

2007年夏季の諫早湾湾口部における塩分とクロロフィルaの動態について

Dynamic Characteristics of Salinity and Chlorophyll-a at the Mouth of Isahaya Bay during Summer Season in 2007

竹之内健太¹・多田彰秀²・中村武弘³・森英二郎⁴

Kenta TAKENOUCI, Akihide TADA, Takehiro NAKAMURA and Ejirou MORI

In order to reveal the characteristics of current structures and salinity & Chlorophyll-a dynamics at the mouth of Isahaya Bay, this study deals with in situ measurement by means of not only the Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) but also a water quality instrument. The obtained results are as follows: (1) It was realized that the freshwater inflow from rivers has a great influence on the dynamic behavior of salinity at the mouth of Isahaya Bay. (2) The major axis of M₂ tidal current ellipse turns more counterclockwise due to the freshwater inflow from rivers. (3) The concentration of Chlorophyll-a is influenced by the tidal motion. That is, the high concentration of Chlorophyll-a often occurs after neap tide.

1. はじめに

近年, 諫早湾湾口部の北側周辺海域では, 夏季成層期に赤潮および貧酸素水塊が頻繁に発生し, 二枚貝の養殖などに甚大な影響を及ぼしている。とくに, 2007年夏季にはアサリの大量死が報告され(朝日新聞, 2007), 大きな社会問題となった。松岡(2003)や石坂(2004)による赤潮の研究, 多田ら(2004)や平野ら(2008)の貧酸素水塊に関する研究等は行われているものの, 未だにこの海域での赤潮や貧酸素水塊の発生メカニズムは解明されていないのが現状である。このような背景のもと, 著者らは, 赤潮発生に関連する要因を把握する目的で, 2007年6月下旬~8月上旬に渡りADCPと水温塩分計を用いて諫早湾湾口部で潮流流速, 水温および塩分の連続観測を実施した。さらに, 2007年8月初旬から約1.5ヶ月間, 多項目水質計を用いて竹崎島周辺海域で塩分, 水温, 溶存酸素, 濁度およびクロロフィルa(以後, Chl-aと略記する)等の隔日観測を行った。本研究では, それらの観測データおよび筑後川等からの流入流量との関係を明らかにし, 諫早湾湾口部における塩分およびChl-aの動態と赤潮発生との関連性について考察する。

2. 現地観測の概要

(1) 潮流流速, 水温および塩分の連続観測

図-1に示すA点およびB点において, 2007年6月23日~8月7日までの約1.5ヶ月間にわたり, 潮流流速, 塩分および水温に関する連続観測を行った。両点にはそれぞれADCP(A点: 1200kHz, B点: 600kHz)とワイパー式メ

モリー水温塩分計(アレック電子(株)製Compact-CTW)を各1台ずつ, 高さ0.5mの架台に取り付けて沈設した。また, 両点の水表面に係留したメモリー水温塩分計を用いて, 水表面下1mの塩分と水温も同時計測した。とくに, ADCPの計測では, 測定層厚を0.5mと設定し, 5秒毎に1個の流速データが10分間に渡り取得されるとともに, それらの平均値が内蔵メモリーに収録された。一方, Compact-CTWに関しては, 10分間隔で水温と塩分のデータが計測された。なお, B点に沈設したADCPの2007年6月25日以降のデータが不良であったため, ADCPに関しては, A点のみのデータを考察対象としている。

(2) 水質指標の鉛直プロファイルに関する隔日観測

図-1に示されているM0, M1, M2およびM3の4つの測点において, 2007年8月2日~9月21日までの約1.5ヶ月間に, 多項目水質計(アレック電子(株)製Model-AAQ1183)を用いて, 塩分, 水温, 溶存酸素, 濁度およびChl-a等の鉛直プロファイルを隔日で計測した。

なお, 毎回の観測は, 一定の時間帯(9:30~10:30)に実施された。

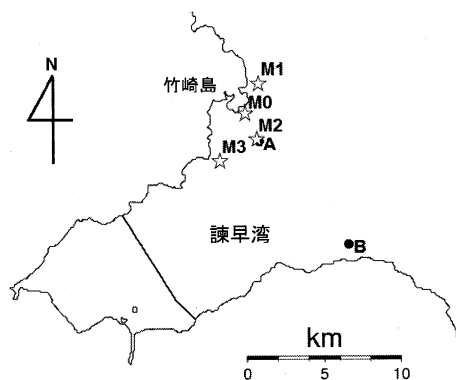


図-1 諫早湾湾口部の観測点

1 正 会 員 修(工)独立行政法人 水資源機構
2 正 会 員 博(工)長崎大学教授 工学部 社会開発工学科
3 正 会 員 博(工)長崎大学教授 環境科学部 環境設計講座
4 九州旅客鉄道株式会社

3. 観測結果および考察

(1) 諫早湾湾口部における塩分の動態

図-2および図-3は、それぞれA点(平均水深7.59m)およびB点(平均水深13.44m)で計測された塩分の動態を示している。両図中には、水表面下1m(表層)と海底面上0.3m(底層)の塩分がそれぞれ太線および細線で併記されている。A点では2007年7月7日15:00~18:00に、B点では2007年7月8日2:00~5:00にかけて表層の塩分が急激に低下していることが分かる。これは、2007年7月7日8:00に筑後川(瀬ノ下)で観測された5,050m³/sの洪水(図-5参照)の影響を受けたものと考えられる。また、両測点において、2007年7月14日の底層の塩分が急激に低下し、表層の塩分とはほぼ同じ値となっている。この時間帯に瑞穂町西郷港で計測された風データに基づけば、平均風速11m/sの北よりの風が約8時間連吹していた。このスパイク状の変化は、台風4号の来襲に伴う強風によって発生した強い鉛直混合の影響を受けているものと考えられる。

さらに、図-4は、2007年7月6日0:00~7月8日24:00でのA点およびB点の表層における塩分の時間変化を比較したものである。上げ潮の影響を受けて、B点の塩分が最低値となる時間は、A点での同時間より約10時間遅れた7月8日7:00となっていることも確認できる。

(2) 淡水流入が諫早湾湾口部の潮流流速に及ぼす影響

図-5は、久留米市瀬ノ下で観測された筑後川の流量ハイドログラフである。上述した河川からの淡水流入の影響を明らかにするため、河川からの流入量の多い期間①：2007年6月29日~7月14日および流入量の少ない期間②：2007年7月17日~8月1日を設定するとともに、A点においてADCPで計測された海底面上1mおよび海底面上5mの流速データを対象に調和解析を行った。

得られた結果の中から、M₂分潮の潮流楕円を図-6および図-7に示している。期間①(図-6)および期間②(図-7)の比較より、河川からの流入流量の多い前者の潮流楕円の短軸は後者のものよりも大きいことが確認される。また、期間①の海底面上1mの潮流楕円に着目すれば、長軸の向きは、北北西-南南東に一致している。さらに、その長軸は、水表面に近くなるに従って反時計回りに回転し、海底面上5mでは北西-南東方向へと向きを変えている。同様な傾向は、期間②でも認められるものの、変化の度合は期間①の方が著しく、これらも淡水流入の影響を受けたものと考えられる。さらに、両図中には2003年夏季の連続観測(多田ら、2004)から得られたM₂分潮の潮流楕円も細線で併記されている。期間②の潮流楕円は、2003年のものとよい一致を示している。また、海底面上1mと海底面上5mの比較より、両期間ともにM₂分潮の長軸の長さは海底面上5mの方が大きいことが確認で

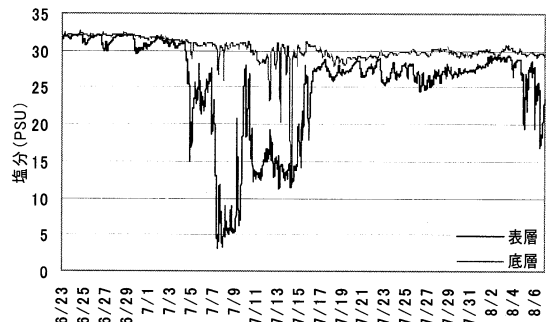


図-2 A点における塩分の動態(表層, 底層)

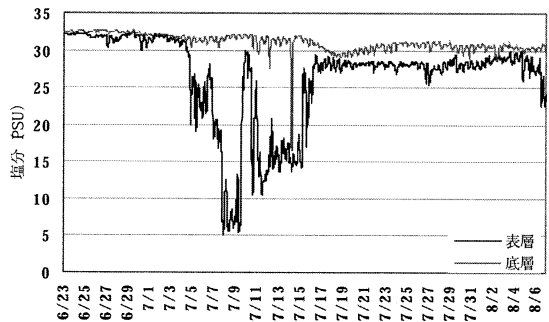


図-3 B点における塩分の動態(表層, 底層)

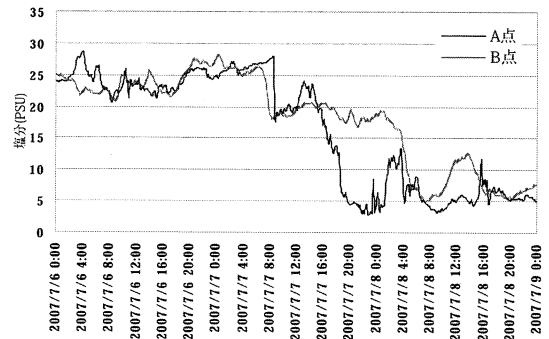


図-4 表層における塩分動態の比較(A点, B点)

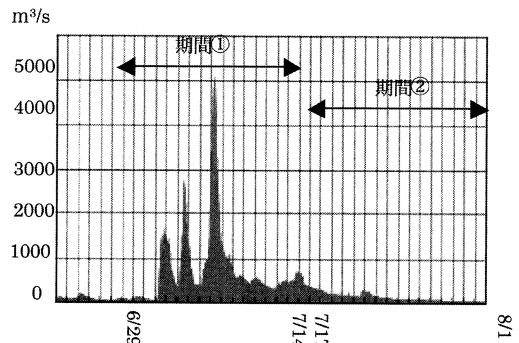
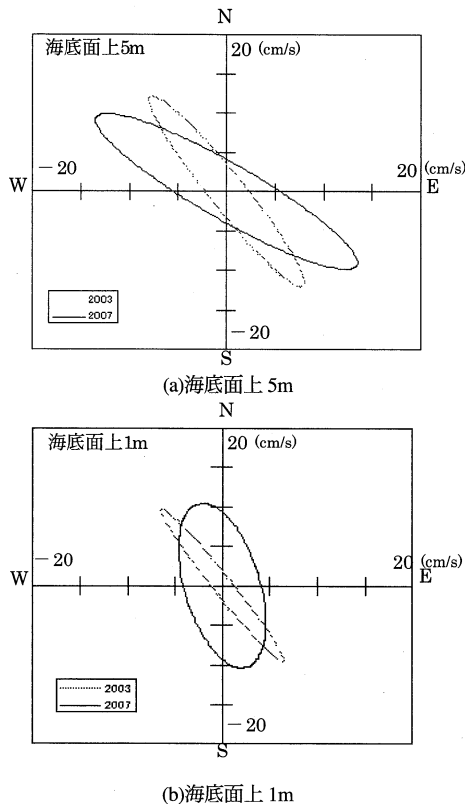
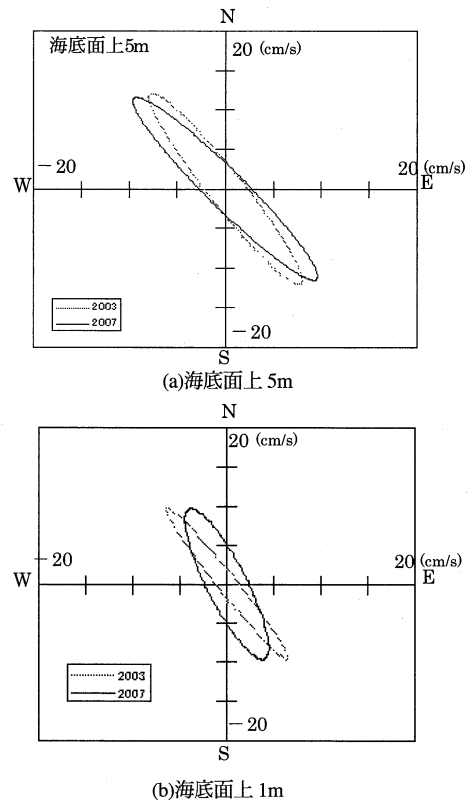


図-5 筑後川瀬ノ下の流量

図-6 A点におけるM₂分潮の潮流楕円(期間①)図-7 A点におけるM₂分潮の潮流楕円(期間②)

きる。なお、2003年の連続観測期間中にはピーク流量1,500m³/sの出水が一度筑後川から出現していた。

(3) 出水時における諫早湾湾口部の表層流動特性

2005年度秋季から諫早湾湾口部周辺海域で実施されているDBF海洋レーダの観測結果に基づき(多田ら, 2006), 2007年7月7日～8日にかけての出水時を対象に, 短期的な表層流動特性について検討した。

図-8は, 7月6日に126.2mm, 7月7日に86.4mmの降雨が観測された2007年7月6日12:00～7月7日11:45(小潮)における日平均流速ベクトルの分布である。解析対象とした当日の筑後川流量(瀬ノ下)は, 日平均流量でおよそ2,700m³/s(通常の約67.5倍)であり, 図-9のように最大流量が5,000m³/sを越える時間帯があった(国土交通省 筑後川河川事務所:2007)。さらに, 潮受け堤防の南・北排水門からも排水が行われており, 2007年7月6日の17:00～19:00および2007年7月7日の6:00～8:00での平均排水流量は, それぞれ800m³/sおよび1,000m³/s程度となっている(図-10参照, 農林水産省九州農政局:2008)。なお, 解析当日の風向は安定して南西であり, 日平均風速は3.1m/sであった。図示されている日平均流速ベクトルの大きさは, およそ30～35cm/s程度を示しており, 平常時の2倍以上の流速が観測された。7月6日15:00～7月7日

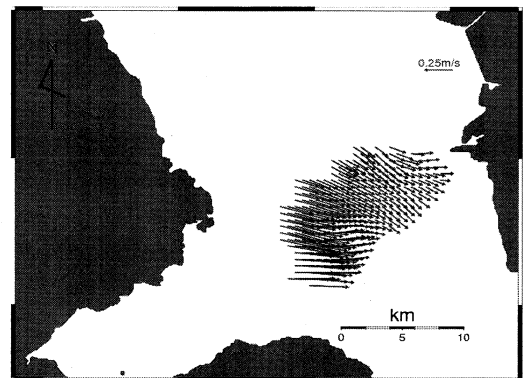


図-8 日平均流速ベクトル(7月6日12:00～7月11:45)

9:00の風向が安定し, 風の影響も多少受けているとは考えられるものの, 流向がおおよそ東～東南東であることから, 筑後川および潮受け堤防排水門からの淡水流入の影響を強く受けているものと判断される。とくに, 諫早湾湾口部においては, 強い東流が存在していることが確認でき, 出水時には潮受け堤防排水門からの淡水の流入が諫早湾湾口部周辺海域の表層流動特性に大きな影響を及ぼしていることが, 2006年度の観測結果(多田ら, 2007)と同様に明らかとなった。

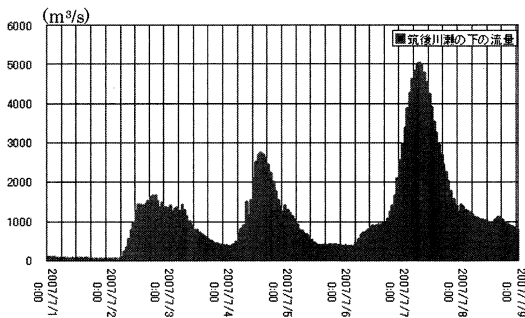


図-9 久留米(瀬ノ下)での筑後川の流量ハイドログラフ

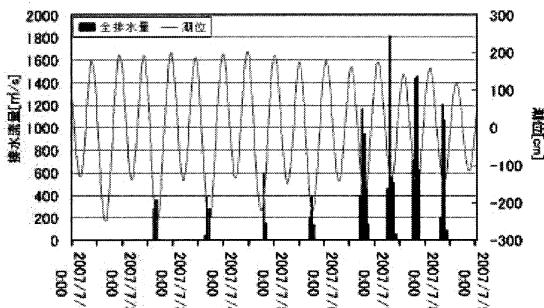


図-10 潮受け堤防からの排水流量と大浦の潮位変化

(4) 竹崎島周辺海域でのChl-a濃度の動態

図-11は、M0, M1, M2およびM3の4つの測点で隔日観測されたChl-a濃度のイソプレットである。図より、2007年8月7日～8月11日の間、4地点ともに水表面から1m～2mの付近までChl-a濃度が高いことが確認される。この時期は小潮期であり(図-12参照)、降雨や風による影響もなく真夏日が続いたことで観測時に頻繁に赤潮が発生し、Chl-a濃度の値が高くなったものと考えられる。一方、測点M3においては、2007年8月25日のChl-a濃度が水表面から深さ4m付近まで高い値を示し、他の測点と異なる分布特性が認められている。なお、図中の破線は、小潮を示している。

さらに、図-13は2007年8月25日のChl-a濃度の平面分布を深度別に示したものである。これらの図より、測点M3では、水表面下2m付近のChl-a濃度が最も高いことが確認できる。なお、観測時にM3周辺海域で赤潮による魚類の死骸が多数確認されている。約1.5ヶ月間に渡る観測期間の全体を通して、全ての地点で小潮期直後にChl-a濃度が高い値を示し、赤潮が発生していることが確認できた。

佐賀県有明水産振興センターの報告(2007)に基づけば、2007年8月上旬から中旬にかけて有明海ほぼ全沿岸域で大量のシャットネラ赤潮が発生し、魚介類等に甚大な影響を与えた。とくに、8月23日頃からは魚の死骸が海面に浮くようになり、8月25日の竹崎島周辺海域での分

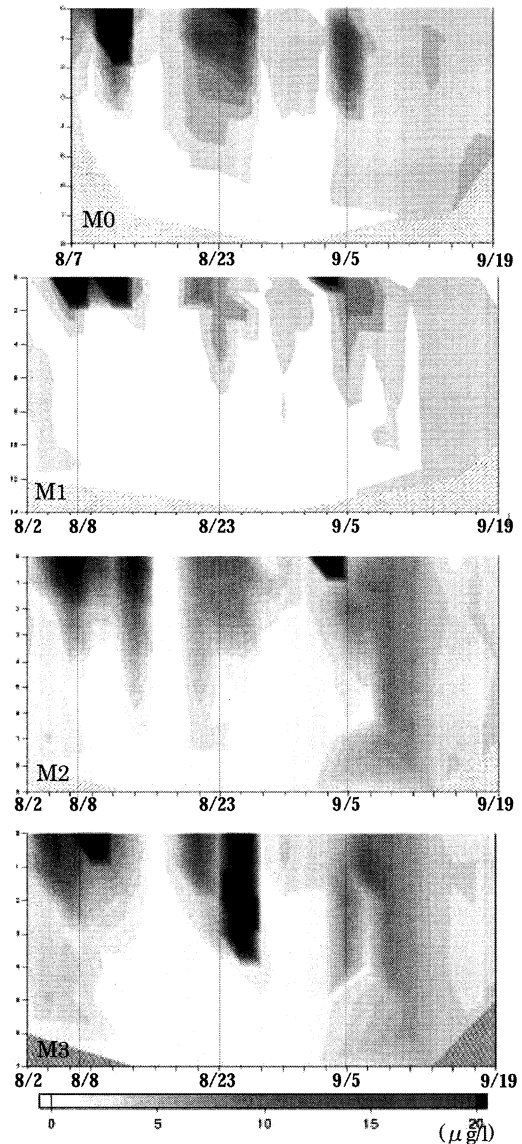


図-11 4測点でのChl-a濃度のイソプレット

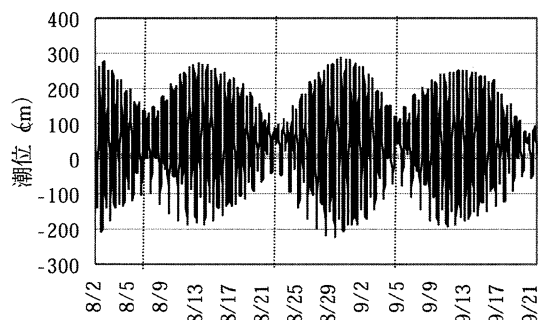


図-12 潮位変化(大浦; 2007年8月2日～9月21日)

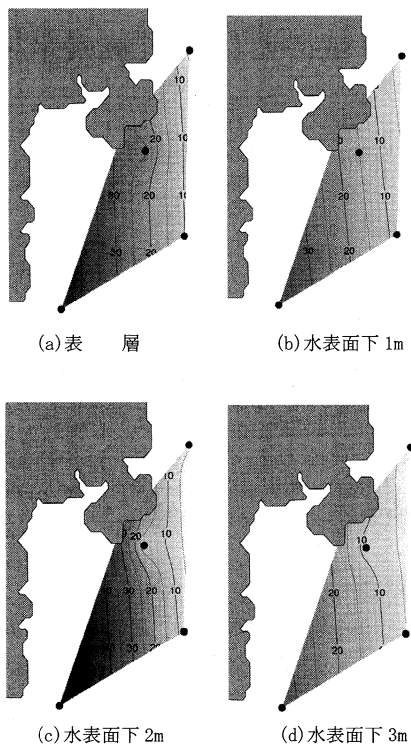


図-13 Chl-a濃度($\mu\text{g/l}$)の平面分布(2007年8月25日)

析結果からは表層(288cells/ml)よりも水表面下1m(1420 cells/ml)でのシャトネラの個体数が大きな値を示していた。これは、本研究で取得された観測データの妥当性を証明するものと判断される。

4. おわりに

本研究では、諫早湾湾口部における塩分およびChl-a濃度の動態と赤潮発生との関連性について明らかにするため、諫早湾湾口部海域において潮流流速、塩分およびChl-aに関する連続観測と隔日観測を2007年夏季に実施した。その結果、降雨に伴う河川からの淡水流入が塩分の動態および M_2 分潮の潮流楕円に影響を及ぼすことが確認できた。とくに、潮流楕円の長軸および短軸の大きさは、河川からの淡水流入の影響を受けて平常時よりも大きくなっていることが分かった。さらに、潮流楕円の長軸の方向にも変化が見られた。一方、Chl-a濃度は赤

潮が発生した8月上旬と8月下旬に高い値を示していたものの、鉛直分布特性に相違が見られた。さらに、小潮期直後において集中的にChl-a濃度が高くなることも確認された。今後は、赤潮が発生する水域および植物プランクトンの種との関連性について詳しく検討する必要がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所からは筑後川の流量データを、農林水産省九州農政局農地整備課からは潮受け堤防からの排水流量データをご提供頂きました。ADCPの曳航観測当日は、長崎大学工学部卒業生の今林清秀君から多大なご協力を頂きました。さらに、(財)電力中央研究所の坂井伸一様、松山昌史様、坪野考樹様、吉井匠様、瑞穂町漁業協同組合にはDBF海洋レーダの現地観測に際してご協力を頂きました。また、水温、塩分およびChl-a濃度等の隔日観測では、佐賀県大浦漁業協同組合の大鋸幸弘船長にご協力頂きました。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 朝日新聞：2007年9月2日，朝刊，39面。
 石坂丞二(2004)：サテライトから見た有明海の赤潮動態，沿岸海洋研究，42，pp. 43-46。
 気象庁ホームページ：<http://www.data.kishou.go.jp/>
 国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所ホームページ：<http://www.qsr.mlit.go.jp/chikugo/>
 佐賀県有明水産振興センター(2007)：平成19年度シャトネラ赤潮の発生状況の推移(有明水産振興センター調査結果)，http://www.pref.saga.lg.jp/web/kaikyou_jouhou.html。
 多田彰秀・竹之内健太・坂井伸一・染矢真作・水沼道博・中村武弘(2006)：DBF海洋レーダによる諫早湾湾口部の流況観測，海岸工学論文集，第53巻，pp. 356-360。
 多田彰秀・竹之内健太・染矢真作・坂井伸一・水沼道博・中村武弘・坪野考樹(2007)：DBF海洋レーダに基づく諫早湾湾口部の表層流動特性について，海岸工学論文集，第54巻，pp. 391-395。
 多田彰秀・中村武弘・矢野真一郎・武田 誠・藤本大志(2004)：諫早湾湾口部における潮流流速と溶存酸素濃度の現地観測，海岸工学論文集，第51巻，pp. 901-905。
 農林水産省九州農政局農地整備課(2008)：情報公開資料
 平野慶二・松田正彦・北原 茂・品川 明・日向野純也(2008)：諫早湾内の諫早市小長井町地先干潟の貧酸素化の実態とその対策，平成20年度日本水産学会学術講演会講演論文集，pp. 273-275。
 松岡敦充(2003)：諫早湾における赤潮原因プランクトンの最近の変化，月刊海洋，34，pp. 246-251。