

共同利用研究集会

「赤潮の予測に向けた観測とモデリング」

"Workshop on Observation and Modeling of Red Tide Towards Prediction "

研究代表者 石坂丞二（名大宇宙地球環境研究所）

1. 目的と開催経過

赤潮や有害藻類ブルームは、1970年代から日本沿岸域で漁業被害を多く起こしてきた。最近では栄養塩の総量規制等によって、これまで多く発生していた瀬戸内海東部や伊勢湾等では減少しつつあるといわれている。しかし、瀬戸内海西部や有明海ではむしろ最近被害が増加している。赤潮の漁業被害を軽減するためには、予測が不可欠であるが、現状ではまだ予測は困難である。そこで、ここでは赤潮の予測を行うためには、今後どのようなモニタリングとモデルが必要であるか議論したい。

今回は、COVID-19の影響で、オンラインで行った。参加者は、名古屋大学1名、愛媛大学7名、北海道大学1名、山形大学1名、東京海洋大学1名、広島大学1名、広島工業大学1名、水産技術研究所5名、国立環境研3名、海洋研究開発機構2名、長崎県総合水産試験場3名、大分県農林水産研究指導センター1名、愛媛県水産研究センター2名、大阪府立環境農林水産総合研究所1名、(株)JFEアドバンテック4名であった。また、石坂丞二（名古屋大）、作野裕司（広島大）、庄野宏（広島工業大）、中野善（水産技術研）、越川海（環境研）、Hua Li（JFEアドバンテック）、中島吉洋（長崎水試）、山本佳奈（長崎水試）、鬼塚剛（水産技術研）、伊佐田智規（北海道大）、美山透（JAMSTEC）の11名から話題提供があった。

2. 研究集会の概要

日時：2022年1月25日（火）・26日（水）

場所：オンライン

まず石坂が、衛星海色データを用いた赤潮分類群判別の現状に関して、タイ湾奥部、有明海、北海道東沖に関して述べた。また、今後の衛星計画について、現在運用している「しきさい」が予定運用期間である5年目に入りその継続運用、さらにその継続ミッションや、静止衛星による海色観測の可能性に関しては、水産試験場を含めた多くの人からの要望が必要であることを指摘した。また、今後予定されている、小型衛星「うみつばめ」やNASAのPACEミッションについても触れた。次に作野が、八代海のシャットネラ赤潮の検知結果について、10m解像度のSentinel-2でシャットネラ細胞数の推定ができること、「しきさい」でシャットネラとカレニアの赤潮で波長特性に違いが見られたことを報告した。

次に庄野は、八代海の赤潮予測について、気象庁が公表している旬別の気象データ（気温、降水量、日照時間、風向風速、梅雨入り日）を利用して、最近年の八代海における赤潮の規模（発生から終息までの経過日数）、被害金額、発生日や終息日）などを予測している結果を紹介した。標本数よりもパラメータ数が多いために、要因解析が容易で説明変数の選択が可能なスパースモデリング手法を適応したが、さらに説明変数を減少させる工夫が必要であった。また中野は、八代海の数か月予察に関して、発生・非発生をローカルな気象条件と水位、グローバルなエルニーニョ指標を用いて、複数の手法（判別分析、GLM、K近傍法、ベイズ推定、SVM、ランダムフォレスト）で推定し、その結果を複数の評価指標で比較した。その結果、ベイズ推定が最もよい手法であると評価されたことを発表した。

次に越川は、珪藻の半飽和定数に関して、定常状態を再現することのできる連続培養法で求めた結果についてのべ、これまでの生長や窒素吸収の半飽和定数よりもずっと低濃度の定数が得られたことを述べ、今後さらに多くの種のデータを取り、またモデルへの利用を再考する必要があることを指摘した。

またLiは、*Karenia mikimotoi* や *Chattonella marina* の検出に利用できる光学式有害プランクトン検出センサー（HAI）に関して、培養株を利用して *Karenia. brevis* で利用できることを確認し、また同種でも細胞数推定などが可能であることを示した。一方、中島は、長崎県で起こる *K. mikimotoi* の検出への

HAIセンサーの有効性を調べるため、まず室内実験で検出閾値を設定し、現場調査で結果を評価した結果を報告した。大分県と同様にメーカー推奨値よりも少し低い値とする方が、検出率が高く、見逃し率も少なく長崎県海域に適していた。またテレメータ式のセンサーでも、高密度の発生が検知可能であった。ただ、海表面で特に河川流量の多い場合などで、適合しない場合が見受けられた。

山本は、長崎県沿岸で発生した *K. mikimotoi* 赤潮について、越冬によるローカルな発生と移流による発生の可能性を検討した。その結果、九十九島や大村湾では越冬細胞がそこで増殖したのに対して、伊万里湾ではローカルな増殖と流入の両方、五島・西彼沿岸や薄香古江湾では越冬細胞がほとんど確認されず、移流によって赤潮が発生した可能性が指摘された。

鬼塚は、韓国から山陰に流れ着く *Cochlodinium polykrikoides* 赤潮の監視予測体制についてまとめた。2000年代から山陰で発生しているこの種は、遺伝子検査から九州・瀬戸内・太平洋岸とは異なり、大量発生している韓国と同じ系統であった。韓国の赤潮の状況、衛星による監視、モデルによる粒子追跡で予測が可能となり、それを顕微鏡観察や遺伝子検査と比較する監視体制が組み立てられている。この種は、対馬暖流沿いにオホーツク海の北海道沿岸まで流れ着くことも明らかとなっており、最近北海道で起こっている *K. mikimotoi* の赤潮も九州北部の個体群由来である可能性が示唆された。

伊佐田は、2021年秋に北海道東部で起こった *Karenia selliformis* 赤潮の状況と、2019年から厚岸湾で行っている海洋環境と植物プランクトン群集のモニタリング結果について報告した。2021年9月13日に厚岸実験所棧橋で変色を確認し、その後それが *K. selliformis* であることがわかったこと。同種は2019年に青森県で発見されているが、それとは系統が違い、2020年にカムチャッカで赤潮を起こした系統と近いこと。赤潮前の7・8月は高温の宗谷暖流変質水が確認され、*Synechococcus* が多かったが、9月は低温であったことなどが報告され、今後衛星リモートセンシングで *Karenia* 属を珪藻から判別することが期待されることが指摘された。

最後に美山は、JAMSTECの高解像度モデルでの2020年秋に発生した東京湾の青潮と北海道の赤潮の物理的背景について発表した。東京湾については、3

日先まで予測している水平分解能 $1/500^\circ$ のモデルを利用して、風による沿岸湧昇との関係について報告した。北海道の赤潮に関しては、より低解像度のモデルを利用し、粒子追跡の結果、多くの粒子が日本海北部やオホーツクから来ているが、1年前に赤潮が起きたカムチャッカから来ている可能性もサポートされた。また8月には北太平洋が熱波に見舞われており、その後9月は北海道東沖で低温であったが、10-11月には再び高温となったことも報告された。

総合討論では、6年間継続した愛媛大学沿岸環境科学研究センターでの赤潮の研究集会はこれで一旦終了することが報告された。来年度は愛媛大学の吉江直樹が代表となり、名古屋大学宇宙地球環境研究所の共同研究集会に石坂を担当教員として「赤潮の予測とその社会実装に向けた研究」で応募しており、皆の参加が期待された。

愛媛大学沿岸環境科学研究センター

共同利用・共同研究集会「赤潮の予測に向けた観測とモデリング」

25日(火)

13:30-13:40 挨拶

13:40-14:10 石坂丞二(名大 ISEE) 衛星による赤潮植物プランクトン群集把握の
試みと衛星計画

14:10-14:40 作野裕司(広島大) Sentinel-2 と GCOM-C による八代海におけるシ
ャトネラ赤潮の分布

14:40-15:10 庄野 宏(広島工大) 旬別気象データに基づく八代海の赤潮予測

15:30-16:00 中野 善(水産技術研) 赤潮数ヶ月予察における予測手法の比較

16:00-16:30 越川 海(環境研) 半連続流加培養系を用いた珪藻の比増殖速度と
制限栄養塩濃度の関係の解析

16:30-17:00 Hua Li (JFE Advantech) Lab experiment of HAI sensor on K. Brevis

26日(水)

9:30- 10:00 中島吉洋(長崎水試) 有害プランクトン検出(HAI)センサーによる
Karenia mikimotoi 探索

10:00-10:30 山本佳奈(長崎水試) 長崎県沿岸における Karenia mikimotoi の越冬
と移流の可能性

10:30-11:00 鬼塚剛(水産技術研) 日本海西部海域における有害赤潮監視予測体制

11:00-11:30 伊佐田智規(北大理) 厚岸湾における海洋環境と植物プランクトン群集
のモニタリング結果

11:30-12:00 美山 透(JAMSTEC) 海洋予測モデルで見る東京の青潮と北海道の赤
潮の物理的背景

12:00-12:15 総合討論