

中間取りまとめ(第2章)案 有明海におけるノリの色落ちにかかる整理と検討

1. 小委員会資料番号・タイトル等

- ・小委員会資料番号：第5回水産資源再生方策作業小委員会 資料2-1
- ・タイトル：ノリ養殖に関する資料の収集・整理・分析状況
有明海におけるノリの色落ちにかかる整理と検討
- ・発表者：国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所、福岡県水産海洋技術センター有明海研究所、佐賀県有明水産振興センター、熊本県水産研究センター、水産庁
- ・実施年度：
水産庁委託事業
- ・2013年度～2017年度：赤潮・貧酸素水塊対策事業（九州海域）
- ・2018年度～：漁場環境改善推進事業（赤潮）

2. テーマ

有明海におけるノリの色落ちにかかる整理と検討

3. 背景・目的

赤潮形成の予察技術の向上に向けた分析・検討を行うことを目的とし、ノリ養殖の養殖期間である秋季から春季における水質の状況や競合する赤潮等に関する情報収集を行う。

4. 対象海域

有明海奥部における8点（2018年度までは9点）及び中央部における8点で定期観測を実施した（図1）。奥部の1点（T13）で底層及び表層、2点（P6、P1）で大型観測ブイによる連続観測を実施した。



図1 観測定点位置（左）と観測期間及び頻度（右）

5. 内容・方法・結果

定期観測は、各定点で10月又は11月から2月まで、月2回（奥部は2017年度までは4回）の頻度で実施した。各定点において、多項目水質計の鉛直観測、奥部では表層及び底層、中央部では表層及び2017年度までは5m層、2018年度からは沖合域で10m層、沿岸域で底層から採水し、栄養塩類の測定、植物プランクトンの同定、計数を行った。

連続観測は、10月から2月まで、奥部のT13では表層と底層に設置した観測機器、P6及びP1では大型観測ブイにより、水温、塩分、クロロフィル蛍光強度、濁度、水中光量子束密度（P6及びP1のみ）の観測を行った。

1) *Eucampia zodiacus*

本種による赤潮の特徴は、発生・非発生が年により明確に分かれること、発生した場合は奥部から中央部まで広域で同時期に赤潮化すること、栄養塩類の少ない状況で赤潮化して栄養塩を枯渇させることである。

2013年度以降では、2013年度、2014年度、2018年度、2019年度に赤潮化し、2013年度と2018年度は2月から3月に、2014年度と2019年度は3月に広域で赤潮が発生した（図2）。

赤潮の発生・非発生について、細胞サイズが最小から最大に回復する時期とされる秋季の環境に着目すると、赤潮非発生年は降雨等により表層塩分が大きく低下するか（2015年度、2016年度）、継続して平年より低めの期間があった（2016年度、2017年度）。秋季の光環境をみると、*Eucampia zodiacus*が増殖可能な光量のあった層は、海底からの巻き上げによる濁度の影響が小さい小潮期に深く、沖合の方が深い（図3）。

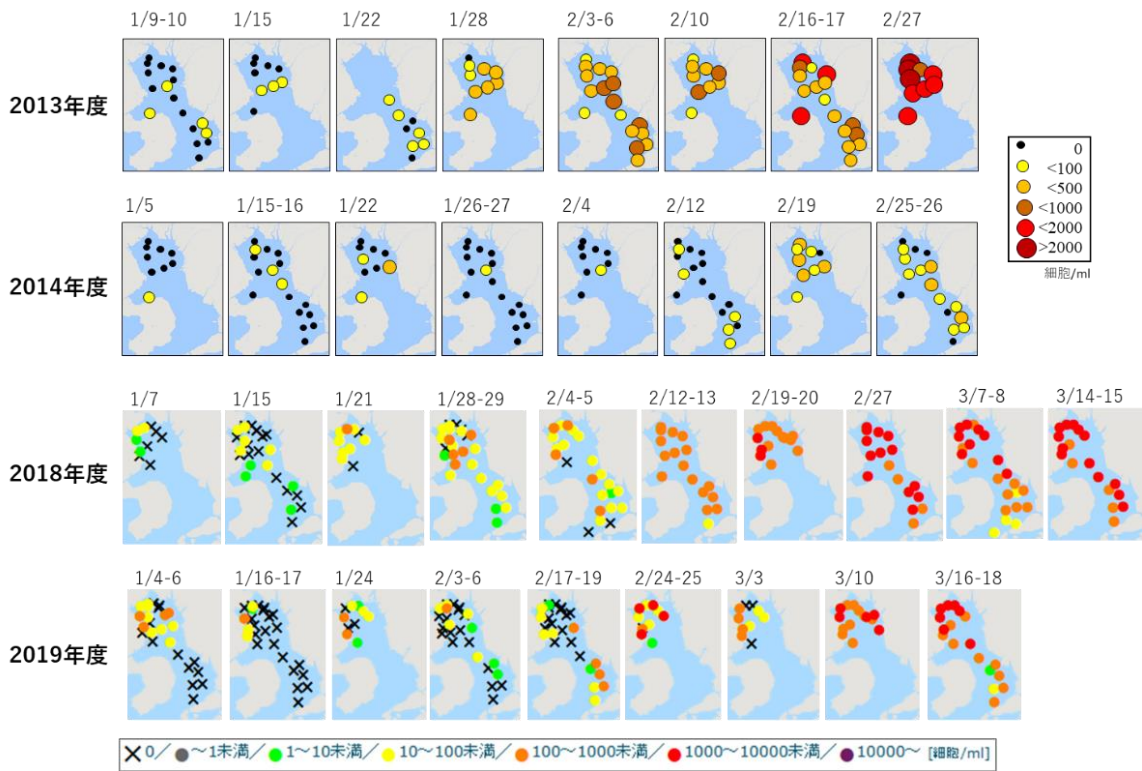


図 2 赤潮発生年（2013 年度、2014 年度、2018 年度、2019 年度）の *Eucampia zodiacus* の出現変化

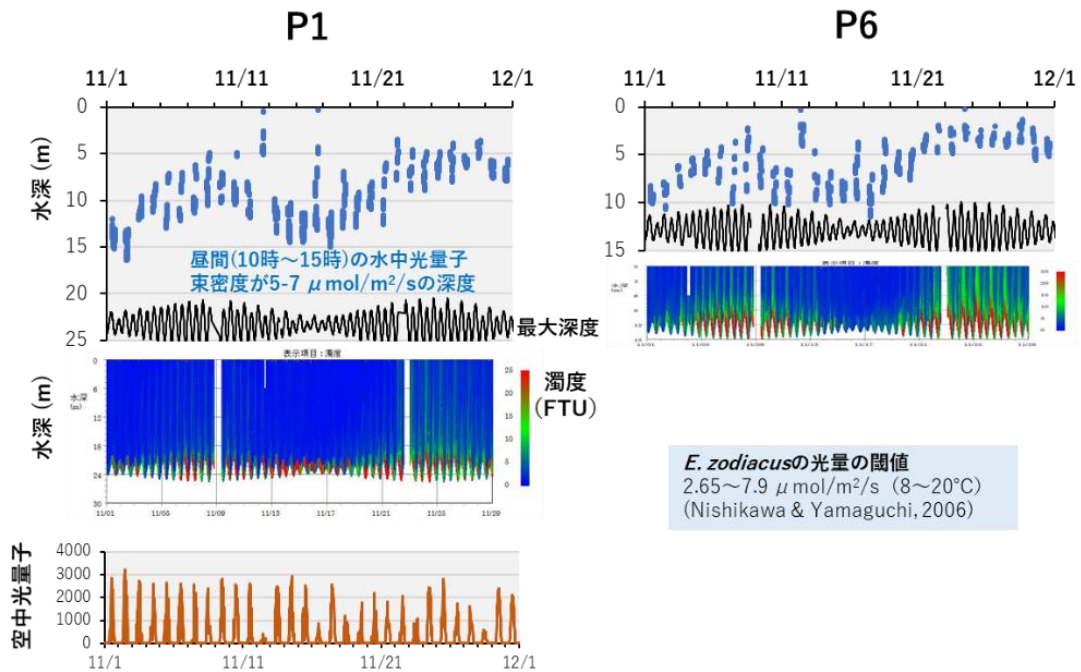


図 3 奥部西側域の定点 P1（左）及び P6（右）における 2018 年 11 月の水中光量子束密度 5~7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ を記録した深度、濁度、空中光量子（P1 のみ）の変化

冬季に発生する赤潮のシードポピュレーションとなる秋季にサイズ回復した細胞の増殖には、秋季の物理環境の影響が大きいと推定し、仮説立てを行った。赤潮非発生年は、淡水流入が多いことで海水密度に鉛直勾配が生じ、光条件の良い表層への細胞の輸送が比較的少なく、赤潮発生年は、淡水流入が少ないことで海水密度は鉛直的に一様で水柱全体で鉛直混合が生じやすく、サイズ回復した細胞が光条件の良い表層に出現する時間が長くなり増殖に有利となる（図 4）。

冬季における赤潮化については、Ito et al. (2013)による結果と同様に、*Skeletonema* spp. による赤潮が衰退し、栄養塩類が低濃度の環境で *Eucampia zodiacus* の細胞密度は上昇していた。

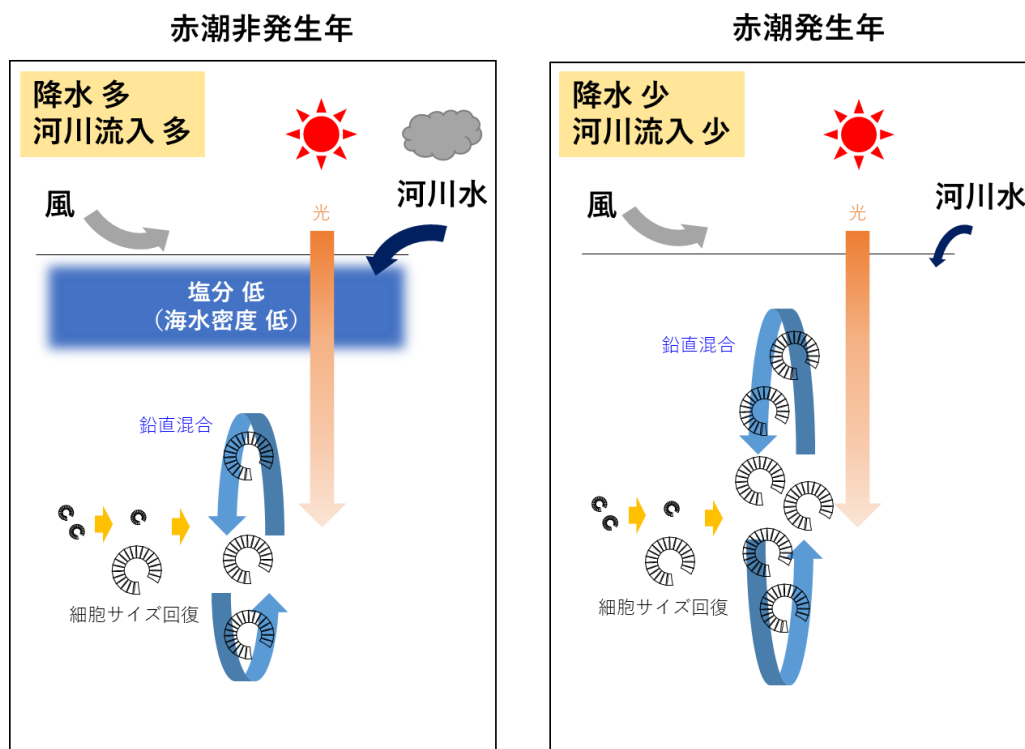
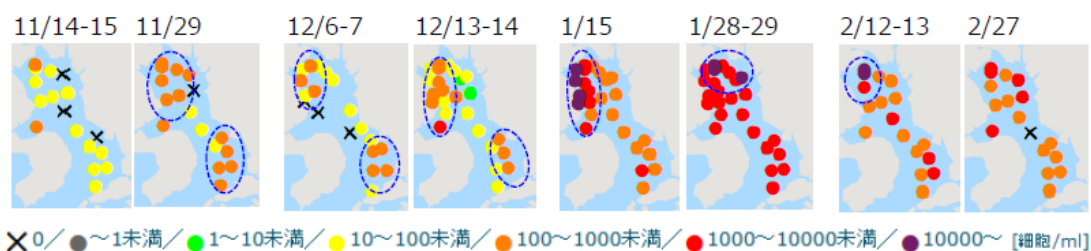


図 4 冬季の *Eucampia zodiacus* 赤潮の発生・非発生に係わる秋季の環境についての仮説概念図

2) *Skeletonema* spp.

本種は、奥部西側域、諫早湾、熊本県沿岸域で高密度化する傾向がある（図 5）。奥部海域では奥西部の六角川や塩田川等の河口域が赤潮の初期増殖域となっており、湾奥西部では河口感潮域が供給源となっていることが示唆された。すなわち、栄養塩枯渇時にも感潮域は河川からの栄養塩供給があることで生産が維持され、増殖した細胞が潮汐により沖合域に輸送される（山口ら、2017, Yamaguchi et al., 2019）。



11月～12月
奥部西側と中央部沿岸で増加

1月～2月
全域で上昇するが奥部西側域で顕著

図 5 2018 年度の 11 月から 2 月までの *Skeletonema* spp. の出現変化
(奥部西側域で高密度化した例として示す)

増殖時期については、奥部では水温が 12°C を下回ってから細胞密度は上昇し (図 6)、上昇に転じるタイミングには光環境が良好であることが重要であると示唆された。

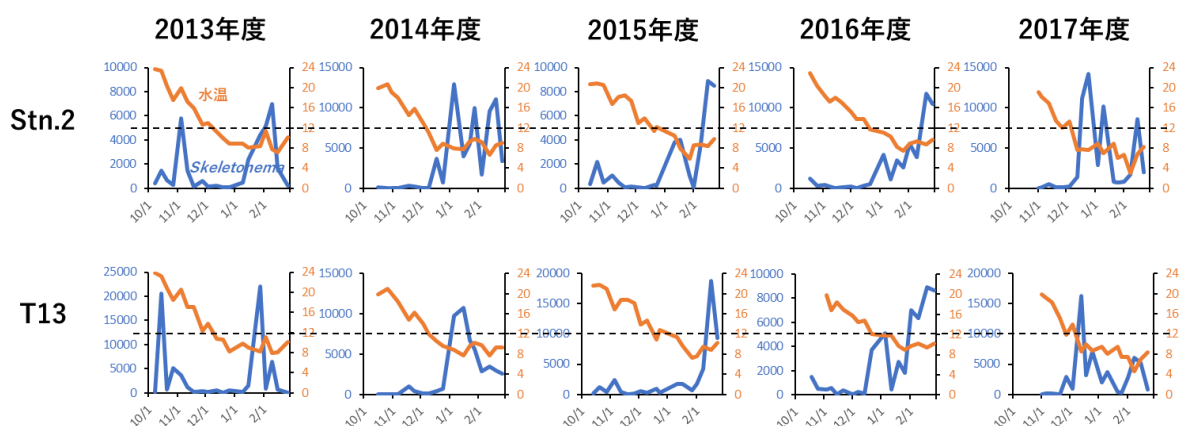


図 6 2013 年度から 2017 年度の奥部西側域の定点 2 (上段) と T13 (下段) における *Skeletonema* spp. の細胞密度 (cells/mL) と水温 ($^{\circ}\text{C}$) の時系列変化 (破線は水温 12°C を示す)

奥部においては、南浦・山口 (2019) により現地観測データと数値シミュレーションから *Skeletonema* spp. や *Asteroplanus karianus* 等の増殖と物理環境特性について検討が行われており、海水交換の強弱は残差流の強弱と関係があること、残差流の空間的な違いが密度流に依存すること、滞留時間は東部より西部で大きくなることが示され、奥西部では密度流の未発達により水塊が滞留し、植物プランクトンの増殖にとって好適な環境が形成されていることが示された。

3) *Asteroplanus karianus*

本種による赤潮の発生は全国的にみても有明海のみであり、有明海では奥部西側域の塩田川や六角川の河口域周辺でのみ発生する。2007年度から赤潮が発生するようになったが、2013年度以降は発生していない。

本種の生理学的な特性については説明が進んでおり（Shikata et al., 2019）、松原（2016）は発生機構の概念図を示している（図 7）。塩田川河口域におけるブルームのピーク時期は、水温 10℃を下回った後の初めての大潮期に続く小潮期であり、水温変動予測と潮汐表の活用からブルームピーク時期の予察の可能性が示されている（松原ら, 2016）。

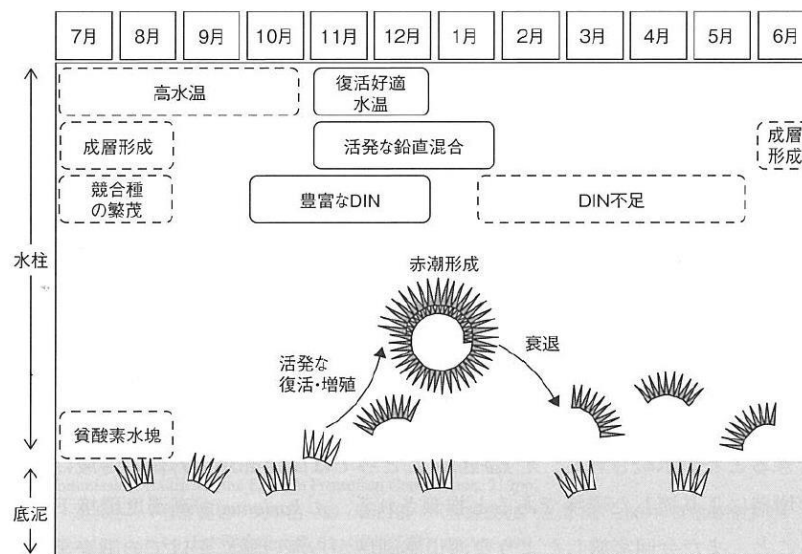


図 4 有明海奥部における *Asteroplanus karianus* の赤潮発生機構の概念図
A. karianus に好適な要因を実線囲みで、不適な要因を破線囲みで示す。競合種の繁茂、貧酸素水塊は *A. karianus* についての試験データはないが、負の影響が想定される。

図 7 松原（2016）による有明海における *Asteroplanus karianus* の赤潮発生機構の概念図

6. 成果、新たな知見等

H29年委員会報告から新たに蓄積された知見は以下のとおりである。

Eucampia zodiacus

- ・ 広域モニタリングから出現特性を把握（水産庁委託事業、2013年から継続中）
- ・ 長期予察のための秋季の増殖メカニズムの仮説（水産庁委託事業）
- ・ 冬季の赤潮化のメカニズム（水産庁委託事業、Ito et al. (2013)を支持）

Skeletonema spp.

- ・ 冬季に赤潮が長期化（水産庁委託事業等）
- ・ 出現特性の把握（水産庁委託事業）
- ・ 生産維持の場としての感潮域の重要性（Yamaguchi et al., 2019）
- ・ 増殖時期の環境特性の把握（水産庁委託事業）

Asteroplanus karianus

- ・ 生理学的特性の解明 (Shikata et al., 2015、水産庁委託事業 JV1)
- ・ 発生機構の概念図 (松原, 2016)
- ・ ブルーム発生時期の予察 (松原ら, 2016)

7. その他(課題、今後の方針・計画等)

7.1 課題

課題を以下に示す。

- ・ 初期発生の解明:
ノリ養殖に最も影響の大きい *Eucampia zodiacus* について、発生年と非発生年が明確に分かれることから、初期発生期の動態についてさらなる知見の蓄積が必要。
- ・ 赤潮終息の予察:
赤潮発生時に、ノリ生産を継続するか、終了すべきかの判断材料が必要。
- ・ モニタリングの重要性:
珪藻類は出現と衰退が短期間で激しく変動することから、環境項目などの連続観測と情報提供が重要である。
- ・ 色落ち対策:
珪藻類を恒常的に摂餌する二枚貝資源の回復など。

7.2 今後の方針・計画

モニタリングによる赤潮プランクトンの出現動態及び水質環境の把握を継続する。