

海色衛星観測データを用いた埋立地周辺を含む大阪湾における赤潮動態の解明

中田聡史

神戸大学大学院海事科学研究科 特命助教

[研究目的]

人為・経済活動が激しい埋立地周辺の人為的に改変した水域（水路、泊地や窪地）においては（以後、埋立地周辺水域）、発生する赤潮が広範囲かつ時間変化が激しいため、現場観測によるクロロフィル a(Chl-a)等の水質定点情報のみを用いて、赤潮の時空間スケールを把握するには限界がある。また、沿岸海域の海水は、陸水由来の有色溶存有機物質 (CDOM)や懸濁物質 (SS)等の影響を顕著に受けるため、衛星観測による Chl-a 濃度(以後、衛星 Chl-a)の推定誤差が大きい。それゆえ、定期観測等の現場採水によって測定された Chl-a 濃度(以後、採水 Chl-a)に加えて、現場採水に基づいて得られた CDOM、SS 等の濃度を用いて衛星観測による Chl-a 濃度推定誤差を緩和可能な補正式を作成し、衛星 Chl-a の精度を向上させる必要がある。

本研究では、広域性・継続性という利点をもつ衛星観測と現場観測データを有機的に組み合わせることによって質・量的に向上させた衛星 Chl-a データセットを整備する。このデータセットに基づいて、高濃度 Chl-a によって特徴づけられる赤潮(赤潮水塊)を時間単位で面的に可視化し、埋立地周辺の水域に注目して赤潮水塊がどのように移流・拡散され、消えていくのかという赤潮の動態(発生から消長)を明らかにする。

[研究方法]

使用した衛星データは、近年利用が開始された静止海色衛星「千里眼」の毎時観測による GOCI プロダクトである。採水 Chl-a と GOCI プロダクトの衛星 Chl-a を相互比較するため、赤潮が多発する時期にターゲットを絞り 8 月と 11 月に埋立地周辺海域を含む大阪湾東部海域において現場観測・採水を実施した（図 1）。大阪湾における沿岸 8 地点において水質定点自動観測による Chl-a 濃度推定データ(以後、定点 Chl-a)と、大阪府立環境農林水産総合研究所の定期観測（図 1 a）による大阪湾全体の月別の採水 Chl-a を収集した。これらの取得されたデータを衛星 Chl-a の検証・校正用として、定点および採水 Chl-a と衛星 Chl-a の推定誤差を最小にする補正式を作成した。補正式を用いて 2014 年 5 月から 2015 年 11 月までの衛星 Chl-a データセットを整備した。

[結果と考察]

大阪湾においては、Chl-a 濃度が 10 $\mu\text{g/L}$ 以上である場合は赤潮が発生している可能性がある(山本・中嶋, 2001)。本研究では、10 $\mu\text{g/L}$ を基準として、それ以下を低濃度 Chl-a 水塊、それ以上を高濃度 Chl-a(赤潮水塊)と定義して解析した。低濃度 Chl-a 範囲内において、海表面における採水 Chl-a と衛星 Chl-a とを比較した図 2a をみると、衛星 Chl-a と採水 Chl-a の間にはある程度の相関関係がみられ、相関係数は 0.77、RMSE は 2.00 $\mu\text{g/L}$ 、バイアスは 1.32 $\mu\text{g/L}$ であった。採水 Chl-a と衛星 Chl-a との Chl-a 濃度差(=採水 Chl-a - 衛星 Chl-a)がどのプロパティで説明できるか調べるため、Chl-a 濃度差と衛星 CDOM との関係性を調べたところ、衛星 CDOM 値との間に二次関数的な関係が見出された(相関係数 0.88)。この関係を用いて衛星 Chl-a を補正した値(以後、補正 Chl-a)を得るための関係式(補正 Chl-a = 衛星 Chl-a + 796.5 ×

衛星 CDOM 濃度 - 230.16×衛星 CDOM 濃度+ 17.043)が得られた。補正 Chl-a と海表面と深度 5m の採水 Chl-a を平均したデータとを比較したところ、相関係数は 0.89、RMSE は 0.09 $\mu\text{g/L}$ 、バイアスは 0.00 $\mu\text{g/L}$ であり良好な相関関係が得ることができた。

全体の衛星 Chl-a と採水 Chl-a の水平分布傾向は概ね合致しているが、淀川河口域と堺泉北港付近の地点で得られた Chl-a 濃度が 10 $\mu\text{g/L}$ 以上の範囲では両者の差が大きい。これは、沿岸付近における Chl-a 濃度の時間変動が大きく、そして比較日時が異なるために生じていると推察された。

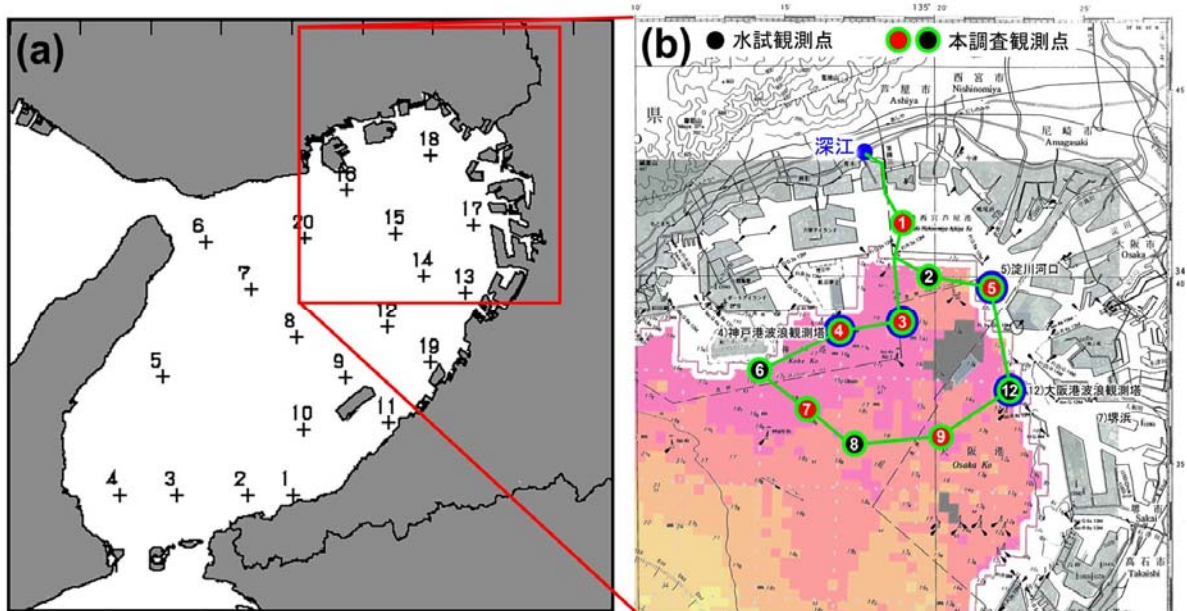


図1 a) 大阪府立環境農林水産総合研究所の定線観測。 b) 神戸大学練習船「白鷗」による現場観測および採水地点（赤丸と黒丸）。青丸印は水質定点自動観測サイト。黒丸印は大阪府立環境農林水産総合研究所（水試）の観測定点でもある。背景色は CDOM 濃度。

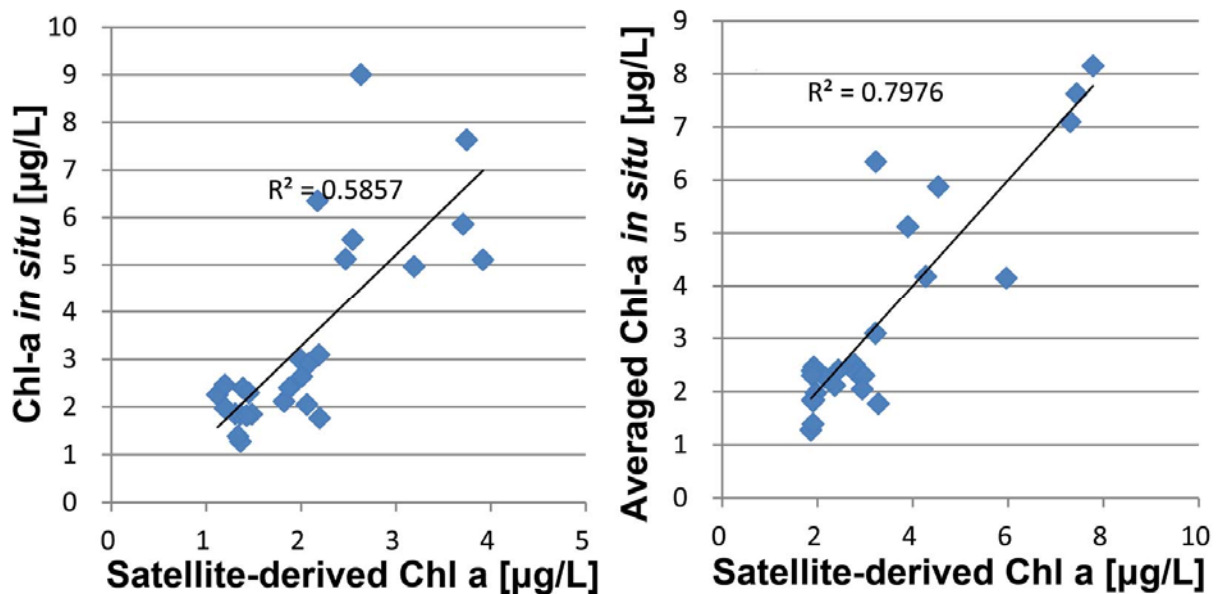


図2 a) 海表面における採水 Chl-a と衛星 Chl-a データの散布図。 b) 海表面と深度 5m における採水 Chl-a を 2 層鉛直平均した Chl-a 濃度と補正後の衛星 Chl-a データの散布図。

本発表では、一例として 2015 年における夏季から秋季にかけて衛星観測によって捉えられた赤潮の動態解析結果を報告する。図 3 は、5 月～7 月の衛星 Chl-a 分布が湾東部ほぼ全域に

わたって捉えられている時の日平均マップである。10 $\mu\text{g/L}$ 以上の高濃度 Chl-a 域(赤潮水塊)について注目してみると、5 月中旬以降に湾奥で赤潮水塊が発生しており、その後岸に沿って赤潮水塊の分布が維持されており、6 月上旬には一旦消滅している。その後、Chl-a 濃度が全体的に低下した傾向が継続するものの、沿岸域でパッチ状の赤潮水塊が断続的に発生しているようである。7 月中旬より徐々に湾奥全体の Chl-a 濃度が上昇していき、7 月 17 日に近畿地方に最接近した台風第 11 号(Nangka)が襲来後の 7 月 20 日になると、堺泉北港付近に形成域が移動していた。このような状況は沿岸域に配置されている水質定点自動観測による Chl-a 濃度の時系列データとも整合性がとれていた。

風襲来後 1 週間後の 7 月 24 日には(図 4)、湾東部で平均して Chl-a 濃度が約 5 $\mu\text{g/L}$ であった状況が、13:00 には湾奥で赤潮水塊が出現していた。翌日 7 月 25 日の 9:00 には、大阪湾東部中央部で赤潮水塊が形成されており、12:00 には東部全域をほぼ覆う大規模な植物プランクトンブルームが発生していたことがわかった。このような現象は、2014 年の台風襲来時にも観測されている。2014 年 8 月の解析結果では、10 日に近畿に最接近した台風 11 号の約 1 週間後に、高濃度(10 $\mu\text{g/L}$ 以上)の Chl-a 水塊が湾奥において大規模に発生していた。その後 1 週間近くは少なくとも沿岸域においては赤潮が継続し、この間は淀川の河川流量が非常に多かった。このように、台風襲来約 1 週間後に、大阪湾奥を中心に大規模な植物プランクトンのブルームが発生することがわかった。このブルームは、淀川流域の降水量および最下流の流量に影響される可能性が示唆された。

【結論】

埋立地周辺の水域に注目して赤潮水塊がどのように移流・拡散され、消えていくのかという赤潮の動態(発生から消長)を明らかにするため、近年利用が開始された静止海上衛星の毎時観測による高解像度 GOCI プロダクトの衛星 Chl-a を解析した。また、衛星 Chl-a を質・量的に向上させるため、関係機関による定点 Chl-a や採水 Chl-a といったグラウンドトゥルースを収集し、赤潮が多発する 8 月と 11 月にターゲットを絞り埋立地周辺海域を含む大阪湾東部海域において現場観測・採水を実施した。そして、これらのグラウンドトゥルースと衛星観測データの推定誤差を最小にする補正式を作成した。整備した衛星 Chl-a を解析した結果、その時空間変動は、定点 Chl-a の時系列データと整合性がとれており、衛星観測によって湾奥における沿岸域の Chl-a 濃度の季節内変化がうまく捉えられていた。本研究で注目した大阪湾奥の埋立地周辺においても、5 月中旬から 6 月上旬や 7 月中旬以降に頻発する赤潮水塊の消長が衛星 Chl-a によって捉えられていた。特に、夏季における台風襲来前後の Chl-a 時空間変動を詳細に調べることができた。台風襲来約 1 週間後に、大阪湾奥を中心に大規模な植物プランクトンのブルームが発生しており、このブルームは淀川流域の降水量および最下流の流量に影響される可能性が示唆された。さらに、大阪湾奥の埋立地周辺における毎時の衛星観測データを用いれば、高濃度 Chl-a 域(赤潮水塊)の日変化を、例えば鉛直移動する習性を持つ *Heterosigma akashiwo* の動態を捉えることができると期待される。

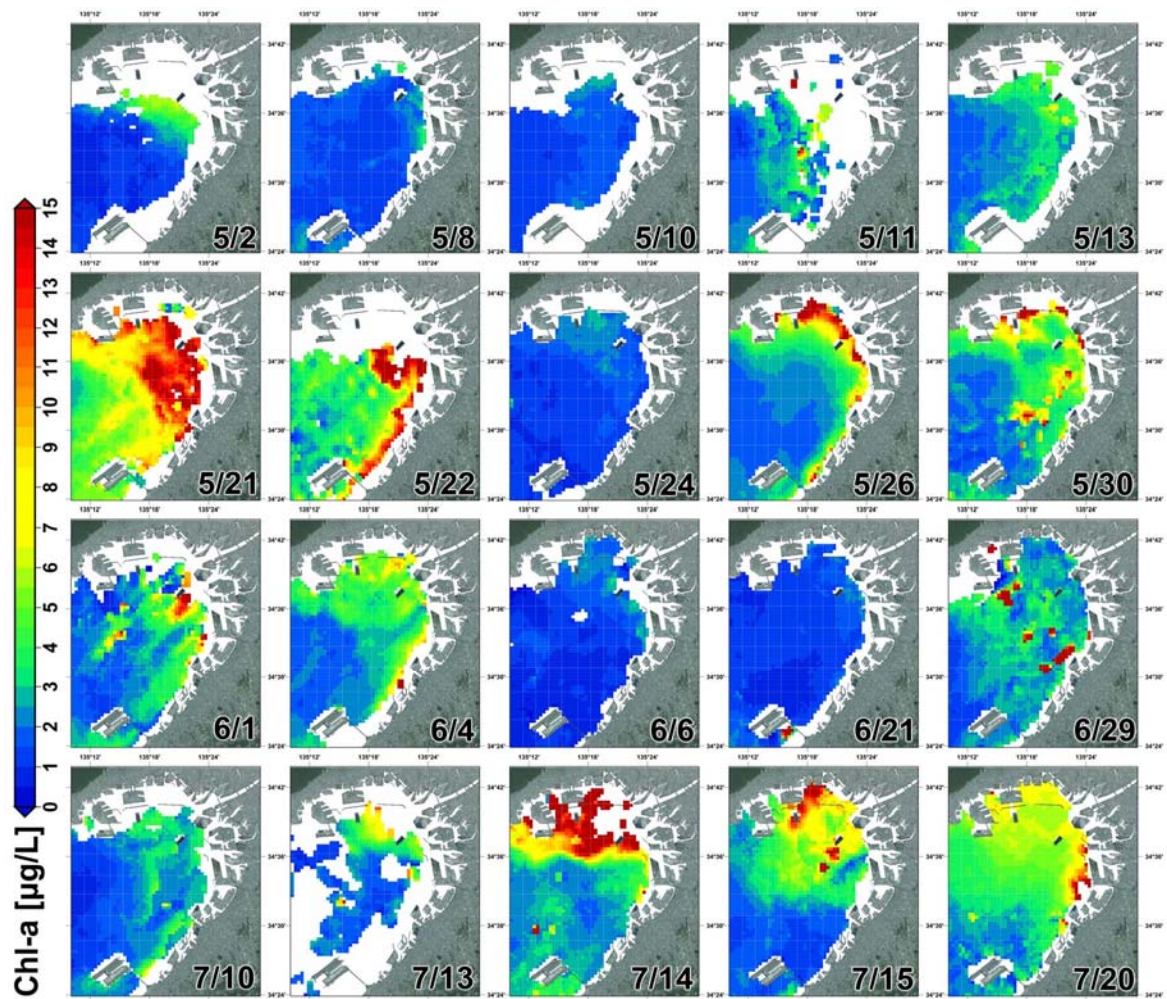


図3 2015年5月～7月の日平均衛星 Chl-a マップ(良好な衛星データが取得できた日のみ)。

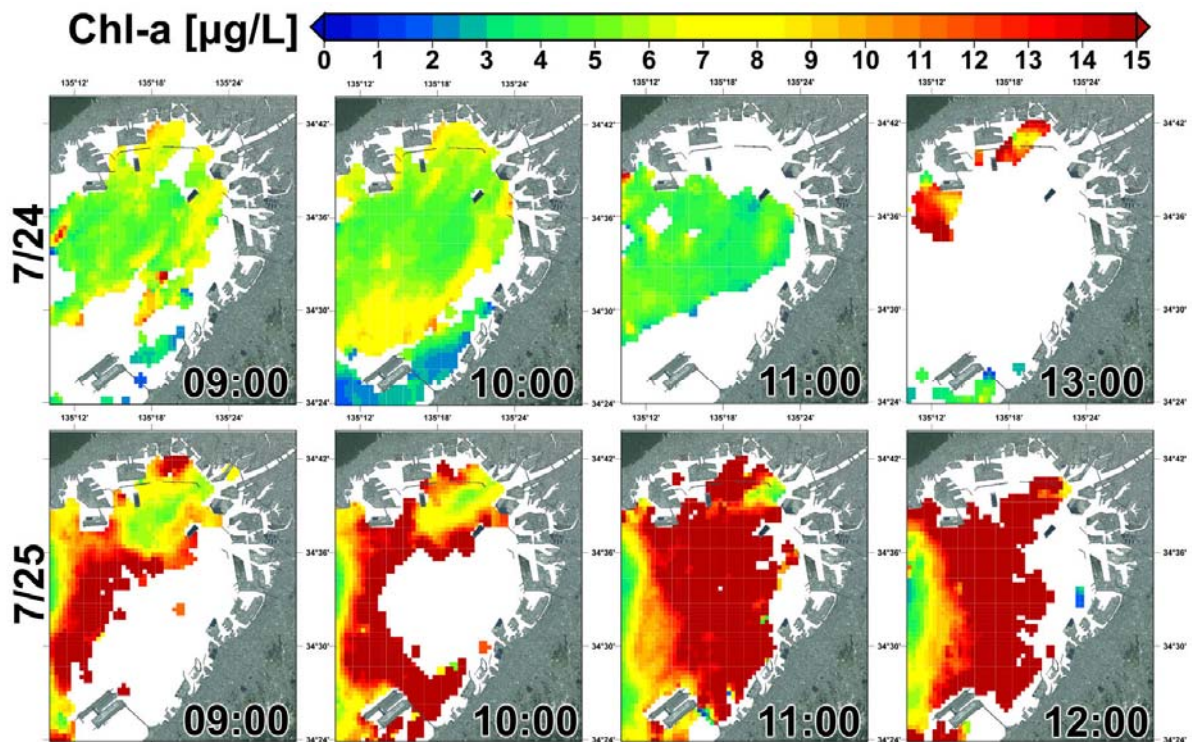


図4 2015年7月24日と7月25日における09:00～13:00における毎時の衛星 Chl-a マップ