

野見湾における観測システムと数値モデルを統合した 流動予報システムの開発

上野 成三*・中山 哲厳**・山本 潤***

高知県野見湾を対象として海洋観測システムと数値モデルを統合した流動予報システムの開発を行った。本流動予報システムは過去 4 日間の観測結果を元に湾口部境界条件の予報値を推定し、そのデータを流動モデルの境界条件として湾内の流動予報計算を行うものである。内部潮汐が卓越する夏季のケースでは、予報値は観測値で現れた内部潮汐による水温・塩分変動を良好に再現し、1 日先の予報精度はほぼ実用レベルに達したと判断された。内部潮汐が消滅する秋季のケースでは、観測値と予報値のずれ幅がやや増大し、大気冷却に伴う水温低下の精度向上が課題となった。

1. はじめに

近年の高度化された流動・水質モデルは、境界条件に高精度の観測データが導入できれば、赤潮、貧酸素化など現地の諸現象を再現できるレベルに達してきた。また、ここ 2,3 年で最新の海洋観測システムが全国数箇所に設置され、現地データがリアルタイムに取得できる状態になってきた。このような状況下、観測システムと数値モデルを統合し流動・水質を予報する「海の天気予報システム」が実現できる環境が整いつつある。

我が国においては、海洋観測システムの配備が進んでいないこともあり、海洋環境の予報に関する技術開発が注力されてこなかった。一方、欧米の状況を見てみると、米国 Narragansett 湾 (Spaulding, 2003)、ギリシャ沿岸、デンマーク沿岸などで潮流、水質などの予報システムが既に運用状態にある。

本研究の最終目標は、観測システムから得られる物理・水質情報を流動・水質モデルの開境界条件に導入して、2~3 日先までの流動、赤潮、貧酸素化をリアルタイムに予報するシステムを開発することである。本論文では、その第 1 ステップとして、野見湾 (高知県須崎市) を対象に流動、水温、塩分の物理項目に限定した流動予報システムを構築し、観測値との比較から予報精度の検証を行った。なお、野見湾では著者らが開発した観測システムが 2 年前から運用中で、湾内 3 点で水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度の 5 項目の鉛直分布データ (海面から海底まで 1m 間隔) が 1 時間間隔で 24 時間連続計測されている (上野ら, 2002)。観測システムの状況として、湾口部観測局を写真-1 に示す。

2. 流動予報システムの内容

野見湾の流動の特徴は山本ら (2002, 2003) で詳細に検討されており、夏季の成層発達時に来襲する内部潮汐により湾内の海水交換が強まること、秋季の成層消滅時

に内部潮汐の来襲が止まることにより、湾内の海水交換が極度に弱まる水止まり現象が生じることが明らかにされている。秋季の水止まり現象が発生すると、湾内で貧酸素水塊が発生し養殖魚に被害が生じる場合もある。よって、野見湾の海洋環境予報として、内部潮汐をいかに精度良く予報するかが重要なポイントとなる。

流動予報システムの概要を図-1 に示す。湾口観測局の観測データを基に作成した湾口部境界データ (潮位、水温、塩分の鉛直分布)、気象データ (風、日射、気温、湿度など)、河川流入データを流動モデルに入力し、計算領域全体が一定値の初期条件から 4 日間の再現計算とそ



写真-1 湾口部観測局の状況

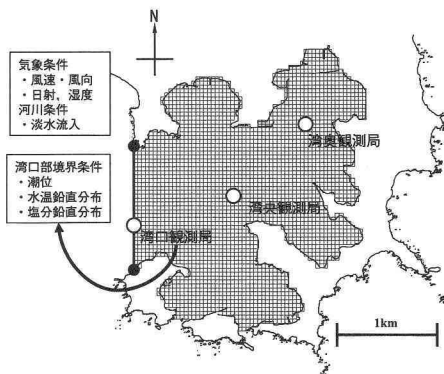


図-1 流動予報システムの概念図

* 正会員 工修 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所

** 正会員 工修 (独法)水産総合研究所センター 水産工学研究所水産研究室長

*** 正会員 工修 (独法)水産総合研究所センター 水産工学研究所

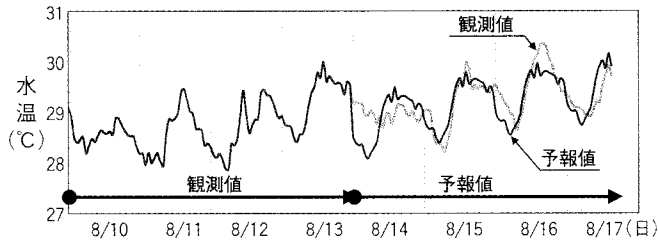


図-2 湾口部境界条件の予報値の作成例

の後3日間の予報計算を行う。流動モデルは多層レベルモデル（水平グリッド幅 40 m で計 2500 グリッド、鉛直 20 層）を用いた。

湾口部境界条件の予報値は、過去の観測データをもとに、主として内部潮汐による周期 1 日以下の短周期成分と、主として気象変動による周期 1 日以上の中長期成分を合成して作成した。水温予報値の一例を図-2 に示す。短周期成分は過去 4 日間（8/10～8/13）に観測データから周期 1 日以下の変動成分を分離し重み付け位相平均処理を行ったものを用いた。長周期変動は気温、日射、降雨の気象データと実測の水温・塩分データの相関関係を求めて推定した。図-2 に示した水温時系列を見ると、内部潮汐による約 1 日周期の変動が卓越し、観測値とほぼ一致した予報値（8/14～8/17）が作成できていることが分かる。湾口部の予報値は鉛直分布データを作成する必要があるが、計算で必要な水深に対して観測層が浅すぎる問題があった。そこで、観測データを必要水深まで外挿する処理を行い、流動モデルの境界条件データとして導入した。

計算ケースは野見湾の特徴的な現象である内部潮汐が来襲する夏季（2002 年 8 月 10 日から 17 日）と内部潮汐が消滅する秋季（2002 年 10 月 20 日から 27 日）の 2 ケースとし、各ケースで湾口部境界条件に観測値を入力する再現計算（Hindcast simulation）と、予報値を入力する予報計算（Forecast simulation）を実施した。

3. 再現計算と予報計算の結果

（1）内部潮汐が卓越する夏季のケース

内部潮汐が卓越する夏季の計算ケースについて、湾中央部と湾奥部における水温コンター（水深-時間）を観測値、再現値、予報値で比較する（図-3）。観測値では内部潮汐により等水温線が水深の 1/2 以上の振幅で上下に変動しており、この現象が再現値、予報値ともに良好に計算できていることが分かる。

表層、中層、底層別の水温と塩分の経時変化を観測値と計算値で比較する。再現計算結果を図-4 に、予報計算結果を図-5 に示す。再現計算結果では、内部潮汐の来襲

に伴い大きく変動する観測値（細線）の特徴が、計算値（太線）で良好に再現されている。その一致度は両者のずれ幅が水温で 0.5°C 以下、塩分で 1 psu 以下となり高精度な再現計算が達成できていると言える。予報計算結果では、再現計算期間（8/10～8/13）では観測値（細線）と計算値（太線）の一致度は良好であるものの、予報計算期間（8/14～8/16）では観測値と予報値のずれ幅が水温で約 1°C、塩分で 1～2 psu に増大した。ただし、8/14 の予報期間 1 日目のみに着目すると、両者のずれ幅は大幅に減少し、水温・塩分変動の位相の一致度も高いことが分かる。

以上より、夏季における本流動予報システムによる 1 日先までの予報精度は実用レベルにほぼ達していると言える。底層で大きくなる予報誤差の主要因は湾口部境界条件の予報値の作成精度にあり、今後の課題となった。

（2）内部潮汐が消滅する秋季のケース

夏季の計算ケースと同様に、内部潮汐が消滅する秋季の計算ケースについて、湾中央部と湾奥部における水温コンター（水深-時間）を観測値、再現値、予報値で比較する（図-6）。観測値では、夏季に見られた内部潮汐による水温変動は見られず鉛直に様な水温分布を示し、秋季の大気冷却により一週間を通じて徐々に水温が低下する様子が示されている。この現象が再現値、予報値ともにほぼ再現できた。

表層、中層、底層別の水温と塩分の経時変化を観測値と計算値で比較する。再現計算結果を図-7 に、予報計算結果を図-8 に示す。再現計算結果では、観測値に比べて、やや水温低下幅が小さく、両者のずれ幅は水温が 0.5～1°C、塩分が 0.2 psu 以下となった。水温の再現精度がやや低下する理由は流動モデルの熱収支に関するチューニングが不十分なことが上げられ、この点は今後、比較的容易に改良可能と考えられる。予報計算結果は、再現計算結果とほぼ同様であり、観測値と計算値のずれ幅は、再現計算と同様に、水温が 0.5～1°C、塩分が 0.2 psu 以下となった。

以上より、秋季における本流動予報システムによる予報精度は、夏季の結果に比べてやや低下し、実用レベルと

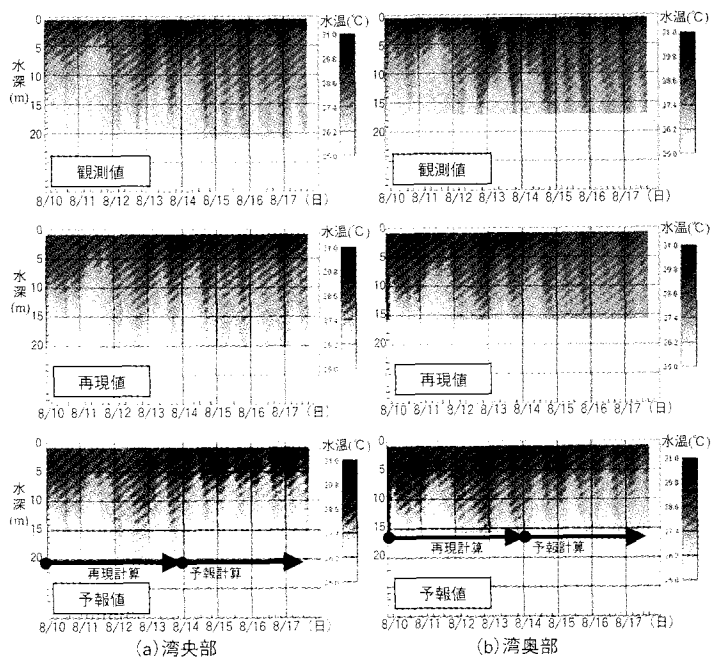


図-3 水温の時間変化コンターの比較 (夏季)

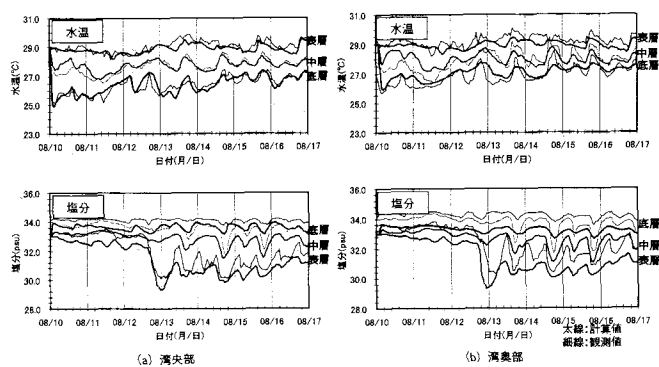


図-4 水温・塩分の経時変化の比較 (再現計算・夏季)

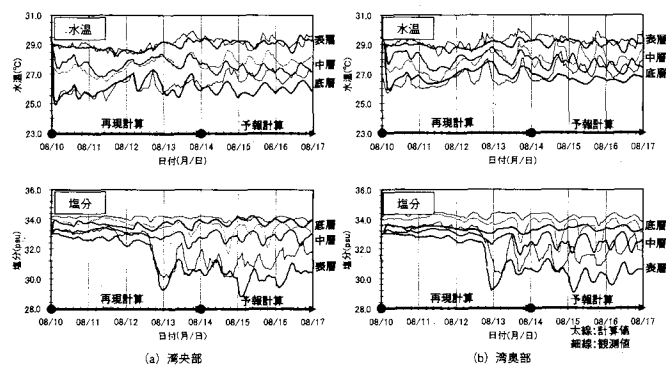


図-5 水温・塩分の経時変化の比較 (予報計算・夏季)

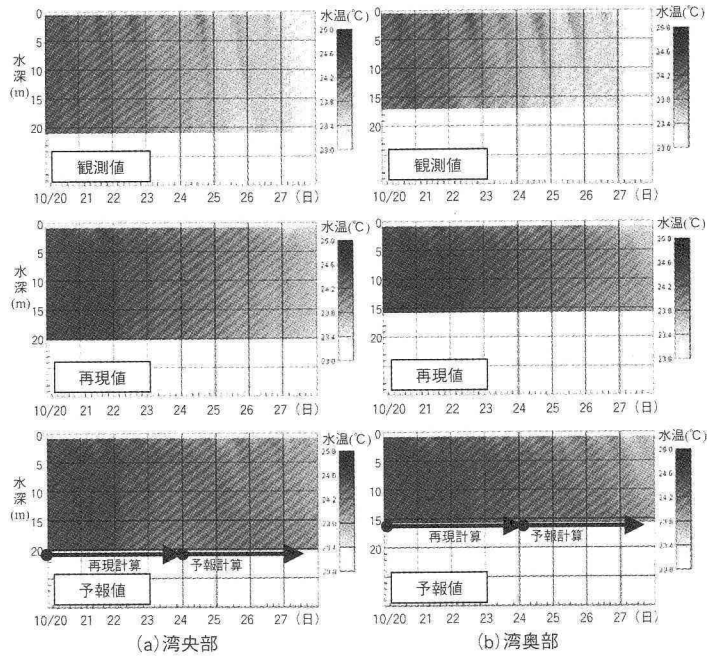


図-6 水温の時間変化コンターの比較 (秋季)

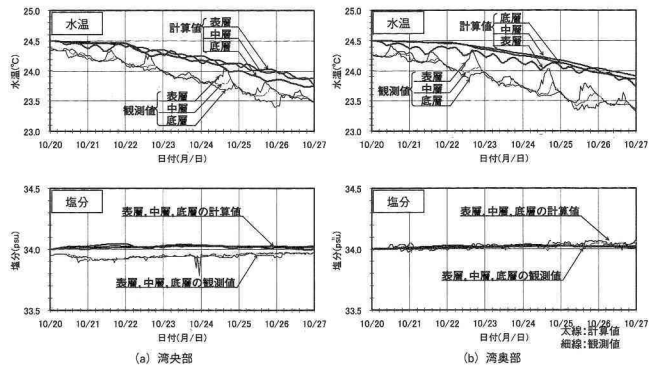


図-7 水温・塩分の経時変化の比較 (再現計算・秋季)

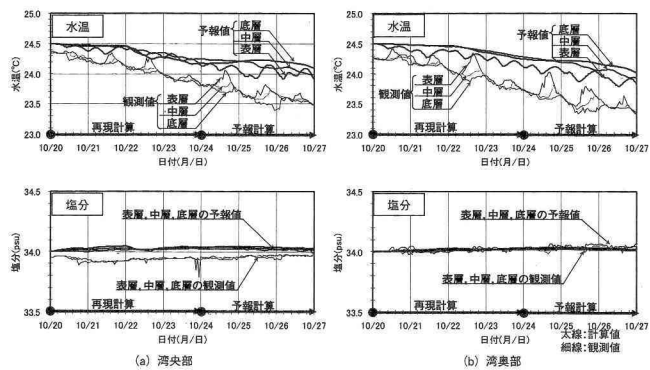


図-8 水温・塩分の経時変化の比較 (予報計算・秋季)

しては今後の改良が必要と言える。ただし、改良点は大気冷却に関連する熱収支サブモデルのパラメータチューニングであり、今後、気象データの精査と予備計算の蓄積により比較的容易に精度向上が見込まれるものである。

4. 結 論

野見湾（高知県須崎市）を対象として、海洋観測システムと数値モデルを統合した流動予報システムの開発を行った。本研究の主要な結論を以下に示す。

- ① 内部潮汐が卓越する夏季における本流動予報システムの計算結果は、観測値で見られた内部潮汐に伴う水温・塩分変動が良好に再現できた。また、その予報精度は、水温で約 1°C 、塩分で $1\sim 2$ psuとなり、1日先までの予報精度は実用レベルに達していると言える。今後の課題として、予報計算誤差の主要因である湾口部境界条件の予報値の精度向上が上げられる。
- ② 内部潮汐が消滅する秋季における本流動予報システムの計算結果は、観測値で見られた大気冷却に伴う水温低下パターンは再現できたものの、その水温低

下幅を過小評価しており、今後熱収支サブモデルの改良が課題となった。予報精度は水温で $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 、塩分で 0.2 psu以下となった。

謝辞：本研究は農林水産省民間結集型アグリビジネス創出技術開発事業の一部で実施された。また、野見漁協、大谷漁協、須崎市水産課から多大な協力を得た。ここに謝意を表す。

参 考 文 献

- 上野成三・永田良助・山崎英活・中山哲厳 (2002): 赤潮・貧酸素をリアルタイムに観測する野見湾漁場環境情報システム (nomi BAY WATCH SYSTEM) の開発, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1531-1535.
- 山本 潤・中山哲厳・時吉 学・宮地健司 (2002): 野見湾における夏期の流況と水質変動に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1086-1090.
- 山本 潤・時吉 学・佐伯信哉・上野成三 (2003): 閉鎖性内湾における秋期の水止まり現象に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 941-945.
- Spaulding, M. (2003): A globally re-locatable, real time, marine environmental monitoring and modeling system, with application to Narragansett bay and southern New England coastal waters, 8th International Conference on Estuarine and Coastal Modeling (ECM 8), pp. 47-48.