

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03972

研究課題名(和文) 貧栄養化が進む日本沿岸の基礎生産量変動の実態解明：伊勢湾を例として

研究課題名(英文) Variation of primary production in the Japanese coastal water speculating to be oligotrophic: Example of Ise Bay

研究代表者

石坂 丞二 (Ishizaka, Joji)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授

研究者番号：40304969

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：1998年から2014年の、衛星で測定した伊勢・三河湾の植物プランクトン色素クロロフィルa(Chl-a)の精度を向上し、その変動・変化を明らかにした。17年間のChl-aの空間・月平均値は、夏高く、冬低く、これは河川流入量の月平均と対応した。各月の平均値から長期変化を求めたが、いずれの月も統計的に有意ではなかった。この結果は、最近まとめられたChl-aの現場データの減少傾向と対応しない。これは、1)衛星データ自体の問題、2)現実の時空間的に変動が大きすぎる、3)現場観測で過小評価される微小プランクトンの割合が増加している、などの原因が考えられた。さらにこれらの要因を考慮して解析する必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沿岸の富栄養化での環境悪化に対して、日本では栄養塩の負荷量削減が行われてきた。しかし、近年は逆に貧栄養化による生物生産の減少していることが懸念されているがその実態はよくわかっていない。本研究では、日本の代表的内湾である伊勢・三河湾について、これまで長期解析がされていなかった衛星データを利用して、精度を改善した17年間のクロロフィルaのデータセットを作成した。そこで得られた変化は現場データとは異なったが、さらに高精度の長期的なデータ蓄積が約束されている衛星データによって、海洋環境をモニタリングできる可能性が高まった。

研究成果の概要(英文)：Accuracy of phytoplankton pigment, chlorophyll-a (Chl-a) estimation by satellite in Ise and Mikawa Bays was improved and clarified its variability and changes from 1998 to 2014. 17-year spatial and monthly mean values of Chl-a were high in summer and low in winter, which corresponded to the monthly mean values of river inflows. Long-term changes were determined from the mean values for each month, and they were not statistically significant in any month. This result does not correspond to the declining trend in the recently compiled Chl-a field data. This could be due to 1) problems with the satellite data, 2) too large variability in space-time, and 3) an increase in the proportion of small plankton underestimated in the field observations. Further analysis is required to take these factors into account.

研究分野：生物海洋学

キーワード：富栄養化 貧栄養化 植物プランクトン 伊勢湾 三河湾 衛星リモートセンシング 海色 クロロフィルa

## 1. 研究開始当初の背景

人間活動の影響が大きい沿岸域では、河川からの人為的な栄養分の流入による富栄養化に起因する過剰な有機物生産が、世界的に環境問題を引き起こしている。日本でも高度成長期に、伊勢湾や瀬戸内海をはじめとする多くの沿岸域で人為的な富栄養化が進み、赤潮が頻発した。また、植物プランクトンの基礎生産による過剰な有機物生産によって、底層で貧酸素水塊が発生した。そのため最近、日本沿岸域では河川等からの栄養塩負荷量が削減されている。しかし、瀬戸内海ではこの栄養塩削減によって、逆に貧栄養化が起こって漁業生産が減少していると指摘されている (Yamamoto, 2003; Nishikawa et al., 2010)。また伊勢湾でも、漁業生産が減少しているとの指摘もあり、物質循環の健全化が望まれている (蒲原ら, 2018)。

一方で、陸域からの栄養塩の供給に関与する河川流量は、降水の影響も強く受けており、変動が激しい。短期的に河川流量が上昇することで、より多くの栄養塩が供給されることも指摘されており、降水パターンの変化は流量の変化、しいては海域の基礎生産の変化を引き起こしている可能性も高い。また、最近の気候変動に関連していると考えられる極端気象によって、その変動はさらに激しさを増していると考えられる。しかし、本当に人為的な栄養塩削減は、沿岸域の生物生産を変化させているのだろうか。これまで、沿岸域の植物プランクトンの現存量の指標であるクロロフィル a 量 (Chl-a) の測定は、限られた場所、時間間隔に限られている。

しかし沿岸域では、上記の河川流量の変動を含め多くの影響要因があるため、Chl-a は時間的にも空間的にも変動が大きい。そのため、本当に日本周辺で Chl-a が長期的に減少しているかははっきりしてない。さらに植物プランクトンが行う基礎生産や、食物網に重要な影響を与える植物プランクトンの群集構造の長期的な変化に関しては、現状ではほとんど情報が無い。従って、今後生産性の高い沿岸域を保つためには、沿岸域の基礎生産者である植物プランクトンの現存量、基礎生産、群集構造などが、時空間的にどのように変化しているかを明らかにする必要がある。

最近、外洋域を中心に衛星データを用いて、Chl-a、基礎生産、植物プランクトンの群集構造を推定する手法が確立されつつあり、過去 20 年近くのデータが解析されつつある。一方で、沿岸域では、精度が低いと考えられたために、これまでほとんど衛星データが利用されてこなかった。しかし、最近申請者のグループらの研究等によって、これまであまり取得されていなかった光学データを含む現場データを、沿岸の衛星データと組み合わせることによって、精度を高めることができるようになってきており (林ら, 2015 等)、その富栄養化・貧栄養化の検知への利用への期待が高まっている (Maure et al., 2021)。

## 2. 研究の目的

本研究では、日本の代表的な内湾であり、栄養塩削減による貧栄養化によって魚類生産が下がっている可能性が指摘されている伊勢・三河湾に注目して、そこでの植物プランクトンの現存量 (Chl-a) について、これまで利用されてこなかった衛星データを用いて過去 17 年間のデータセットを作成し、その変遷を調べることを目的とした。

## 3. 研究の方法

研究範囲は北緯 34.2 度から 35.2 度、東経 136.4 度から 137.5 度を対象とした。海色衛星データは 1998 年 1 月から 2010 年 12 月の SeaWiFS バージョン 2010.0 Level2 (L2) Merged Local Area Coverage (MLAC) データと、2002 年 6 月から 2014 年 12 月の MODIS-Aqua (MODISA) のバージョン 2013.1 L2 LAC データを利用した。これらのデータは NASA ocean color web (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/>) からダウンロードした。これらのデータは、林ら (2015) に従って、リモートセンシング反射率 (Rrs) から Chl-a を計算した。この補正方法では、吸収性エアロゾルによる大気補正の誤差を、現場の Rrs 値を基に補正し、さらに Rrs の比から Chl-a を計算する式についても、現場にあった Rrs 比と Chl-a の関係を用いている。

河川流量は、日本河川協会の雨量・流量年表データベース、流量年表、水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) より、庄内川、木曾川、長良川、揖斐川、鈴鹿川、雲出川、櫛田川、宮川の流量を取得し、八河川の合計値を利用した。

## 4. 研究成果

海色衛星センサー SeaWiFS と MODISA を用いて、1998 年から 2014 年について、推定精度を向上した Chl-a を求めた。Chl-a の 17 年間の空間・月平均値は、夏季に高く、冬季に低く、これは伊勢湾への河川流入量の月平均値と対応していた。また伊勢湾では湾口よりも湾奥から三重県沿い、また三河湾では全域で季節変動が顕著であった。経年的には大きな偏差が散発的に観測され、3 月から 11 月ではその多くが、大出水と対応した。1 日毎のデータによると、流量の極大時から数日程度で Chl-a の極大が観測され、流量の高い時に伊勢湾の三重県側、低い時に知多半島側の Chl-a が高く、これは河川ブルームに対応すると考えられた。

これらのデータを用いて、各月の Chl-a の平均値から長期トレンドを求めた。しかし、いずれ

の月も統計的に有意な長期トレンドは観測されなかった。この結果は、最近まとめられた蒲原ら（2018）や千葉ら（2019）の現場観測データの Chl-a の減少傾向と対応していない。実際に、公共用水域の水質調査のデータを用いて本研究の衛星データを検証すると強い相関は見られるにも関わらず、公共用水域データではこの 17 年間で減少傾向がみられ、衛星データでは減少傾向が見られなかった。これは、1) 処理した衛星データで校正の経年変化が十分に補正されていない、2) 衛星データは空間的に密なデータを取得できるが、雲などの影響でそれぞれの年での変動が大きいの、3) 現場観測では過小評価されるが衛星では観測される微小プランクトンの割合が増加している、などの原因で長期変化が埋もれてしまっている可能性が考えられた。今後さらにこれらの要因を考慮して解析をする必要がある。これらの研究成果は現在、学術雑誌に投稿中である。

#### 引用文献

- 千葉賢 (2019) 伊勢湾の植物プランクトンの小型化と 水質の長期変化の関係について. 四日市大学論集, 32, 139–156.
- 林正能・石坂丞二・小林拓・虎谷充浩・中村亨・中嶋康生・山田智 (2015) 伊勢・三河湾における MODIS と SeaWiFS のクロロフィル a 濃度の検証と改善. 日本リモートセンシング学会誌, 35, 245-259.
- 蒲原聡・高須雄二・湯口真実・美馬紀子・天野禎也. (2018) 三河湾における栄養塩の低下. 愛知水試研報, 23, 30–32.
- Maúre, de R. E., Terauchi, G., Ishizaka, J., Clinton, N. & DeWitt, M. (2021) Globally consistent assessment of coastal eutrophication. *Nature Communications*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26391-9>
- Nishikawa, T., Hori, Y., Nagai, S., Miyahara, K., Nakamura, Y., Harada, K., et al. (2010) Nutrient and phytoplankton dynamics in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea, Japan during a 35-year period from 1973 to 2007. *Estuaries and Coasts*, 33(2), 417–427. <https://doi.org/10.1007/s12237-009-9198-0>
- Yamamoto, T. (2003) The Seto Inland Sea - Eutrophic or oligotrophic? *Marine Pollution Bulletin*, 47(1–6), 37–42. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00416-2](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00416-2)

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1 . 発表者名 Ishizaka, J.
2 . 発表標題 Verification of SGLI data in Ise and Ariake Bays, Japan
3 . 学会等名 The 8th Asian/ 17th Korea-Japan Workshop on Ocean Color 2020 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Matsushita, R., H. Higa, S.I. Salem, J. Ishizaka
2 . 発表標題 Validation of inherent optical properties algorithms considering GCOM-C SGLI bands using in situ dataset
3 . 学会等名 The 8th Asian/ 17th Korea-Japan Workshop on Ocean Color 2020 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Salem, S.I., H. Higa, J. Ishizaka, K. Oki
2 . 発表標題 Global-scale retrieval of inherent optical properties using machine learning
3 . 学会等名 The 8th Asian/ 17th Korea-Japan Workshop on Ocean Color 2020 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 石坂丞二, 林正能
2 . 発表標題 衛星データとクロロフィル濃度に見られた特徴
3 . 学会等名 水産海洋地域研究集会 第15回伊勢・三河湾の環境と漁業を考える「近年見られた水産資源と海の変化 ~2014年に着目して」
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 水野晃子, 石坂丞二
2. 発表標題 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定
3. 学会等名 JpGU2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂丞二
2. 発表標題 宇宙から海のプランクトンを観る
3. 学会等名 四日市公害と環境未来館 開館5周年記念企画展「地球の彩りを宇宙から」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂丞二
2. 発表標題 GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証
3. 学会等名 JpGU2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂丞二
2. 発表標題 宇宙から見た海洋環境の状況～温暖化から貧栄養化・プラスチック
3. 学会等名 愛知学院大学モーニングセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石坂丞二
2. 発表標題 富栄養化・貧栄養化に関するリモートセンシングの現状と今後の展望
3. 学会等名 シンポジウム「海洋観測におけるリモートセンシングの活用の今後」笹川平和財団海洋政策研究所
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石坂丞二
2. 発表標題 宇宙からの目で海洋環境を考える
3. 学会等名 令和2年度富山県立大学環境講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石坂丞二
2. 発表標題 宇宙から見た海洋環境の状況～温暖化から貧栄養化・プラスチック
3. 学会等名 松山東高校出前授業
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------