

伊勢湾環境観測及び改善検討業務

調査課 課長 林寿史

1. 概要

本業務は、伊勢湾口部において流況・水質を連続的に観測し、伊勢湾内の各種環境観測データを含めた総合的な解析を実施するとともに、海水の貧酸素化、苦潮発生予測に関する検討を行った。

2. 調査内容

- (1) 伊勢湾口において流向・流速および水質を連続的に観測し、統計的手法を用い伊勢湾水質特性を把握する。また、伊勢湾内部での水質環境の特性についても把握し、総合的に解析を行う。
- (2) 貧酸素水塊の発生要因となる堆積物による酸素消費速度の測定を行い、堆積物への酸素輸送フラックスを計測する。また、内湾水質複合生態系モデルについて、個別の対策を検討する際に必要なモデルの改良を行う。

3. 伊勢湾の流況・水質特性

3. 1 フェリー観測による伊勢湾口の観測システム

図1、図2は伊勢湾フェリーによる観測の模式図である。流向流速計は、RD-Instruments社製300kHzの超音波多層流向流速計(Acoustic Doppler Current Profiler, 以下ADCP)である。水質は、塩分水温をFSI社製Excell Thermosalinographを用いて計測している。

塩分および水温はエンジン冷却用の管路から、管を分岐して、表層の海水を採取し、船内で計測している。この際、何らかの原因で泡が管路内部にあると塩分水温が計測できなくなるため、泡抜き用のチャンバーを設置している。そのほか、管路の閉塞を防ぐためのストレイナーや電磁式のスケール付着防止装置も設置している。

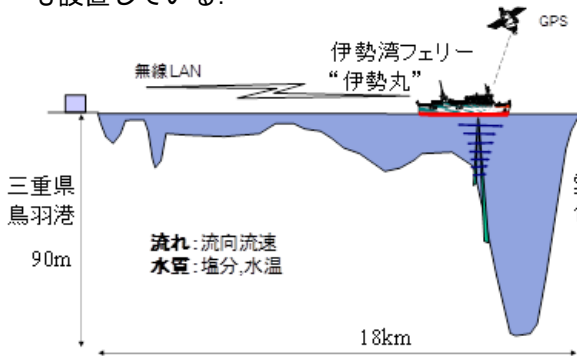


図1 フェリーによる観測の模式図

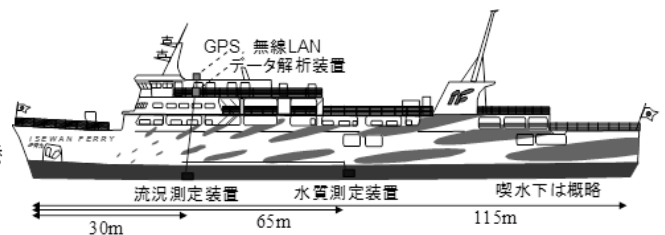


図2 伊勢丸への計測装置設置図

図3は、2014年の南北方向、東西方向の流速を主要8分潮で調和解析して求めたM2分潮の潮流楕円であり、水平面の潮流楕円を断面に落として描いている。水深の深い鳥羽から約9km離れた航路中央部と、15km離れた伊良湖水道部での潮流楕円が大きく、M2分潮では楕円の長径は約1m/sである。また、潮流楕円の大きさは表層から底層までほぼ同じ大きさになっているという特徴がある。鳥羽から約12km離れた地点も水深が深い、コンサ礁、横瀬および神島などの浅瀬にはさまれた形となっているため、潮流楕円があまり大きくない。2014年度の潮流楕円の大きさや向きは2012年度および2013年度までの計測結果と有意な差がなかった。

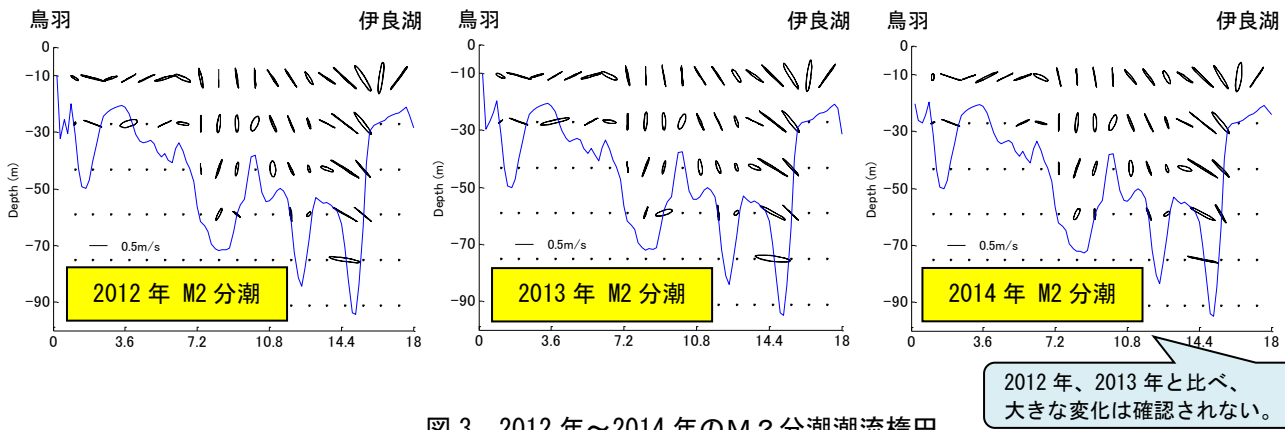


図3 2012年～2014年のM2分潮潮流楕円

3. 2 空港島周辺での貧酸素水塊

観測期間中、酸素濃度が急速に1 mg/L以上低下した期間を抽出し、それぞれの期間を底層流速データ求めた主たる移流の方向により分類した結果、北東向きの移流、および南東向きの移流の場合に急激な貧酸素化が高い頻度で見られたのでこれについて考察する。

図4に観測期間中の潮位変動の様子を示す。赤色は底層酸素濃度が急速に低下するとともに、底層での流向が概ね北東方向である期間を示す。また、青色は底層酸素濃度が急速に低下するとともに、南東方向の流れを伴う期間を示す。これを見ると、空港島周辺の観測点において底層酸素濃度が急速に低下するのは、満潮後の下げ潮の時間帯と、干潮付近に多いことがわかる。この原因については現時点では不明であるが、潮時との関係が認められることから、密度成層が存在する条件下において起こる内部静振等の影響が考えられる。これについては、今後数値シミュレーション等を併用しながら検討を行う必要がある。

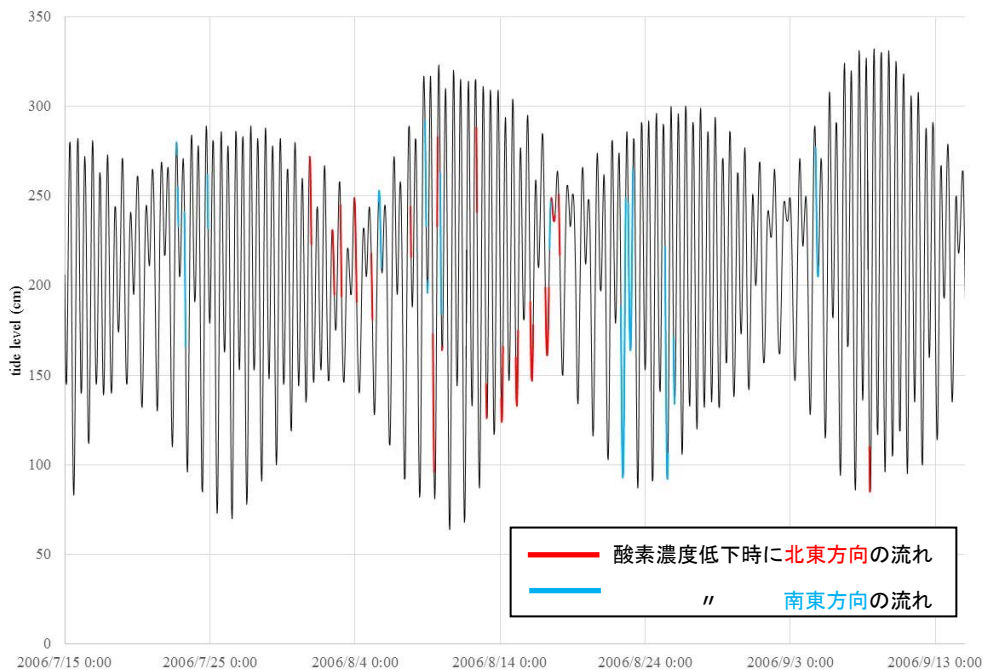


図4 観測期間中の潮位変動の様子

4. 海水の貧酸素化，苦潮発生予測に関する検討

4. 1 底質の影響に関する観測

現場底層付近に超音波3次元流速計(Vector)および微小酸素電極(Unisense, OX-Eddy Standard 25 μm)

を設置し、鉛直方向流速の乱流成分と酸素濃度の同時測定を行った。それら時々刻々のデータの積を求め、時間的に積分することで、測定箇所における酸素輸送フラックスを求めた。

4. 2 酸素輸送フラックス観測結果

微小酸素電極により計測された、溶存酸素濃度の時系列を図5に示す。図5には出力値に加えて0.5秒から20秒までの移動平均値も示している。

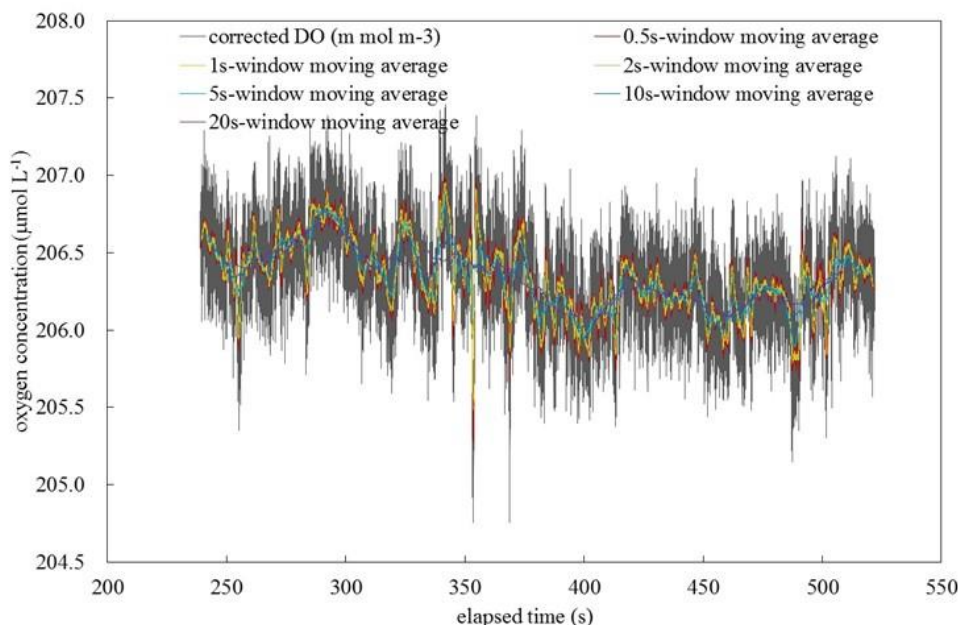


図5 計測された溶存酸素濃度の時系列

観測結果を解析した結果、移動平均の時間間隔が10秒以下の場合に酸素輸送フラックスが急増しており、10秒以下の周期での変動成分が現場での酸素輸送フラックスに大きく寄与していることがわかった。

本手法により計算された酸素輸送フラックスは21.1から47.2 (mmol m⁻² d⁻¹)の間で変動していた。これは別途行った未攪乱堆積物コアを用いた酸素消費実験と矛盾ない値であった。

4. 3 内湾水質複合生態系モデルの改良

本年度は、冠水・干出スキームを導入した。従来は、 σ 座標系モデルを前提とした内山の方法により冠水・干出を判定していたが、多層モデルであるSTOC-LTでは冠水・干出スキームは不可避免的に必要となる訳ではない。むしろ、海底地形が階段状に模擬されているため滑らかな海水面の移動が阻害され、水深が十分にゼロとなることがない場合が多い。このため、有限の限界水深を定義してこれを下回ったら「干出」と判定する必要があると考えられる。内山の方法はもっぱら σ 座標系で計算を健全、安定に進めるために干出域を計算対象から除外するために考案されたものと考えられる。今回の修正ではこの点も考慮した。

また、Builing-Cube法を適用したときにおいて、入力データで指定された階層以上のCubeについて非静水圧モデルを適用し、これより小さい階層のCubeについては静水圧モデルを適用するよう修正した。Lock-Exchange問題を例題としてそれぞれ静水圧モデル、非静水圧モデルの計算を行った。既往の報告と同様の結果が得られていることが確認できた。また、非静水圧モデルでは赤堀らの実験と同様、上層、下層ともに丸みを帯びたフロント形状となっていた。また、上層と下層の間の境界にはKelvin-Helmholtz不安定によると見られる複数の渦構造の形成と、これに伴い界面が波打つように変化する様子が確認されるなど、赤堀らの実験と類似した現象が確認できた。

5. まとめ

伊勢湾の湾口部において、流況・水質を連続的に観測し伊勢湾口の流況・水質の状況を把握するとともに、伊勢湾内の各種環境観測データを含めた総合的な解析を実施し、伊勢湾における流況・水質の長期的な変化を解明するとともに、貧酸素水塊や赤潮・苦潮発生要因の検討した。

伊勢湾口において流向・流速および水質を連続的に観測し、伊勢湾水質特性を把握するとともに、空港島周辺で観測された流向・流速および水質データを参照しながら、伊勢湾での水質環境の特性を把握し総合的な解析を行った。

その結果から、以下の知見が得られた。

- ・ 水深の深い鳥羽から約 9 km 離れた航路中央部と、15 km 離れた伊良湖水道部での潮流楕円が大きくなり、M2 分潮では楕円の長径は約 1 m/s である。
- ・ 潮流楕円の大きさは表層から底層までほぼ同じ大きさになっているという特徴がある。
- ・ 鳥羽から約 12 km 離れた地点も水深が深いですが、コンサ礁、横瀬および神島などの浅瀬にはさまれた形となっているため、潮流楕円があまり大きくない。
- ・ 2014 年度の潮流楕円の大きさや向きは 2012 年度および 2013 年度までの計測結果と有意な差がなかった。
- ・ 鳥羽から 12~16 km で、表層の海水が流出し下層で流入するという、いわゆるエスチュアリー循環の性質を示している。
- ・ 約 15~30 日で伊勢湾の海水が交換しており、あまり季節的な変化がない。

また、三河湾における、堆積物による酸素消費速度に関する観測結果について述べた。また、本年度行った内湾水質複合生態系モデルの改良について記述した。

その結果から、以下の知見が得られた。

- ・ 計測された酸素濃度の変動成分については、移動平均値からの偏差として計算するが、移動平均の時間間隔が 10 秒以下の場合に酸素輸送フラックスが急増しており、10 秒以下の周期での変動成分が現場での酸素輸送フラックスに大きく寄与していることがわかった。
- ・ 本手法により計算された酸素輸送フラックスは 21.1 から 47.2 ($\text{mmol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) の間で変動していた。これは別途行った未攪乱堆積物コアを用いた酸素消費実験と矛盾ない値であった。
- ・ 内湾水質複合生態系モデルについては、把握されていたバグ等がすべて解決され、今後のシミュレーション時での計算手法の選択肢を増やした。