短 報

ノリの色落ち原因珪藻 *Asteroplanus karianus*
のブルームピーク時期の予察松原 賢,^{a*} 三根崇幸, 伊藤史郎

(2016年2月2日受付, 2016年5月18日受理,

2016年8月30日J-STAGE早期公開)

佐賀県有明水産振興センター

Prediction of peak timing of blooms of
Asteroplanus karianus, a causative organism in
the bleaching of cultured nori (*Pyropia*)TADASHI MATSUBARA,^{a*} TAKAYUKI MINE
AND SHIRO ITOSaga Prefectural Ariake Fisheries Research and Develop-
ment Center, Ogi, Saga 849-0313, Japanキーワード: *Asteroplanus karianus*, 色落ち, ブルーム
ピーク, 予察

有明海は日本国内における養殖ノリの生産量の約60%を占める一大産地である。^{1,2)} また、有明海沿岸4県(福岡, 熊本, 長崎, 佐賀)の中では佐賀県における生産が最も多く、2003年以降、生産量・生産金額ともに日本一という状況が続いている(2014年度漁期終了時点)。このことから、一見、有明海佐賀県海域におけるノリ養殖業は順風満帆に見える。しかし、当海域のすべてのノリ養殖漁場で生産が好調というわけではなく、2008年以降、六角川および塩田川の河口域を中心とした海域で羽状目珪藻類の *Asteroplanus karianus* が高密度なブルームを形成してノリの色落ちを引き起こすようになった。^{3,4)} 特に、塩田川河口域では高密度な *A. karianus* ブルームが頻発し、他の海域に比べ色落ち被害が深刻な問題となっている。そのため、当該海域の養殖現場から *A. karianus* による色落ち被害防止対策技術の確立が強く求められている。

有明海佐賀県海域では、色落ち被害防止対策として栄養塩が低下したノリ養殖漁場への栄養塩添加(施肥)を行っている。ただし、施肥の実施は色落ちが確認され、さらに植物プランクトン量および栄養塩が基準(クロロフィル *a* 濃度で $30 \mu\text{g L}^{-1}$ および溶存態無機窒素[DIN]で $7 \mu\text{M}$)を下回る漁場に制限される。⁵⁾ つまり、施肥は色落ちを未然に防止するものではなく、色落ちノリの色調の回復もしくは維持を目的とした手法である。一方、色落ちの未然防止に繋がりをうる手法として、ノリの色落ち原因藻の発生予察技術が有効と考えられる。事前に対象藻類のブルーム時期が定まれば、その情報を考慮したノリ養殖スケジュールの構築が可能となる。⁶⁾ 後述するが、塩田川河口域では *A. karianus* のブルームがピークに達するタイミングで海域のDINが枯渇する。そし

て、同時期にノリの色落ちが発生する。つまり、*A. karianus* のブルームピーク時期が予察できれば、色落ち前のノリの効率的な収穫やブルーム時期を避けた網の張り込みに繋がる。そこで本研究では、*A. karianus* のブルームピーク時期の予察法の開発を目的として、複数年度にわたる現場データを解析した。

2008年度から2013年度のノリ漁期中、毎年12月から翌年1月までの期間、塩田川河口域に設定したSt. S6およびS7(Fig. 1)において原則として週に1回、昼間満潮時前後2時間の間に表層の *A. karianus* の細胞密度およびDINを調べた。各項目の調査、分析方法は松原ら⁴⁾ のとおりである。また、St. S6の約1km北西に位置する浜川海況自動観測タワー(St. H)における毎日の昼間満潮時の表層の水温も調査項目に加えた。さらに、有明海奥部の植物プランクトンの動態は潮汐の影響を強く受けることが報告されていることから、^{7,8)} 観測タワーにおける昼間満潮時の潮位も解析に加えた。ただし、浜川海況自動観測タワーでは2013年4月以降しか潮位を観測していないため、2008年12月から2012年1月については六角川海況自動観測タワー(St. R)のものをを用い、2012年12月から2013年1月については六角川海況自動観測タワーについてもデータが欠測していたので筑後川海況自動観測タワー(St. C)のものを代用した。

調査期間中の *A. karianus* の細胞密度およびDINの変動、ならびに水温および潮位の変動をFig. 2に示す。*A. karianus* の細胞密度およびDINについては、塩田川河口域における動態を俯瞰的にとらえるためにSt. S6およびS7の平均値で示す。本研究では、*A. karianus* の細胞密度が増加傾向から転じて二観測日連続で減少した場合に、減少直前の観測日の細胞密度をブルームピークとみなした。いずれの年度も、*A. karianus* のブルームピークは12月下旬以降に1回以上確認された。2012年度(Fig. 2e)の場合を除き、*A. karianus* が1回目のブルームピークに至る過程でDINは大きく減少し、多くの場合枯渇した。1回目のブルームピーク時の *A. karianus* の細胞密度は全植物プランクトンの60-100%に達した(データ未記載)ことから、DINの減少・枯渇は本種の消費によるところが大きいと考えられる。以上のことから、*A. karianus* による色落ち被害防止のためには、この1回目のブルームピーク(以降ブルームピークと称す)時期の予察が重要となる。ブルームピークが確認された際の水温を見ると、いずれの年度も6.6-9.5°Cと10°Cを下回っていた。潮位に関しては高い時期が大潮期、低い時期が小潮期にあたるが、いずれの年度もブルームピークは小潮期に確認された。つまり、ブルームピークは塩田川河口域の水温が10°Cを下回った後の小潮期というタイミングに確認された。さらに、2009年度(Fig. 2b)の場合を除けば、そのタイミングは水温が10°Cを下回った後(2012年度に関しては最終的に10°Cを下回った12月27日以降)の「初めての

Fig. 1 Map of the inner part of Ariake Sea and locations of the stations. “●” and “■” indicate sampling stations and observation towers, respectively.

潮期に続く」小潮期であった。このことから、塩田川河口域の水温の変動ならびに潮汐が予測できれば *A. karianus* のブルームピーク時期の予察が可能となる。有明海における水温については、国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所が管理・運営する「沿岸海域水質・赤潮情報ポータルサイト (<http://akashiwo.jp/>)」にて2週間後までの予測値が公表されており、佐賀県海域については早津江川河口域の水温が対象となっている。12月から1月の塩田川河口域の水温は早津江川河口域よりも1°C程度低い⁴⁾こと等考慮すべきことはあるが、上記ポータルサイトを参考に塩田川河口域の水温が10°Cを下回るタイミングを概ね2週間前に予測することができる。また、佐賀県有明水産振興センターでは潮汐改正数に基づく手法により有明海奥部の潮汐表を作成しており^{9,10)}概ね11月中には翌年分の潮汐表が作成される。以上のことをまとめると、上述の水温変動予測と潮汐表を活用することで「水温が10°Cを下回った後の初めての大潮期に続く小潮期」、つまり *A. karianus* のブルームピーク時期が2週間前の段階で予察可能であるといえる。実際には、3-4週間前における水溫変動予測から塩田川河口域の水温が10°Cを下回る時期を概ね推測できるので、現段階でも本予察法をノリ養殖のスケジュール調整の参考にすることは可能であるが、実用化にはより長期にわたる水溫変動予測法の開発が必須である。

ブルームピークがほぼ毎年度、「水温が10°Cを下回った後の初めての大潮期に続く小潮期」のタイミングで確認される原因は今のところ不明である。近年の研究で、*A. karianus* の休眠細胞の復活至適水温は15°C周辺であり、本種は低水溫に適応した復活特性をもつことが分かってきたが(松原ら, 未発表), それだけでは説明できない。2010年度, 2012年度, 2013年度における *A. karianus* の動態を見ると, いずれも12月上旬の段階で栄養細胞が出現していたが, 12月中にブルームピークに至ることはなかった(Fig. 2c, e, f)。この3ヵ年度において, 水溫が10°C以上である期間の観測値に基づく見かけの増殖速度は0.08–0.16 divisions day⁻¹と低かつ

た。一方, 水溫が10°Cを下回った後からブルームピークまでの期間については0.25–0.29 divisions day⁻¹と概ね2倍の増殖速度を示した。*A. karianus* の増殖速度は10–20°Cの範囲では高水溫ほど高いことから,¹¹⁾ 水溫と増殖との関係でこの現場動態を説明することはできない。今後, 10°C未満という低水溫環境において *A. karianus* の見かけの増殖速度が高くなる理由を明らかにする必要がある。冬季の有明海奥部の筑後川河口域では小潮から大潮に向かう時期が植物プランクトンの増殖に好適であることが報告されている。⁷⁾ しかし, 2008年度, 2010年度, 2012年度, 2013年度のブルームピーク直前の高い増殖は大潮から小潮に向かう時期に観測された(Fig. 2a, c, e, f)。潮汐周期に伴う環境変動は海域により異なり, さらにその環境変動が植物プランクトンに与える影響は種ごとに異なることが考えられる。潮汐周期に伴う塩田川河口域の環境変動を詳細に調査し, それが *A. karianus* の動態に与える影響を解析することが今後必要である。今回, *A. karianus* のブルームピークとDINの枯渇のタイミングについて示した。しかし, *A. karianus* の細胞密度の動態とDIN濃度の変動の関係について定量的な解析には至っておらず, 今後取り組む予定である。また, 冒頭で述べたように2008年以降, *A. karianus* が高密度なブルームを形成するようになった。この原因として, 有明海奥部における長期的なDIN/DIP比の低下が指摘されているが,⁴⁾ その因果関係については明らかではない。有明海奥部の環境が2007年以前と2008年以降でどのように変化したのか詳細に解析し, *A. karianus* の高密度化に与える影響の検証を急ぐ必要がある。

文 献

- 1) 川村嘉広. 有明海湾奥部におけるノリ養殖の生産状況と窒素の収支 (特集 漁業生産を維持するための水環境). 海洋と生物 2012; 34: 142–148.
- 2) 横尾一成. I–5. 有明海におけるノリ養殖の現状と課題. 日本水産学会誌 2014; 80: 826.
- 3) 松原 賢. 有明海佐賀県海域におけるノリ漁期の植物プランクトン. 「豊饒の海・有明海の現状と課題」(大嶋雄治編) 恒星社厚生閣, 東京. 2012; 9–24.
- 4) 松原 賢, 横尾一成, 川村嘉広. 有害珪藻 *Asteroplanus karianus* の有明海佐賀県海域における出現動態と各種環境要因との関係. 日本水産学会誌 2014; 80: 222–232.
- 5) 川村嘉広, 久野勝利, 横尾一成. 佐賀県有明海で実施されている栄養塩添加の現状. 佐賀県有明水産振興センター研究報告 2011; 25: 81–87.
- 6) 西川哲也, 今井一郎. 有害珪藻 *Eucampia zodiacus* による養殖ノリ色落ち発生予察. 日本水産学会誌 2011; 77: 876–880.
- 7) 田中勝久, 児玉真史, 熊谷 香, 藤本尚仲. 有明海筑後川河口域における冬季のクロロフィル蛍光と濁度変動. 海の研究 2004; 13: 163–172.
- 8) Ito Y, Katano, Fujii N, Koriyama M, Yoshino K, Hayami Y. Decreases in turbidity during neap tides initiate late winter blooms of *Eucampia zodiacus* in a macrotidal embayment. J. Oceanogr. 2013; 69: 467–479.
- 9) 伊賀田邦義, 首藤俊雄. 有明海湾奥部における潮位観測と潮汐の調和解析および潮汐表の作成. 佐賀県有明水産振興センター研究報告 2001; 20: 1–12.
- 10) 梅田智樹, 伊賀田邦義. 有明海湾奥部における潮位偏差とノリ養殖のための潮汐表の見直し. 佐賀県有明水産振興センター研究報告 2014; 27: 45–54.
- 11) Shikata T, Matsubara T, Yoshida M, Sakamoto S,

Fig. 2 Temporal changes in density of *Asteroplanus karianus* cells, DIN, water temperature and tidal levels from December to January in fiscal 2008 (a), 2009 (b), 2010 (c), 2011 (d), 2012 (e) and 2013 (f). *Asteroplanus karianus* cell density and DIN were averaged for the two sampling stations S6 and S7. Daily water temperature data at noon high tide were obtained at observation tower H, and tidal level data at noon high tide were obtained at observation towers R (a–d), C (e) and H (f). “Δ” and “▲” on the horizontal axes indicate the days when the water temperature finally fell below 10°C and the day when *A. karianus* blooms peaked, respectively.