後、現地での観測データと照らし合わせての評価もおこなっていききたい。

参考文献

- 1) 山崎真一，山下俊彦，江里口知己（2006）：石狩湾の土砂収支と低質の移動特性，海岸工学論文集，第53巻，pp.646-650
- 2) 山下俊彦，新山雅紀，菅原 剛，早川哲也（2000）：石狩湾から供給された粒径別土砂の河口沿岸域での堆積特性と土砂収支の試み，海岸工学論文集，第47巻，pp.676-680