

第6回LaMer 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」

2016

11

24

THU.

13:00-17:00

13:00-15:00

石坂丞二 (名古屋大学)

人工衛星による赤潮検出の現状について

作野裕司 (広島大学)

静止衛星を使った備後灘における赤潮モニタリングの可能性

中田聡史 (神戸大学)

大阪湾における台風襲来後に発生する大規模赤潮の動態解析

吉川裕 (京都大学)

海洋の乱流と赤潮

15:00-17:00

鬼塚 剛 (瀬戸内水研)

有害藻類ブルーム(HAB)モデリングの現状と課題

秋山 諭 (大阪水試)

統計モデルによる有害赤潮発生予察の試み

山砥稔文 (長崎水試)

長崎県北部沿岸海域における*Karenia mikimotoi*赤潮の早期検出

平江 想 (長崎水試)

メソコスムによる*Karenia mikimotoi*の日周鉛直移動について

場所

理学部会議室

愛媛大学理学部構内
総合研究棟 I 6階

2016

11

25

FRI.

9:00-12:00

9:00-12:00

小池一彦 (広島大学)

クロロフィル蛍光を用いた赤潮の動態予測

青木一弘 (中央水研)

八代海および橘湾の*Chattonella*赤潮発生機構の類似点の相違点

宮村和良 (大分水試)

*Karenia mikimotoi*の生態

吉江直樹 (愛媛大学)

豊後水道におけるカレニア赤潮の時間分布について

久保田祥隆・郭新宇 (愛媛大学)

豊後水道における急潮と底入り潮の進入・消滅過程

郭新宇 (愛媛大学)

流動場から見た2012年夏の豊後水道の赤潮

美山透・森岡優志・Sergey M. Varlamov・宮澤泰正 (JAMSTEC)

外洋の影響を考慮した豊後水道の海洋モデリング

総合討論

LaMer事務局 TEL:089-927-8187 / mail:lamer@stu.ehime-u.ac.jp

愛媛大学共同利用共同研究拠点

Leading Academia in Marine and Environment Pollution Research (LaMer)



人工衛星による赤潮検出の現状について

石坂 丞二 (名古屋大学)

赤潮は海の着色現象であるため、リモートセンシングによって容易に検出が可能であると考えられる。しかし、実際にはいくつかの問題が存在して、衛星からの赤潮検出に関しては、必ずしも単純ではない。ここでは、現状の衛星による赤潮検出の現状についてまとめる。海色リモートセンシングでは、海表面のクロロフィル a 濃度は、標準的な成果物であり、赤潮の検出にクロロフィル a を利用することも以前から行われている。しかし、多くの赤潮は沿岸域で起こっており、沿岸域ではクロロフィル a の精度自体があまり高くないといわれてきたために、利用があまり多く行われてこなかった。日本周辺域でも、懸濁物質のような植物プランクトン以外の物質の存在の問題によって、東シナ海や有明海では精度が悪いことが指摘され、また伊勢湾では光吸収性エアロゾルの存在で大気補正に問題があることが指摘されているが、最近は海域別に現場にあうように推定手法を改良することである程度は精度が上がってきている。一方、衛星で推定される光反射スペクトルの形から、赤潮や赤潮の種類を判別する試みも行われている。現時点では、これらの手法も検証が不十分であるが、海域別に多くのデータを蓄積することによって、このような手法も改善が可能であると考えられる。

有害藻類ブルーム(HAB)モデリングの現状と課題

鬼塚 剛 (瀬戸内水研)

赤潮や貝毒を起こす有害・有毒プランクトンの大増殖は、有害藻類ブルーム (Harmful Algal Bloom: HAB) と呼ばれ世界的規模で増加している。HAB モデルは HAB の発生機構解明や予測を目的として、近年、世界各地で開発・適用されている。本発表では、HAB モデリングの現状として HAB の現場動態をモデルによって解析した複数の研究事例を紹介するとともに、HAB モデリングの課題を整理する。

クロロフィル蛍光を用いた赤潮の動態予測

小池 一彦 (広島大学生物圏科学研究科)

もし簡便に赤潮原因プランクトンの増殖活性を測定することができれば、赤潮の動態予測に役立つであろう。パルス変調蛍光計 (PAM 蛍光計) は、植物の光化学系 II (PSII) の量子収率と下流の状態を簡便・正確に測定出来る機器であり、LED の一般化に伴って比較的安価に手に入るようになった。植物プランクトンに特化したタイプもいくつか市販されている。ただし、操作の簡便さに比べて、その原理は難しく、赤潮のモニタリング現場での使用例はまだまだ少ない。ここでは、PAM 蛍光計の赤潮モニタリングへの普及を図るために、我々の長崎県での応用例を紹介する。

2014 年、長崎県水産部と共に佐世保湾奥で調査を行い、*Heterosigma akashiwo*, *Karenia mikimotoi*, *Prorocentrum dentatum*, 珪藻群の出現遷移過程で、プランクトン群集の F_v/F_m (PSII 最大量子収率) と ETR (PSII からの電子伝達速度) を指標に、1~2 週間程度の短期動態予測を行った。まず、調査当初に優先していた *H. akashiwo* はその F_v/F_m の低さからその後の消滅が予見できた。同時に、顕微鏡型 PAM 蛍光計により、ごく少数出現していた *K. mikimotoi* の F_v/F_m が上昇したことを踏まえ、本種がその後優占すると予察した。その後、本種赤潮の F_v/F_m は高いまま推移したが、ETR が急激に低下したことにより、本種赤潮の消滅すること、加えて、降雨後の珪藻の活性化により、珪藻群が優占することも予見できた。

豊後水道における急潮と底入り潮の進入・消滅過程

久保田祥隆・郭新宇 (愛媛大学)

黒潮の影響を受ける豊後水道では、急潮や底入り潮のような数十キロメートル以下のスケールの外洋水進入現象が発生することが知られている。この両現象は豊後水道の水温や栄養塩環境を大きく変化させ、当海域の養殖漁業に様々な影響を与えている。観測から急潮は夏季の小潮期に発生しやすいこと (Takeoka et al., 1993) や、底入り潮は黒潮の流路と関係があること (Kaneda et al., 2002) などが明らかにされている。しかしながら、侵入・消滅過程、空間分布、両現象の関係性など明らかになっていないことも多い。一方で数値モデルを用いた研究も行われている。Isobe et al. (2010, 2012) では、黒潮変動を外力として与え、急潮の発生プロセスをモデル化した。しかし潮汐成分は含まれていなかった。Nagai et al. (2013) では、潮汐によって豊後水道内の急潮がどのような影響を受けるかをモデル化した。こちらは黒潮変動の要素が含まれていなかった。

本研究では、Chang et al. (2009) が開発した瀬戸内海モデルを黒潮流域まで拡大し、外洋の現象からローカルな現象まで含んでいる数値モデル (黒潮-瀬戸内海流動モデル) の結果を用いて、急潮と底入り潮について解析を行った。数値モデルは、POM を基盤とし、計算期間は 2011 年-2013 年、解析領域は 28-35N, 130-136E、水平解像度約 1km、鉛直 31 層である。外洋側の境界条件は JCOPE2 を適用し、潮汐は日本周辺海洋潮汐モデル NAO.99j を使用した。海面の境界条件は、気象庁 MSM 再解析データから求めた 6 時間ごとの風応力と熱フラックスを用いた。河川流量は、国土交通省水文・水質データベースと日本河川協会流量データベースから得られた 1 日毎の河川流量のものを使用した。数値モデルの結果から、表層では水道の東側に急潮と考えられる暖かい海水の北上が確認でき、これは今まで観測された急潮の特徴と一致する。またこの時、水道の西側では冷たい海水が南下することが確認できた。一方、底層では冷たい海水が水道中央部を北上していることが確認され、進入経路は水深と海底地形に影響されることが明らかとなった。

大阪湾における台風襲来後に発生する大規模赤潮の動態解析

中田聡史（神戸大学）

大阪湾奥において台風襲来後に赤潮が発生することが指摘されている。そこで、台風襲来と赤潮発生・動態の関係を理解するため、静止海色衛星 GOCI/COMS の海色画像から 1 日 8 回毎時のクロロフィル a 濃度を解析した。同時に淀川流域の降水量と水質定点自動観測時系列データを比較しながら、2011～2015 年における台風襲来後の赤潮発生タイミングと分布パターンに注目した。その結果、夏季の多雨イベントの約 1 週間後に大阪湾奥を中心に大規模赤潮が発生していた。淀川流域における多雨期の降水量と湾奥表層の Chl-a 濃度には正の相関関係があり、淀川出水による栄養塩供給が赤潮発生の前提条件であり、日射の増加(光環境の好転)が赤潮発生のトリガーになっている可能性が示唆された。

メソコスムによる *Karenia mikimotoi* の日周鉛直移動について

長崎県総合水産試験場 平江 想

【目的】 *Karenia mikimotoi* 赤潮は中層での初期発生や鉛直移動をすることが知られている。被害防止には、高密度分布層の把握が重要となるが、潮流や風の影響を排除した条件で本種赤潮水塊の挙動を追跡した例はない。本研究では、メソコスムを用いて、本種赤潮水塊の日周鉛直移動と環境要因の関係について調べた。

【方法】 2015 年 6 月 19 日 12 時 30 分から翌日同時刻まで、円筒型ビニールシート製メソコスムを佐世保市小佐々町楠泊地先（水深約 8m）に設置し、本種赤潮水塊を隔離した。観測は、メソコスム内外で 3 時間毎に直読式多項目水質計により、水温、塩分、クロロフィル蛍光値、光量子を 10cm 毎に測定した。海水は、0.5, 2.5, 5, B-1m およびクロロフィル極大層で採取し、プランクトンの細胞密度、栄養塩（DIN、PO₄-P）を計数、分析した。

【結果】 メソコスム内の *K.mikimotoi* の高密度分布層は、昼間は表中層、夜間は底層で確認された。本種は昼間、曇天時は 0.5m 層、晴天時は 5m 層に多く分布し、高密度分布層の光量子は平均 $125\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ であり、本種の増殖速度が飽和する光条件の $110\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ （山口 1994）に近かった。DIN、PO₄-P は、15 時 30 分～21 時 30 分の底層が比較的高濃度であり、本種の半飽和定数 DIN 0.58～0.78、PO₄-P 0.14～0.15 をほぼ満たしていた。

外洋の影響を考慮した豊後水道の海洋モデリング

美山透、森岡優志、Sergey M. Varlamov、宮澤泰正

（海洋研究開発機構アプリケーションラボ）

豊後水道への外洋からの進入過程として、「急潮」と「底入り潮」という 2 つの特徴的な現象が知られている。本講演では主に底入り潮について触れる。底入り潮は底部に冷たい富

栄養の水が貫入する現象であり、プランクトン発生に重要な栄養塩輸送に重要な役割を担っていると考えられている(Kaneda et al. 2002)。一方、2007 年の宇和海の事例では、底入り潮の発生に伴い海面下の水が湾外に輸送された結果、赤潮を消滅させたという報告もある(兼田等 2010)。本研究では、底入り潮を JCOPE-T-NEDO 再解析データで調べた。JCOPE-T-NEDO 再解析は、西太平洋を対象とした海洋予測モデル JCOPE2(水平分解能 $1/12^\circ$) の入れ子モデルとなる、日本周辺海域を対象とした、潮汐も外力とする予測モデル JCOPE-T(分解能 $1/36^\circ$ 、Varlamov et al. 2015)を使用しており、JCOPE2 再解析にナッジングという形でデータ同化が行われている。この JCOPE-T の 2002 年からのデータを使用した。JCOPE-T-NEDO 再解析から離散 wavelet により取り出した 8-16 日の変動が、底入り潮にともなう温度変化に対応していた。この変動は、潮汐サイクルでは大潮の時に弱く、季節サイクルでは冬期に弱いという、従来の底入り潮の観測と対応する特徴を捉えていた。本講演では、開発を進めている分解能 $1/500^\circ$ (約 200m) の豊後水道を対象とした予測モデルも紹介する。

長崎県北部沿岸海域における *Karenia mikimotoi* 赤潮の早期検出

山砥稔文(長崎水試)

【目的】2013 年と 2014 年夏季に、長崎県北部で有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* による赤潮が発生し、本種による養殖クロマグロのへい死が確認された。この要因として、*K.mikimotoi* は発生初期に海域中層で増殖するため、養魚をへい死させる赤潮状態になっていても、海上から察知することができず、対策が遅れたことが考えられる。また、へい死時の *K.mikimotoi* 細胞密度は $400 \text{ cells mL}^{-1}$ 程度と一般に被害が発生する細胞密度の $1/10$ 程度であり、クロマグロは他魚種に比べ、*K.mikimotoi* に対する耐性が低いと考えられた。被害防止には赤潮形成前の *K.mikimotoi* の増殖初期段階を的確に捉えることが重要となる。そこで、本研究では *K.mikimotoi* 赤潮の頻発海域である県北部 3 海域(佐世保湾、九十九島、平戸島・薄香・古江湾)において、春夏季に赤潮の早期検出と被害の防止・軽減を目的に *K.mikimotoi* の動態を調べた。

【方法】2015 年、佐世保湾(13 定点)では 5 月下旬から 7 月下旬に、九十九島(12 定点)では 6 月初旬から中旬に、薄香・古江湾(7 定点)では 6 月下旬から 7 月上旬に、週 1 回の頻度(計 17 回)で調査した。定点毎に直読式多項目水質計(AAQ-RINKO)により水温、塩分、クロロフィル蛍光値を 10cm 毎に測定した。海水は 0.5, 2.5, 5, 10m およびクロロフィル蛍光極大層から採取し、*K.mikimotoi* の細胞密度(cells mL^{-1})を計数した。また、*K.mikimotoi* 高密度試水について、光合成活性(光化学系 II の最大量子収率; F_v/F_m)を PAM 蛍光光度計(Aquapen)により測定した。

【結果】*K. mikimotoi* は、佐世保湾では、5 月 27 日から 7 月 28 日の間に検出され、5 月 27 日の湾奥部 4m 層での細胞密度は $317 \text{ cells mL}^{-1}$ であり、 F_v/F_m は 0.64 と室内実験(石

田ほか 2014) での対数増殖期の値 ($0.61 \sim 0.69$) に一致していた。5 日後の 6 月 1 日に、湾奥部の 5m 層で赤潮が形成 ($860 \text{ cells mL}^{-1}$) された。九十九島では、6 月 3 日から 19 日の間に検出され、6 月 3 日の中部海域 6m 層での細胞密度は 97 cells mL^{-1} 、 F_v/F_m は 0.67 であった。7 日後の 6 月 10 日に、中南部の 6m 層で赤潮が形成 ($720 \text{ cells mL}^{-1}$) された。佐世保湾、九十九島ともに、赤潮形成時とそれ以前には、海上から着色は視認されなかった。薄香・古江湾では、6 月 26 日から 7 月 8 日の間に検出され、7 月 3 日の薄香湾東部海域 5m 層での細胞密度は $202 \text{ cells mL}^{-1}$ 、 F_v/F_m は 0.70 であった。4 日後の 7 月 7 日に、薄香湾東部 0.5~2.5m 層で赤潮形成 ($620 \sim 1,010 \text{ cells mL}^{-1}$) が確認された。今回、長崎県北部 3 海域の全てで赤潮形成前に、*K.mikimotoi* の増殖初期段階を早期検出することができた。調査で得られた情報は速やかに漁業現場に伝えられ、モニタリングと対策が実施された結果、佐世保湾、九十九島では被害防止、薄香・古江湾では被害軽減につながったと考えられた。※長崎県では、*K.mikimotoi* 赤潮を $500 \text{ cells mL}^{-1}$ 以上と定義している。