

様式3

愛媛大学沿岸環境科学研究センター
共同利用・共同研究拠点「化学汚染・沿岸環境研究拠点」
共同研究報告書

平成29年 2月28日

化学汚染・沿岸環境研究拠点 拠点長 殿

申請者（研究代表者）

所属機関 名古屋大学宇宙地球環境研究所

職 教授

氏名 石坂 丞二

下記の共同研究について、別紙の通り報告します。

1 研究課題

研究集会「赤潮の予測に向けた観測とモデリング」

2 研究組織

氏名	所属	職	分担研究課題
代表者 石坂丞二	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教授	全体取りまとめ。・衛星リモートセンシング
分担者 相木秀則	名古屋大学宇宙地球環境研究所	准教授	大気海洋結合モデル
鬼塚 剛	水産研究・教育機構 瀬戸内水研東京海洋大学大学院	グループ長	赤潮のモデリング
片野俊也	広島大学大学院生物圏科学研究科	准教授	赤潮の生態
小池一彦	国立環境研究所	教授	蛍光を用いた赤潮の生理活性測定
越川 海	国立環境研究所	室長	赤潮の鉛直移動
東 博紀	国立環境研究所	主任	東シナ海の赤潮モデリング
作野裕司	広島大学大学院生	准教授	赤潮のリモートセンシング

紫加田知幸	物圏科学研究科 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研 究所	研究員	赤潮の鉛直移動
中田聡史	神戸大学大学院海 事科学研究科	特任助教 主任	沿岸のモデリングとデータ同化
宮村和良	大分県農林水産研 究指導センター水 産研究部	研究員	<i>Karenia mikimotoi</i> の生態
森岡優志	海洋科学研究開発 機構	研究員	豊後水道モデリング
吉川 裕	京都大学大学院理 学研究科	准教授	海洋の乱流
青木一弘	水産研究・教育機構 中央水産研究所	研究員	沿岸高解像度モデル
秋山 諭	大阪府立環境農林 水産総合研究所	研究員	統計モデル
拠点対応教員 吉江直樹	愛媛大学・沿岸環境 科学研究センター	講師	豊後水道の赤潮
森本昭彦	愛媛大学・沿岸環境 科学研究センター	教授	豊後水道の赤潮
郭 新宇	愛媛大学・沿岸環境 科学研究センター	教授	生態系モデル

3 研究内容 (別紙)

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。

出席者は、名古屋大学2名、愛媛大学4名、広島大学2名、神戸大学1名、京都大学1名、瀬戸内水研3名、中央水研1名、大阪水試1名、長崎水試2名、大分水試1名、愛媛水試1名、JAMSTEC1名であった。また、石坂丞二(名古屋大学)、作野裕司(広島大学)、中田聡史(神戸大学)、吉川裕(京都大学)、鬼塚剛(瀬戸内水研)、秋山諭(大阪水試)、山砥稔文(長崎水試)、平江 想(長崎水試)、小池一彦(広島大学)、青木一弘(中央水研)、宮村和良(大分水試)、吉江直樹(愛媛大学)、久保田祥隆(愛媛大学)、郭新宇(愛媛大学)、美山透(JAMSTEC)から話題提供があった。

2. 研究集会の概要

日時：2016年11月24日(木)・25日(金)

場所：愛媛大学沿岸環境科学研究センター

石坂は、海色リモートセンシングによる赤潮検出の現状についてまとめた。現状では、大気補正等の問題もあるが、クロロフィルa濃度である程度赤潮判別が可能であり、さらに現在植物プランクトンのグループを判別する試みが進んでいることが述べられた。一方、作野は、最近ひまわり8号や韓国の静止海色イメージャ(GOCI)などで利用が可能になってきた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について述べた。また、中田は、GOCIデータを使い2011年から2015年における台風襲来による降水イベントの1週間後に、大阪湾湾奥部中心に大規模赤潮が発生することを確認した。

吉川は、海洋混合層での粒子の沈降速度を調べるためにLESによる数値実験を行った結

果を発表した。(1) 海面から沈降する粒子は表層乱流の影響を受けるが正味の沈降速度には影響がない、(2) 混合層中層から沈降する粒子は乱流から減速効果を受け正味の沈降速度は減速する、という結果が得られ、これらの結果は海洋中の乱流が植物プランクトンの分布を拡散させるだけでなく平均沈降速度を変化させることを示している。鬼塚は、有害藻類ブルーム (HAB) の発生機構解明や予測を目的とした 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した。一方、秋山は、過去に作成された予察手法の現況への適合検証と、現在東部瀬戸内海で実施している *Chattonella* (*C. antiqua* および *C. marina*) による赤潮の統計モデルを用いた新たな予察技術の開発について紹介した。赤潮の発生は散発的になっているが、発生時期・規模に変化が見られている。

小池は、植物プランクトンの光化学系 II (PSII) の F_v/F_m (PSII 最大量子収率) と ETR (PSII からの電子伝達速度) を測定できるパルス変調蛍光計 (PAM 蛍光計) と顕微鏡型 PAM の、赤潮種の短期動態予測への利用例について述べた。2014 年、佐世保湾奥で *Heterosigma akashiwo*, *Karenia mikimotoi*, *Prorocentrum dentatum*, 珪藻群の出現遷移過程をある程度予測できた。一方、山砥は、長崎県北部 3 海域 (佐世保湾, 九十九島, 平戸島薄香・古江湾) において、2005 年の春季から夏季にかけて、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。*K. mikimotoi* の高密度の場所での F_v/F_m を PAM 蛍光光度計 (Aquapen) で測定することで、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、被害防止、軽減につながったと考えられた。平江は、メソコスムによる *K. mikimotoi* の日周鉛直移動と環境要因について調べた。メソコスム内の *K. mikimotoi* の高密度分布層は、昼間は増殖速度が飽和する光量に近い表中層、夜間は栄養塩の存在する底層で確認された。

宮村は、豊後水道西岸域で起こる *K. mikimotoi* による赤潮に関して、大分県で構築されている赤潮監視体制について述べた。北部の周防灘からの流入型、南部の地場発生型に分けられ、現在では関係機関との連携により広範囲かつ詳細な調査を実施し、短期的な赤潮の発生予察が可能になり、筏の避難、餌止め、早期出荷などの対応により養殖被害の軽減も確認されるようになっている。しかし、一方で最近では冬季や春季での発生など、現在の体制では対応できない事例も報告されている。青木は、近年 *Chattonella* 赤潮で甚大な漁業被害が発生している八代海南部海域および橘湾における赤潮出現機構の類似点について解析した。両海域とも、上流域 (八代海北部海域および有明海) からの低塩分水移流過程が赤潮出現のキーファクターであった。また、橘湾では地場発生赤潮による大規模な漁業被

害が報告されている。2015 年まで八代海南部海域における地場発生赤潮による漁業被害は小規模なものであったが、2016 年に大規模な被害を発生させる地場発生赤潮が出現した。今後 2016 年の赤潮出現機構を解明する必要がある。吉江は、これまでの瀬戸内海の赤潮の 40 年間にわたる変化について、東部・中部・西部と海域を分けて概略が紹介した。また、近年赤潮発生件数が増加傾向にある豊後水道におけるカレニア赤潮に注目し、その赤潮発生時期・規模と環境要因との関連性についての解析結果が報告された。それらから、初春の表層水温と梅雨時期の降雨量を指標とした早期および直前の赤潮警報が提案された。

郭は、夏季に豊後水道広域で発生する *K. mikimotoi* 赤潮に関して、冬季から夏季にかけての豊後水道以外からの輸入の可能性について検討するために、2012 年の物理的な流動場を利用して、日周鉛直移動も考慮した粒子追跡手法を適用した。その結果、冬季から初春(1~3 月)に周防灘北部に存在する *K. mikimotoi* は、2~3 ヶ月後には最大で 10%程度、豊後水道広域に輸送される可能性があることが示された。美山は、豊後水道への外洋からの進入過程である底入り潮について、再解析データの結果を示した。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一方で、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。再解析データの 8-16 日の変動が、底入り潮にともなう温度変化に対応し、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。また久保田は、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。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。

以上のように、リモートセンシング、モデリング、光合成活性観測、流動モデルの利用など、様々な観点から赤潮に関する予察に関して議論された。流動のある中での種の挙動という海洋学的・生態学的に難しいテーマであり、気候変動等に関連して出現状況が変化する可能性もあるが、着実に新しい技術や見方が出てきており、今後の予察から被害軽減につながられる発展が期待された。今後も研究集会を定期的に行い、お互いの情報を交換していくこととなった。

愛媛大学研究集会「赤潮の予測に向けた観測とモデリング」

日時:2016年11月24日(木)・25日(金)

場所:愛媛大学沿岸環境科学研究センター

11月24日 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

11月24日 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

25日 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と相違点

宮村和良(大分水試) *Karenia mikimotoi* の生理生態と赤潮予測について

吉江直樹(愛媛大学) 豊後水道におけるカレニア赤潮の時空間分布について

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

他参加者:相木秀則(名大)、森本昭彦(愛媛大)、久米洋(愛媛水試)、松原賢(瀬戸内水研)、阿保勝之(瀬戸内水研)