

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3）

○小林志保（京都大学大学院農学研究科）

中田聡史（神戸大学大学院海事科学研究科）

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、一昨年度、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。

昨年度までの研究では、面的な衛星クロロフィル a(衛星 Chl.a)濃度データと公的な赤潮情報との関連性を明らかにすることにより、現場データを時間的・空間的に補間する際に、衛星データが有用であることを示すとともに、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具体的な事例を示した。一方で、現場 Chl.a 濃度が 10 $\mu\text{g/L}$ を超える海域については衛星 Chl.a の推定精度が低く、そうした領域における衛星 Chl.a 濃度の精度を高めることが課題であった。

これらのことから、本年度の研究では、各波長におけるリモートセンシング反射率 (Rrs) を用いて衛星 Chl.a の最適化を行なうとともに、人工衛星から得られる水温場、塩分場、光学特性と Chl.a 分布を比較し、埋め立て地周辺も含めた大阪湾における赤潮の消長メカニズムについて調べた。

2. 研究方法

2017年7, 8, 9月に埋立地周辺海域を含む大阪湾奥において、また2015年から2017年の5, 8, 11, 2月に大阪湾全域において現場観測を実施した(図1)。採水して現場 Chl.a 濃度および有色溶存有機物による光吸収係数(aCDOM)を測定するとともに、海面分光放射計(RAMSES; TriOS

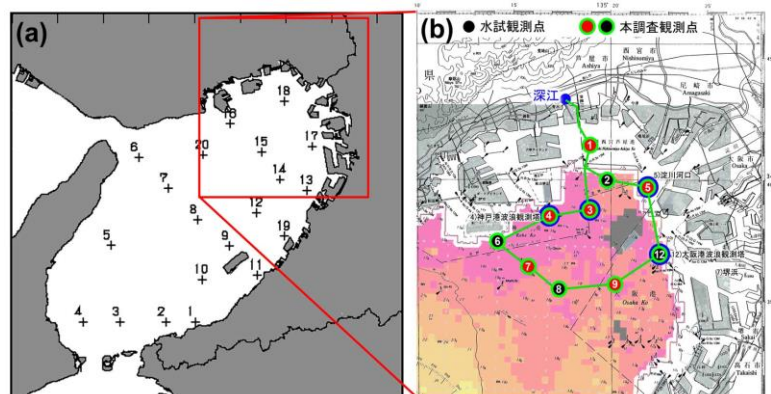


図1(a) 大阪府立環境農林水産総合研究所の観測地点。(b) 神戸大学「白鷗」による現場観測および採水地点(赤丸と黒丸)。

社)によって各波長におけるリモートセンシング反射率を得た(以下、現場 Rrs)。これらの現場データに基づいて水中アルゴリズムおよび大気補正アルゴリズムを検討するために、近年

利用が開始された静止衛星 COMS/GOCI の毎時観測によるデータのうち、波長 865, 745, 680, 660, 555, 490, 443, 412 (nm) における Rrs をダウンロードし (以下, 衛星 Rrs), 衛星 Chl.a データを作成した. 整備した衛星 Chl.a および aCDOM データセット, また周回軌道衛星 Terra/Aqua に搭載された分光放射計 (MODIS) のデータのうち光合成有効放射 (PAR) と海面水温 (SST) および気象データを大阪湾における赤潮動態の解析に用いた.

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.

現場 Rrs から複数の水中アルゴリズムを用いて Chl.a 濃度を推定し, 実測 Chl.a 濃度と比較したところ, 下記のアルゴリズム

(Ratio V2010) を用いた場合に, log_BIAS, log_RMSE がそれぞれ 0.038 および 0.24 (n

= 146) と推定精度が最も高かった.

$$R = \frac{Rrs(443) + Rrs(490) - Rrs(412)}{Rrs(555)}$$

$$\text{estimated chl. a } (\mu\text{g/L}) = 1.8528 * R^{-3.263}$$

また, 衛星 Rrs から Ratio V2010 を使って求めた推定 Chl.a 濃度と, 2015 年から 2017 年までに大阪湾全域で得られた実測 Chl.a 濃度を比較したところ図 3 のようになり, 実測 Chl.a 濃度が非常に高い地点では外れ値が多少生じるものの, 実測濃度が 20 $\mu\text{g/L}$ 程度の範囲では, ほとんどのプロットは両者が一致する直線上に分布した. log_BIAS, log_RMSE は, それぞれ -0.23 および 0.46 (n = 102) であり, 推定の適用範囲および推定精度は赤潮発生海域の特定には十分であると考えられた.

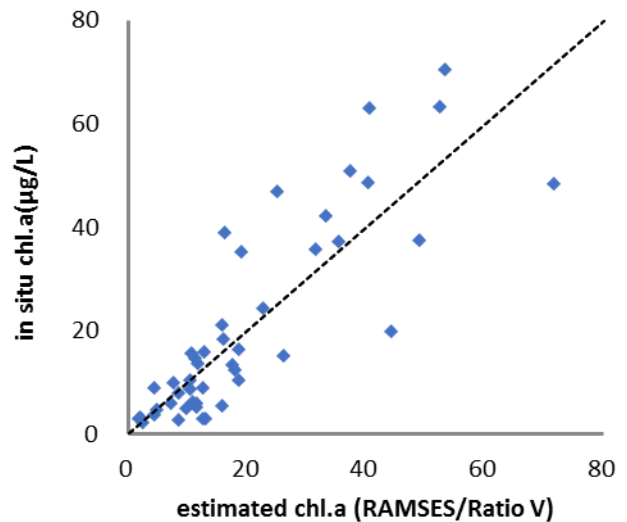


図2 現場 Rrs から推定した Chl. a 濃度と採水して測定した Chl. a 濃度の関係. 点線は x 軸の値と y 軸の値が一致する線を示す.

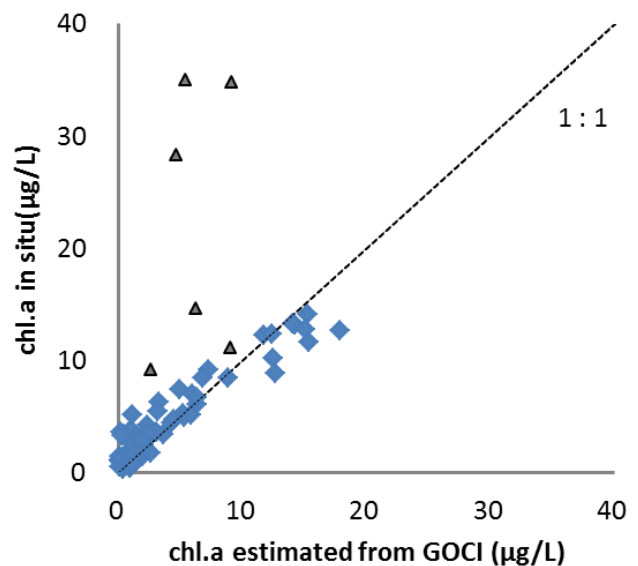


図3 衛星 Rrs から推定した Chl. a 濃度と採水して測定した Chl. a 濃度の関係. 点線は図 5 と同様であり, 三角印は, はずれ値を示す.

次に、静止衛星 COMS/GOCI から得られる水平解像度 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ の衛星 Rrs データを用いて Chl.a 濃度を推定し、解析期間中(2011~2017年)に起きた赤潮の動態を解析した。ここでは最も新しい 2017 年の衛星データを用いて、Chl.a 濃度分布の変化を示す。図 4 に GOCI から得られた 2017 年 5 月の衛星 Chl.a 分布、図 5 に MODIS から得られた同期間の光合成有効放射量をそれぞれ示した。海面水温(SST)は解析期間を通して 18°C を超えており、植物プランクトンの増殖に対する水温制限は弱いと考えられた。

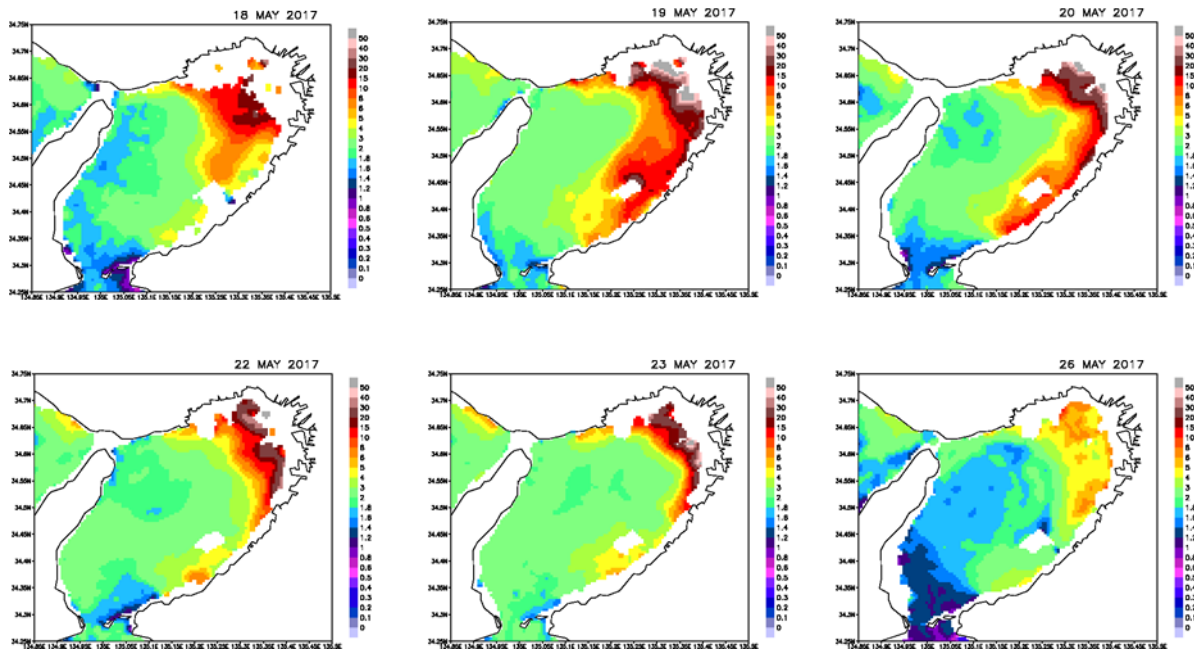


図 4 2017 年 5 月における衛星 Chl. a ($\mu\text{g/L}$) 分布

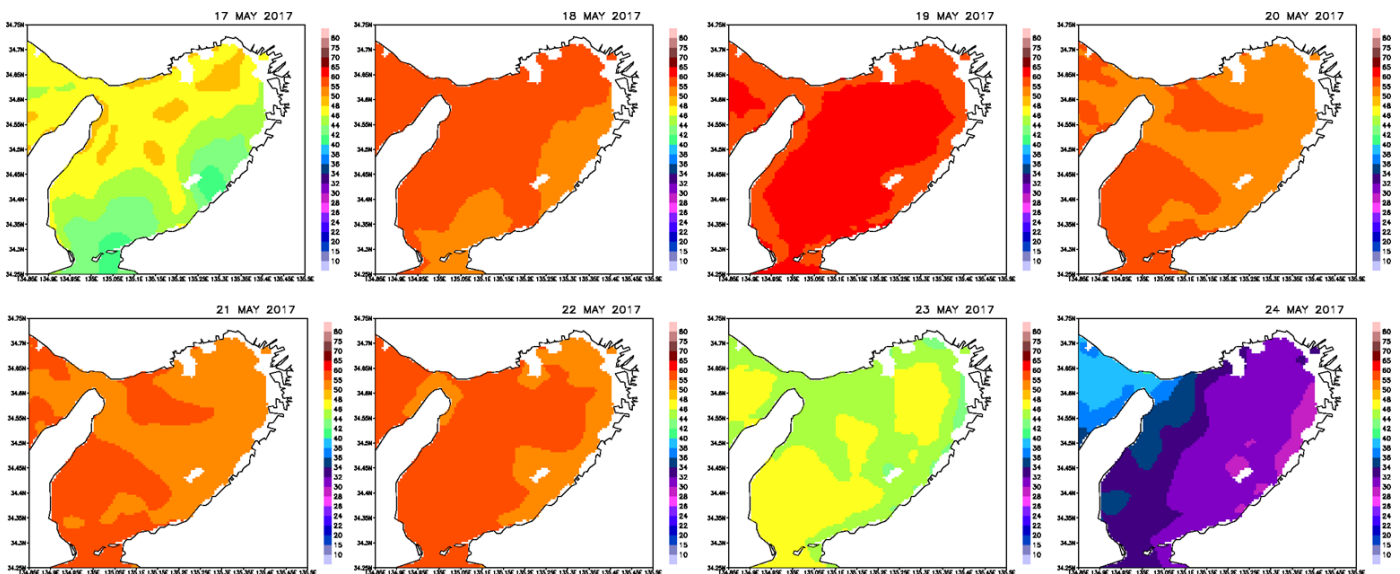


図 5 2017 年 5 月における PAR ($\text{Ein/m}^2/\text{day}$) 分布

2017年5月は降雨量が比較的少なく河川流量はほぼ平水流量であったが、5月13日から14日にかけてやや河川流量が増加した。その後の5月18日から23日に得られたChl.a濃度(図4)は湾奥で20 µg/Lを超える赤潮状態となっており、赤潮状態は5月26日には終息した。光合成有効放射(PAR; 図5)は、5月17日まではやや低いが、5月18日から22日までの間は比較的高くなっていた。また5月23日にはやや低下し、5月24日以降は非常に低くなった。衛星Chl.a分布の変化(図4)に見られた赤潮の発生、終息のタイミングは、PARの上昇、低下のタイミングとそれぞれよく一致していた。

また低塩分領域で一般に高い値を示すaCDOMは、5月13日から26日の間には大阪湾奥から東岸に沿って高くなっていた。一方、7~8月の出水後には大阪湾の北岸に沿って高く、これらの分布はこれまでに報告された大阪湾における低塩分水の分布と矛盾しない。2017年5月に得られた衛星Chl.aの分布(図4)は、平水時における低塩分水の分布と一致していた。

すべてのデータを掲載することはできないが、衛星データを用いて解析したところ、いずれの年についても5月から9月の赤潮発生期間を通じて、赤潮の発生および終息は光合成有効放射の変化に強く依存し、赤潮水塊が移流・拡散する範囲や方向は、淀川から大阪湾に流入した河川水の広がりによく対応していた。

4. 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発生し、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。

はじめに衛星Chl.a濃度の推定精度について検討を行なった。2010年に開発された水中アルゴリズム(Ratio V2010)を適用することにより推定精度が向上し、衛星Chl.aと実測Chl.aを比較すると、実測Chl.a濃度が20 µg/Lまでの範囲では、ほとんどのプロットは両者が一致する直線上に分布した。実測Chl.a濃度が20 µg/Lを超える範囲においてはややばらつきが大きくなるものの、推定の適用範囲および推定精度は赤潮発生海域の特定には十分であることが示された。

人工衛星から得られたChl.a濃度、海面水温、光合成有効放射、塩分と相関関係にあるaCDOMの分布を用いて2011~2017年における赤潮の動態を解析した結果、5月から9月の赤潮発生期間を通じて、赤潮水塊が移流・拡散する範囲や方向は、淀川から大阪湾に流入した河川水の広がりに対応すると考えられた。また赤潮の発生および終息は、光合成有効放射の変化に応じて起きることが、衛星Chl.a分布および衛星PARのデータから示唆された。

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.