

CS-125 英虞湾における内部潮汐を考慮した流動シミュレーションの精度検証

大成建設(株)技術研究所 正員 上野 成三
 東京工業大学大学院情報理工学研究科 正員 灘岡 和夫
 大成建設(株)技術研究所 正員 ○高山百合子
 同上 正員 勝井 秀博

1. はじめに

水域環境の検討に数値計算が頻繁に利用されている。しかし、その利用状況を見ると、環境影響のマクロな評価が主たる目的で、計算から得られる情報の一部が環境対策の検討に利用されているにすぎない。この原因として計算精度が低いことが指摘されているが、検証に耐え得る現地データが不足しており、計算精度の向上が困難な状況が続いている。このような現状を打破するために、筆者らは、流動・水質から生物までを視野に入れた現地観測を行い、現地データに基づいた計算の高精度化を試みている。特に、動的に変化する水域環境の実態を捕らえるため、高い計測頻度で、かつ、流動と水質・生態系が一体となったデータセットを構築中である¹⁾。本研究では、その第1段階として、英虞湾での観測結果を流動シミュレーションにより再現した。特に、通常の計算では考慮されない内部潮汐に着目した精度の検証を行った。

2. 計算方法および条件

本計算では、静水圧近似を仮定しk-εモデルを導入した流動計算と、水温・塩分の移流拡散計算を行った。計算モデルと検証データの観測点を図-1に示す。英虞湾は、湾口部(C点)のシルを越えて内部潮汐が間欠的に湾内へ侵入する特徴を持つ²⁾。内部潮汐はA点で観測された水温・塩分の鉛直分布を開境界に入力して表現した。水平グリッドは直交曲線座標で約1000に、鉛直にはσ座標で20層に分割した。σ座標に伴う数値拡散は海底地形の平滑化とクリープ補正³⁾により軽減した。本計算では、潮位・風・河川流量・日射の時間変化を外的条件として入力した。

3. 計算結果の検証

(1) 水温分布の時間変化 F点での水温鉛直分布の時間変化(7/7~7/20)を比較する(図-2)。観測値では、7月10日頃までは強い水温成層が水深10m以浅にあり、その後24℃等温面が下降し始め成層が弱まった。17日以降、水深全体で水温低下が生じた。12日から20日に見られる24℃と25℃の水温面の上下変動は、内部潮汐が湾内へ侵入したことを示し、それに伴い湾内の水温低下が生じたことが分かる。計算では、上記の観測値の特徴が良好に再現されている。特に、計算された内部潮汐の振幅はやや大きいものの、内部潮汐の侵入時期や侵入後の水温低下など、主要な現象の再現性は高い。

(2) 内部潮汐の湾内侵入過程 内部潮汐が湾内へ侵入する状況を、湾軸断面の水温・流速分布により比較する(図-3)。なお、計算で定義した湾軸線と観測点が異なるため、断面地形は若干異なる(図-1)。

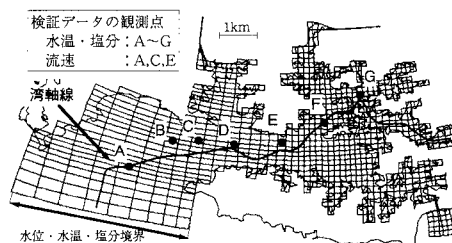


図-1 英虞湾の計算モデルと検証データの観測点

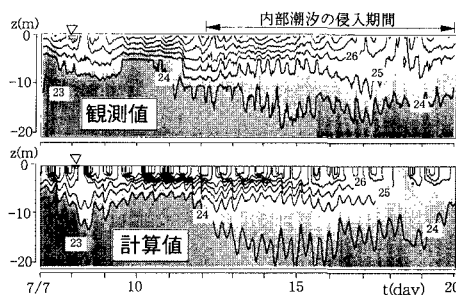


図-2 水温鉛直分布の時間変化の比較 (St.F)

内部潮汐、海水交換、流動シミュレーション、乱流モデル、熱フラックス

〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL045-814-7234 FAX045-814-7257

(a) 7月12日5:00: 観測では、湾外の低温水がシル頂上付近まで来襲しており、A点の流速分布は、表層で流出、中・底層で流入という内部潮汐特有の流速場になった。計算ではこれらの特徴が再現できた。なお、観測・計算で湾内の底層に見られる低温水は、前位相で侵入した内部潮汐である。

(b) 7月12日9:00: 観測では、内部潮汐がシルを越え、低温水が湾内に侵入し始めている。内部潮汐特有の流速分布はA,C点に見られ、A点の表・底層で流出、中層で流入、C点の表・中層で流出、底層で流入となった。計算では内部潮汐の湾内侵入がやや遅れるものの、湾外の低温水がシルを越えて湾内に侵入する状況は概ね再現できた。流速分布については、A点底層の流出が再現されないが、他の観測点での流速分布は一致している。

(c) 7月12日15:00: 観測では内部潮汐が完全にシルを越え、F点付近まで低温水が到達している。また流速分布は、E点の底層で流入となり、低温水が底層に沿って進行することが分かる。計算では、低温水の侵入が遅れるものの、侵入の状況やE点底層の流速分布は再現できた。以上より、本計算では、水温分布における内部潮汐の侵入過程や、内部潮汐特有の流速分布は良好に再現できたと言える。しかし、シルを越えた後の内部潮汐の湾内侵入はやや弱く、今後の課題である。

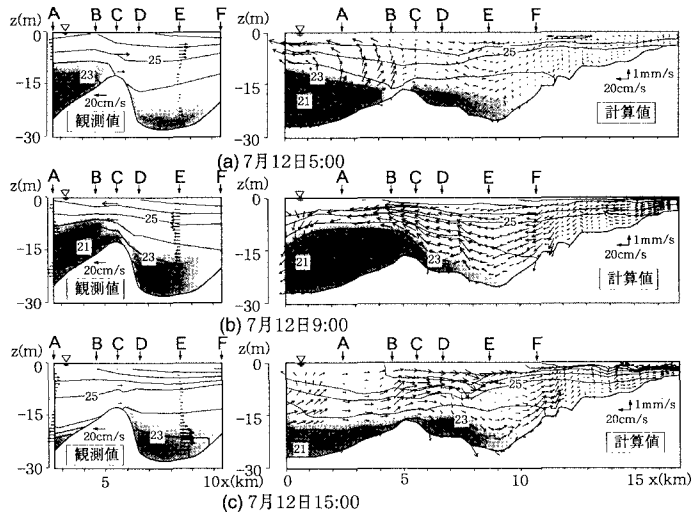


図-3 内部潮汐侵入時の水温・流速分布の比較

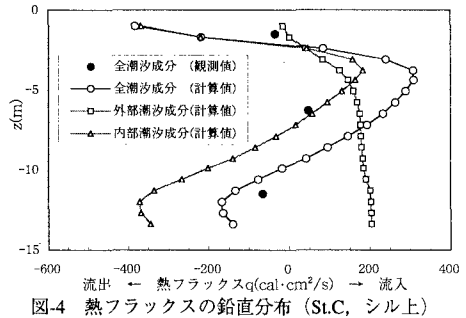


図-4 熱フラックスの鉛直分布 (St.C, シル上)

(3) 熱フラックス シル上 (C点) での熱フラックスについて全潮汐・外部潮汐・内部潮汐各成分の鉛直分布を図-4に示す。全潮汐成分を比較すると、絶対値にやや差があるものの、表・底層で熱流出、中層で熱流入という分布形は一致し、計算の再現性は概ね良好と言える。計算値の各成分に着目すると、外部潮汐成分は表層でほぼ0で、中・底層で熱流入になり、その絶対値は小さい。これに対して、内部潮汐成分は、表・底層で熱流出、中層で熱流入となり、全潮汐成分の分布形とほぼ一致する。以上より、熱フラックスに対する内部潮汐の寄与は外部潮汐に比べて極めて大きいことが分かった。

4. まとめ

本計算では、湾全体の水温変化と、内部潮汐侵入の主要な現象が再現できた。また、熱フラックスに対する内部潮汐の寄与は外部潮汐に比べ大きいことが明らかになった。

謝辞：本研究は農林水産新事業技術開発事業の成果であることを付記し謝意を表する。

<参考文献>

- 1) 上野ら(1999): 英虞湾における黒潮系水塊と内部潮汐による海水交換, 平成11年度日本水産工学会講演集
- 2) 杜多哲・阿保勝之(1997): 内部潮汐の sill 越えによる英虞湾への湾外低温水の侵入, 海工論文集, 第44巻, pp.1166-1170.
- 3) Stelling, G.S. and J.A.V. Kester (1994): On the approximation of horizontal gradients in sigma co-ordinates for bathymetry with steep slopes, Int. J. Numerical Method of Fluids, Vol. 18, pp.915-955.