

伊万里湾における流動特性および水質動態に関する現地観測

長崎大学工学部 学生会員○坂口 誠人
長崎大学大学院 学生会員 平 智樹

長崎大学工学部 正会員 鈴木 誠二
長崎大学工学部 正会員 多田 彰秀

1. はじめに

長崎県と佐賀県の県境に位置する伊万里湾は、湾口部が 3 箇所しかない閉鎖性の強い湾である。そのため外海との海水交換が悪く、湾内の富栄養化に伴う水質の悪化が進行し、大小様々な赤潮の発生が問題となっている。富栄養化防止策を立案するために、伊万里湾内の物質循環を詳細に把握する必要がある。

上述のようなことに配慮し、本研究では伊万里湾の物質循環に直結している湾内の流動特性および水質動態を明らかにすることを目的とする。すなわち、現地観測を行うとともに、3 次元流動水質予測モデル(ODEM)を用いた流動・水質シミュレーションを実施して、湾内全域の流動特性および水質動態について考察する。

2. 現地観測の概要

図-1 に伊万里湾の概略図を示す。現地観測は、大潮期であった 2008 年 8 月 28 日から 8 月 30 日の 3 日間に流動観測および水質観測を行った。前者については ADCP を用いて曳航観測を実施した。一方、後者は多項目水質計を用いて定点観測を行った。曳航観測では、28 日と 30 日に A-line 上で 3 回、29 日に B-line 上で 4 回実施した。さらに、水質については、29 日に B-line 上の 3 点において計 4 回、曳航観測と並行して実施した。また、30 日には C-line 上の 6 点で 2 回計測した。なお、水質観測の項目としては、水温、塩分およびクロロフィル a である。

3. 観測結果と考察

図-2 は、8 月 29 日の B-line 上で計測した流速の鉛直分布を示す。下げ潮最強時と上げ潮最強時ともに、水深 7m と 12m の間を境に上下層で流況が大きく異なっていることがわかる。下げ潮最強時には、上層部において青島と鷹島間の湾口部方向に強い流れが発生している。一方、上げ潮最強時には、B1 から B2 の下層部で強い流入がみられる。すなわち、青島と鷹島とを結ぶ湾口部付近では上層から流出、下層から流入する特

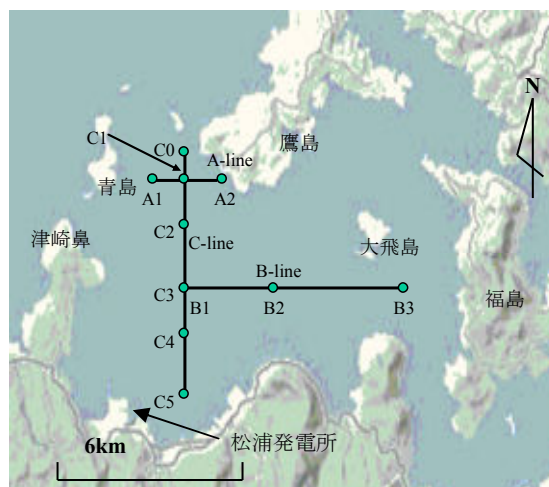
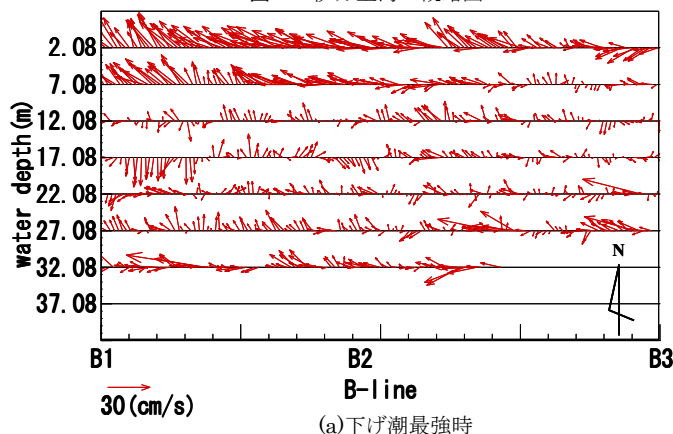
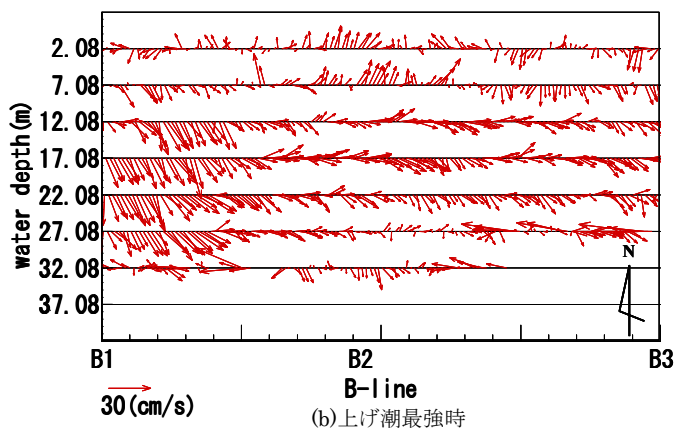


図-1 伊万里湾の概略図



(a)下げ潮最強時



(b)上げ潮最強時

図-2 流速ベクトルの鉛直分布

性があるものと考えられる。また、全層で下げ潮最強時には西向きの、上げ潮最強時には東向きの流れの卓越が確認できる。これは、青島と津崎鼻間の湾口部から流入する流れの影響を強く受けているためと推察される。

キーワード 伊万里湾、閉鎖性海域、富栄養化、流動特性、水質動態

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学 TEL 095-819-2622

図-3は、8月30日のC-line上で計測された水温の鉛直分布を示す。観測地点はC0からC5までの6地点であり、観測値を用いて空間補完を行ったものである。満潮時と下げ潮最強時ともに水深10m以浅では水平方向(南北方向)に温度勾配が存在し、下層では鉛直方向に温度勾配が認められる。また、C4、C5地点の表層の水温は、満潮時よりも下げ潮最強時の方が高い。とくに、C5地点では、3℃以上も高く30℃を超えている。C5地点に近い松浦発電所では、伊万里湾の海水を取水して冷却水として使用し、8時～16時の間に毎時約345,000tを排水している。なお、取水時より高い水温で排水を行っている(取水時より7℃上昇以下)ため、下げ潮最強時にはC4、C5地点付近において顕著に温度上昇が確認できる。さらに、満潮時および下げ潮最強時ともに、C2、C3地点までその影響が及んでいることがわかる。

4. 数値シミュレーションの概要

現地観測では、伊万里湾全域を同一時刻に観測することが難しい。本節では、3次元流動水質予測モデル(ODEM)を用いた数値シミュレーションを実施し、伊万里湾全域の流動特性および水質動態について考察を加える。基礎式は以下に示すとおりである。

$$\text{連続式} \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + (\nabla \cdot \vec{v}) = 0 \quad (1)$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + (\rho \vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \rho \vec{v} \quad (2)$$

$$\text{拡散方程式} \quad \frac{\partial \phi}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \phi = \kappa \nabla^2 \phi \quad (3)$$

ここで、 $\vec{v}$ ：流速ベクトル、 p ：圧力、 ρ ：密度、 μ ：動粘性係数、 ϕ ：スカラー量、 κ ：拡散係数である。

計算対象領域は、東西方向に96分割、南北方向に97分割し、水平方向の格子間隔は250mとした。また、鉛直方向は可変格子とし、表層から2.0m、0.5mを2層、1.0m、2.0mを9層、5.0mを7層に区切り、計20層とした。気象条件としては、気温・日射量・風向風速を与えた。また、開境界条件として、伊万里湾の3つの湾口部にM₂分潮の潮位変動を与えた。河川流入として志佐川、有田川および伊万里川を考慮し、松浦発電所からの温排水についても境界条件として与えた。

5. 数値シミュレーションの結果と考察

図-4は、下げ潮最強時における表層の流動および水温の計算結果を示す。下げ潮最強時には伊万里湾西部

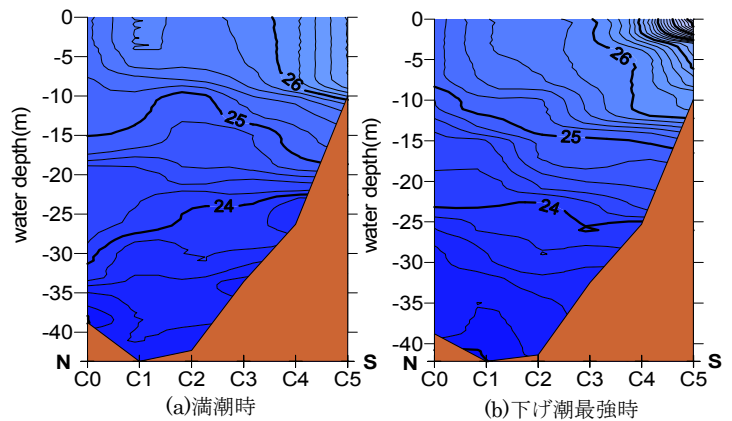


図-3 C-line 上における水温の鉛直分布

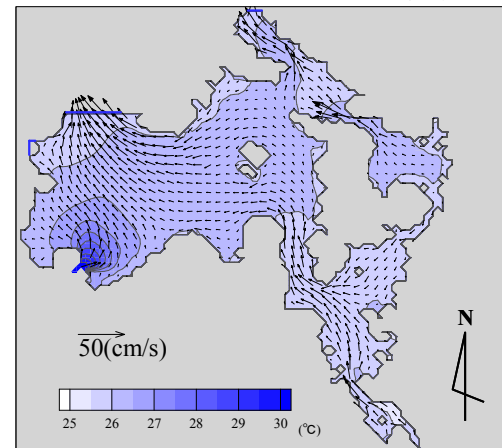


図-4 下げ潮最強時の流動および水温分布(計算値)

海域で北向きの流れが卓越し、中央部海域では西向きの流れが卓越しており、主に鷹島と青島間の湾口から湾外へ流出する特性が認められる。この要因としては、北東方向に流れる発電所からの温排水および湾中央部の西向きの流れが重なったものと考えられる。すなわち、発電所から排出された北東向きの流れは、湾中央部からの西向きの流れの影響を受け、北西方向の流れとなったものと考えられる。さらに、温排水の影響がB1(C1)地点にまで広く及んでいることもわかる。

6. おわりに

現地観測を行うとともに、3次元流動水質予測モデル(ODEM)を用いた流動・水質シミュレーションを実施して、伊万里湾内全域の流動特性および水質動態について考察を行った。

現地観測より、湾口部付近の流動は上層から流出、下層から流入する特性を有することがわかった。さらに、伊万里湾西部海域においては、松浦発電所からの温排水の影響が流動特性および水質動態に大きな影響を及ぼしていることも示唆された。また、流動・水質シミュレーションを実施することにより、観測だけでは捕えることが難しい伊万里湾全体の3次元流動特性および水質動態を明らかにすることができた。