

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（その2）

小林志保（京都大学フィールド科学教育研究センター）

中田聡史（神戸大学大学院海事科学研究科）

中嶋昌紀（大阪府立環境農林水産総合研究所）

山本圭吾（大阪府立環境農林水産総合研究所）

秋山諭（大阪府立環境農林水産総合研究所）

石坂丞二（名古屋大学宇宙地球環境研究所）

1. 研究目的

本研究は、昨年度に助成をいただいた継続研究である。昨年度から引き続き、大阪湾において発生する広範囲かつ時間変化の激しい赤潮の動態を、近年新しく公表された時間・空間分解能の高い静止衛星海色データを用いて解析する手法の開発を行なった。

昨年度の研究では、陸水由来の有色溶存有機物質（CDOM）や懸濁物質等が衛星から推定されるクロロフィル濃度（以下、衛星 Chl-a）に及ぼす影響を調べ、現場観測によって得られたクロロフィル濃度（以下、現場 Chl-a）と比較して CDOM 光吸収係数を用いた補正式を作成した。整備した衛星 Chl-a 濃度データセットを用いて、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、台風直後における赤潮水塊の発生とそれがどのように移流・拡散され、消えていくのかという赤潮の動態（発生・消長）を示した。

一方で、現場 Chl-a 濃度が $10 \mu\text{g/L}$ を超える領域については衛星データの推定誤差がやや大きく、解析手法に検討すべき点が残されていた。これらのことから、本年度の研究では、Chl-a 濃度が高い領域における推定誤差拡大の原因の解明、衛星観測波長毎のスペクトルデータを用いた補正方法の確立を行ない、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大阪湾における赤潮動態を解析した。

2. 研究方法

2016年5月、8月、11月に埋立地周辺海域を含む大阪湾（図1）において現場観測を実施した。採水して現場 Chl-a 濃度および CDOM 光吸収係数を測定するとともに、海面分光放射計（図2）によって各波長におけるリモートセンシング反射率（ R_{rs} ）を得た。これらの現場データを用いて、近年利用が開始された静止衛星「千里眼」

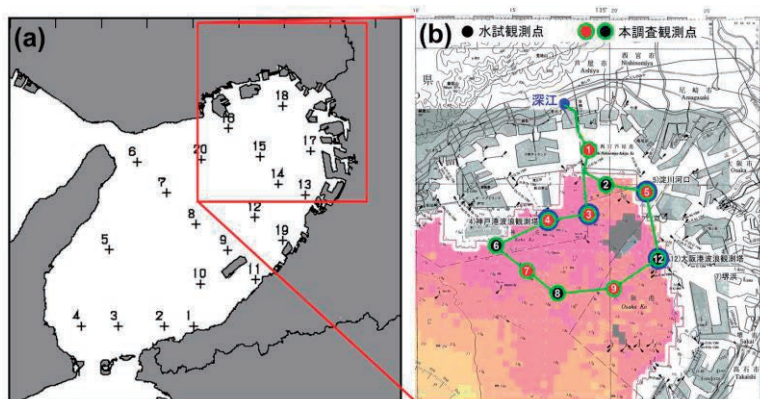


図1 海域観測点。(a) 大阪府浅海定線調査（十字）(b) 湾奥調査採水地点（○）二重丸は水質定点自動観測サイト。

の毎時観測によるデータ (GOCI プロダクト) を検証・補正し, 衛星 Chl-a データを作成した. 整備した衛星 Chl-a データセット, 関係各機関による赤潮情報, 大阪湾における水質定点自動観測による Chl-a 推定濃度データおよび気象データ等を合わせて, 大阪湾における赤潮動態の解析に用いた.



図2 海面分光放射計

3. 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, Chl-a 濃度が $10 \mu\text{g/L}$ 以上の場合を赤潮と見なして解析を行なった. はじめに昨年度の課題であった, 現場 Chl-a が $10 \mu\text{g/L}$ を超える場合に生じる衛星 Chl-a 推定誤差拡大の原因について調べた. 図3に, 海面分光放射計の測定結果(R_{rs})と衛星 Chl-a の推定に用いられている水中アルゴリズムを用いて推定した Chl-a と現場 Chl-a の関係を示した. 現場 Chl-a が $10 \mu\text{g/L}$ を超える地点においては, 両者の間に二次関数的な関係 (現場 Chl-a = $0.0753 \times$ 推定 Chl-a² + $0.473 \times$ 推定 Chl-a) が見られ, 決定係数(R^2)は 0.987 と高い値を示した. 一方, 比較的濁度の高い淀川河口の値は, 現場 Chl-a と推定 Chl-a が 1:1 で対応するラインの近くにプロットされていた.

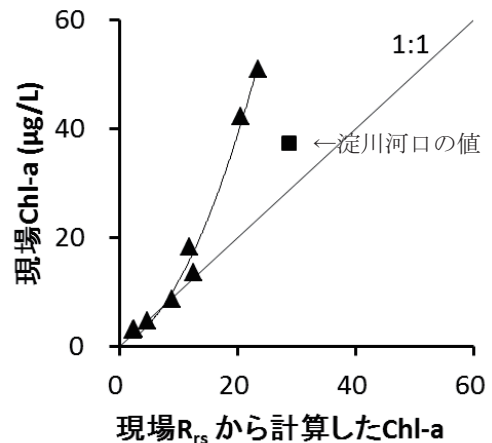
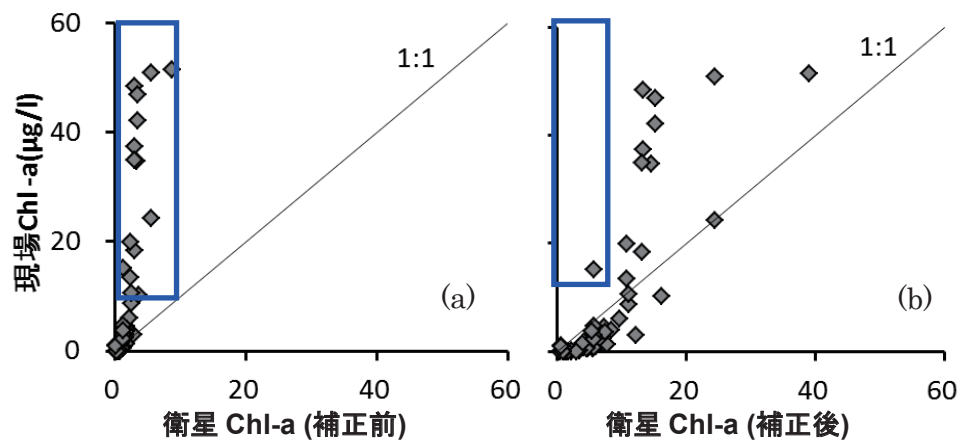


図3 現場 Chl-a 濃度と現場 R_{rs} から計算した Chl-a の関係(8月). 直線は両者が一致する線, 曲線は近似曲線.

懸濁物濃度の比較的高い海域で作成された従来の水中アルゴリズムは, 河口以外の大阪湾奥には適しておらず, それが衛星 Chl-a 推定誤差拡大につながっていることが示唆された. 2016年8月の現場 Chl-a と, 補正前の衛星 Chl-a, および上記の関係式を用いた補正後の衛星 Chl-a と

の関係を示した. 補正前の衛星 Chl-a は現場 Chl-a に対して大幅に過小評価となっており, 現場 Chl-a では赤潮と判断される地点のすべてが, 衛星



Chl-a では赤潮と判断されていなかった

図4 2016年8月の現場 Chl-a 濃度と, (a)補正前の衛星 Chl-a, (b)現場 R_{rs} を用いて補正した衛星 Chl-a との関係. 青枠は, 現場 Chl-a $> 10 \mu\text{g/L}$, 衛星 Chl-a $< 10 \mu\text{g/L}$ の部分を示す.

(図 4 (a)). そのような地点は, 海面分光放射計の測定結果(R_{rs})を用いた補正によってほぼなくなった(図 4 (b)). この補正式を用いて作成した衛星 Chl-a (図 5 (b))は, 補正前の衛星 Chl-a (図 5(a))に比べ, 現場 Chl-a (図 5 (c))に近い値を示していた. 一方, 今年度用いた補正式は数少ないプロット (図 3)に基づくものであり, 本海域に適した水中アルゴリズムの確立が今後必要になると考えられた.

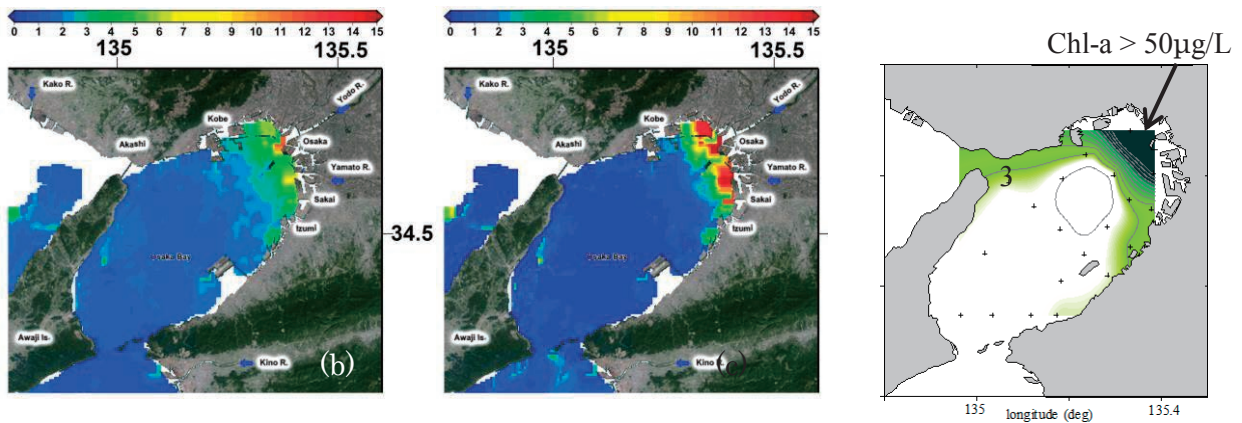


図 4 2016年8月の(a)補正前の衛星 Chl-a, (b)補正後の衛星 Chl-a, (c)現場 Chl-a 濃度($\mu\text{g/L}$)の水平分布図. 現場 Chl-a については Kriging 法により補間した. 等値線の間隔は $3 \mu\text{g/L}$.

次に, 年に 1 度, 瀬戸内海漁業調整事務所より公表されている現場観測データから推定された各月の赤潮最大面積と, 同期間内の衛星データの各グリッドの Chl-a 濃度最大値を抽出しマップ化し(衛星 Chl-a 最大値マップ), マップから計算した Chl-a 濃度 $10 \mu\text{g/L}$ 以上の面積 (1 グリッド $0.25 \text{ km}^2 \times$ グリッド数)とを比較した. 図 6 に, 2011 年 8 月の事例を示した. このときの衛星データ取得率は 90.6% であり, ほぼ大阪湾全域をカバーしていた. 現場観測データでは, 和田岬と岸和田市を結ぶ線以東の海域で発生していたことが示され, 赤潮面積は 390 km^2 となっている. 一方, 衛星データで見ると, Chl-a 濃度が $10 \mu\text{g/L}$ を超える水塊はパッチ状に分布していたため赤潮面積は 81 km^2 となっていた. その結果, 現場/衛星面積比が 4.77 倍と大きな差異が生じたと考えられる. 前述のように, 衛星 Chl-a データの示す数

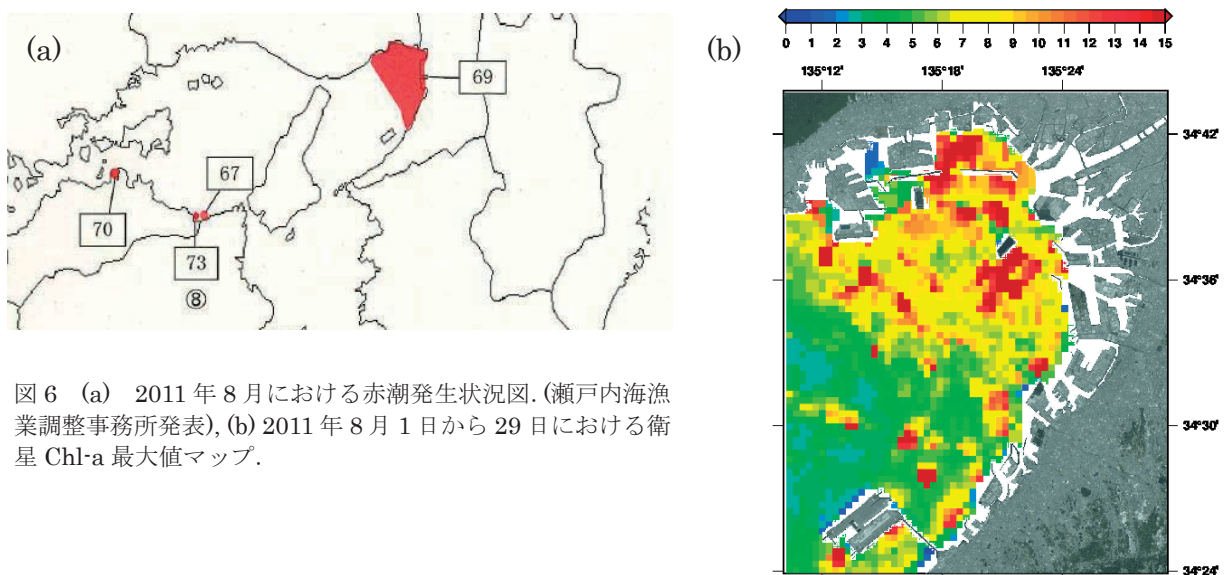


図 6 (a) 2011 年 8 月における赤潮発生状況図.(瀬戸内海漁業調整事務所発表), (b) 2011 年 8 月 1 日から 29 日における衛星 Chl-a 最大値マップ.

値には補正を加える必要があるが、日々変化する赤潮水塊の動態を面的に捉えることが可能であることから、現場観測の結果を時間・空間的に補間する際に重要な情報を提供できることが示唆された。

【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衛星「千里眼」の毎時観測による高解像度 GOCI プロダクトの Chl-a 濃度データを解析した。

大阪湾奥における海面分光放射計を用いた観測により得た波長毎のスペクトルデータを用いて衛星 Chl-a 値の補正方法を検討した結果、懸濁物濃度の比較的高い海域で作成された従来の水中アルゴリズムを適用した場合には、Chl-a 濃度が 10 µg/L を超える地点において、衛星 Chl-a 推定誤差が大きくなることが示された。海面分光放射計を用いた観測データを収集し、大阪湾奥に適した水中アルゴリズムを新たに作成することにより、Chl-a 濃度 10 µg/L 以上とされる赤潮発生海域の特定が可能になると考えられる。

衛星 Chl-a 濃度データを用いて Chl-a 濃度最大値マップを日ごとに作成して統合し、瀬戸内海漁業調整事務所が発表している現場観測に基づく月ごとの赤潮最大面積と比較した結果、Chl-a 濃度が 10 µg/L を超える赤潮水塊がパッチ状に分布している場合には、週ごとの各地点における現場データを補間した赤潮面積が、衛星データから算出される赤潮面積に比べて大きく評価されることがあることが示された。衛星 Chl-a データは、現場観測の結果を時間的・空間的に補間する際に重要な情報を提供できると考えられる。

大阪湾東部海域で発生する大規模な珪藻赤潮は、直接的な漁業被害は少ないものの、貧酸素水塊の形成やノリの色落ちの要因になると考えられる。広域かつ高頻度のクロロフィル分布を得られる衛星データの推定精度を上げていくことは、赤潮動態を監視する目的においても重要であると考えられた。

引用文献

山本圭吾・中嶋昌紀 (2001) 大阪湾における水中型蛍光光度計を用いたクロロフィルの測定と赤潮の判断, 大阪府立水産試験場研究報告, 13, 1-9.

謝辞

大阪湾における観測にあたり、神戸大学大学院海事科学研究科 瀧真輝准教授、林美鶴准教授、中村一平氏に大きなご助力をいただきました。心からの感謝を申し上げます。