

# ノリの色落ち原因珪藻 *Skeletonema* 属の 有明海佐賀県海域における動態と環境特性

堀 恭子・三根崇幸・増田裕二\*

The Population Dynamic and Environmental Characteristic of *Skeletonema* spp.  
Causing Pyropia Bleaching in the Ariake Sea off Saga Prefecture

Kyoko HORI and Takayuki MINE and Yuji MASUDA

## はじめに

*Skeletonema* 属は、有明海において周年出現する重要な基礎生産者である一方、冬季に赤潮を形成し、養殖ノリの色落ち被害を与える有害な植物プランクトンである。

近年、本属は、ノリ養殖期間中に有明海佐賀県中西部海域で高密度な赤潮を恒常的に形成する傾向にあり<sup>1)</sup>、ノリ養殖に甚大な被害をもたらすため、その発生機構の解明が強く求められている。赤潮の発生機構の解明には、色落ち原因珪藻の *Asteroplanus karianus* や *Euacampia zodiacus* で行われたように、海域における発生状況や発生時の環境条件の解析が必要である<sup>2-4)</sup>。しかしながら、*Skeletonema* 属に関しては、以前から色落ち被害をもたらしていたものの、十分な解析が行われていなかったのが現状である。

そこで本研究では、*Skeletonema* 属の発生機構解明の一助とするため、有明海佐賀県西部海域の *Skeletonema* 属の出現動態と環境要因との関係について調査した。

## 方法

有明海佐賀県西部海域における2定点(図1)において、平成25年度から平成28年度の10月から3月のノリ養殖期間に、原則として週に1回、大潮または小潮の昼間満潮時前後2時間の間に調査を行った。調査項目は、*Skeletonema* 属の細胞密度、水温、塩分、透明度および溶存態無機窒素(以下、DIN)とし、2定点の測定結果の平均値を解析に用いた。採水は表層のみとし、ポリバケツで採取した。*Skeletonema* 属の細胞密度の測定には原則として試水500 $\mu$ lを使用し、境界スライドグラス(松浪硝子工業株式会社, S6117)を用いて倒立顕微鏡

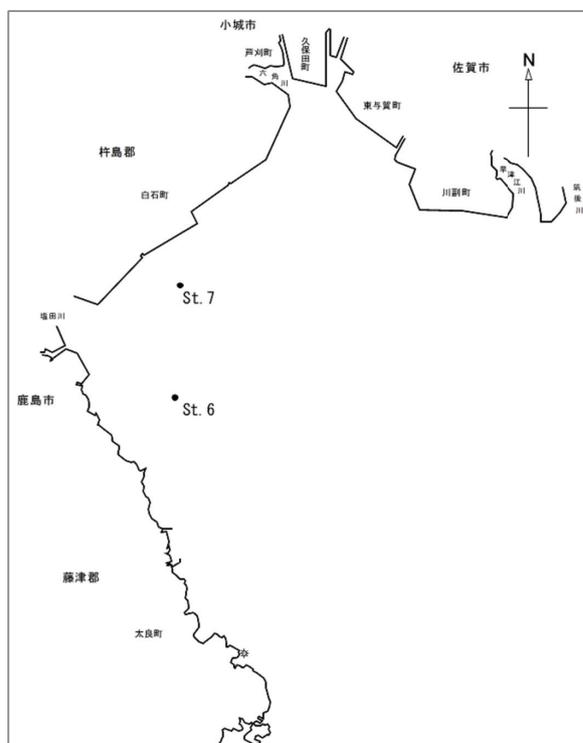


図1 調査定点

下で細胞数を計数した。水温および塩分は、多項目水質計(JFEアドバンテック株式会社製, ASTD102)により測定した。透明度は白色透明度板(離合社製, 直径30cm)により測定した。DINはオートアナライザー(BL TEC社製, QuAAtro2-HR)により測定した。また、佐賀地方気象台ホームページ(<http://www.jma-net.go.jp/saga/>)の全天日射量の値を解析に用いた。

## 結果

### 1. *Skeletonema* 属の推移

*Skeletonema* 属の細胞密度の推移を図2に示した。平

\* 佐賀県玄海水産振興センター

成 26 年度を除いた平成 25, 27, 28 年度の細胞密度は、10 月の 1,000 ~ 10,000 cells/mℓ から 11 月にかけて減少傾向となった後、12 月から増加傾向となった。いずれの年度も 5,000 cells/mℓ 以上の赤潮を形成し、平成 25, 27, 28 年度の赤潮発生期間は、それぞれ 1 月下旬 ~ 2 月上旬、2 月上旬 ~ 下旬、1 月上旬および 2 月中旬 ~ 下旬であった。平成 26 年度の細胞密度は、10 月以降から増加傾向にあり、12 月下旬 ~ 2 月中旬まで赤潮を形成した。最高細胞密度は、平成 25, 26, 27 および 28 年度で、それぞれ 2 月上旬に 9,425 cells/mℓ、1 月中旬に 13,975 cells/mℓ、2 月上旬に 10,570 cells/mℓ、1 月上旬に 10,075 cells/mℓ であった。

2. 細胞密度と水温の推移

細胞密度と水温の推移を図 3 に示した。水温は 8.0 ~ 26.2℃ の範囲で推移した。水温は、10 月から徐々に低下し、細胞密度が増加傾向を示した 12 月以降で 15℃ を下回り、赤潮を形成した時期で 7.8 ~ 11.7℃ であった。

3. 細胞密度と透明度の推移

細胞密度と潮汐毎の透明度の推移を図 4 に示した。透明度は 0.6 ~ 2.6 m の範囲で推移し、大潮よりも小潮に高くなる傾向にあった。いずれの年度も 12 月以

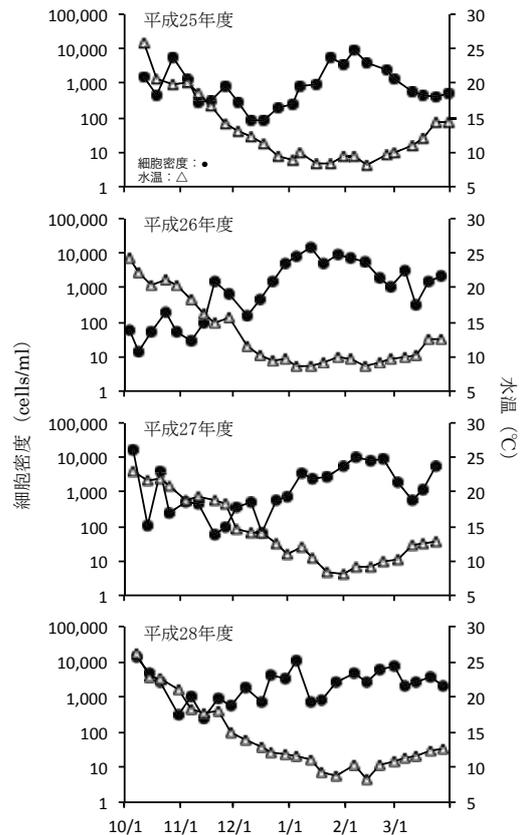


図3 Skeletonema属の細胞密度と水温の推移

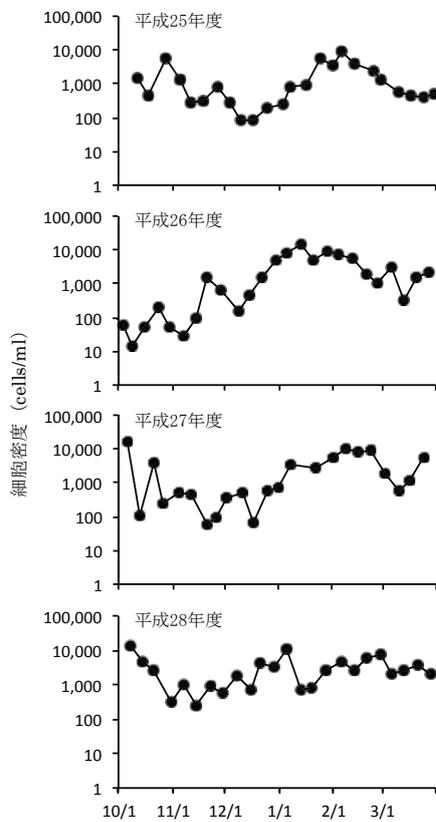


図2 Skeletonema属の細胞密度の推移

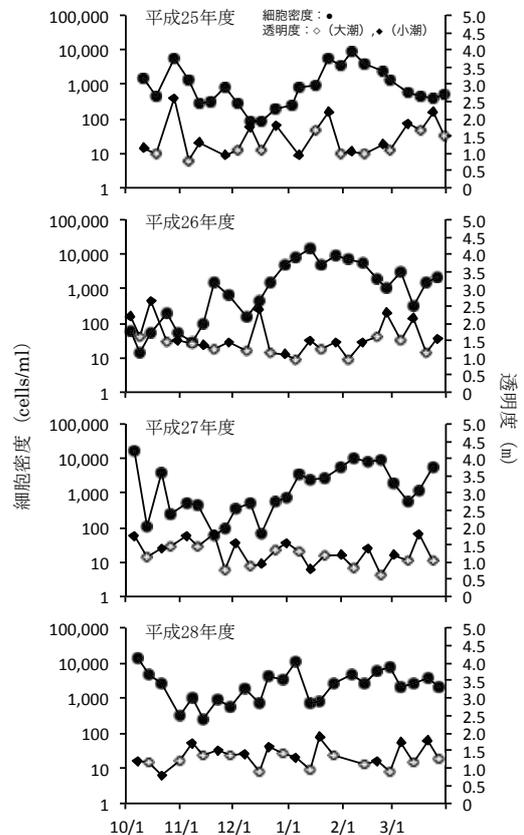


図4 Skeletonema属の細胞密度と透明度の推移

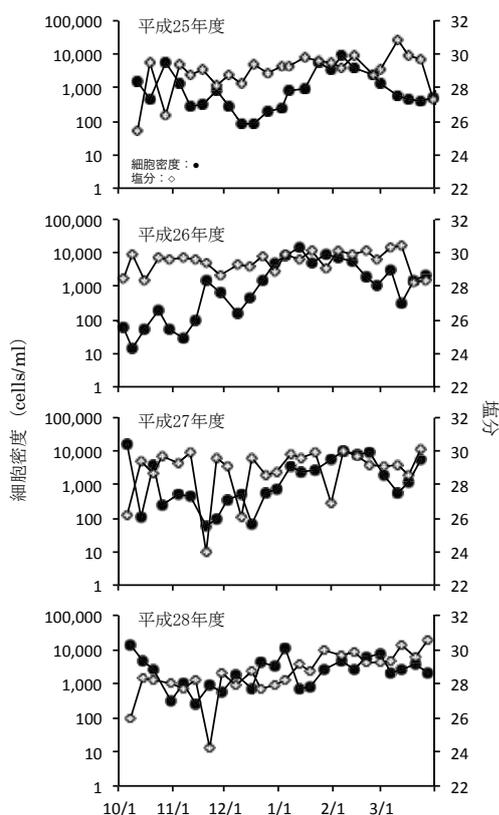


図5 *Skeletonema* 属の細胞密度と塩分の推移

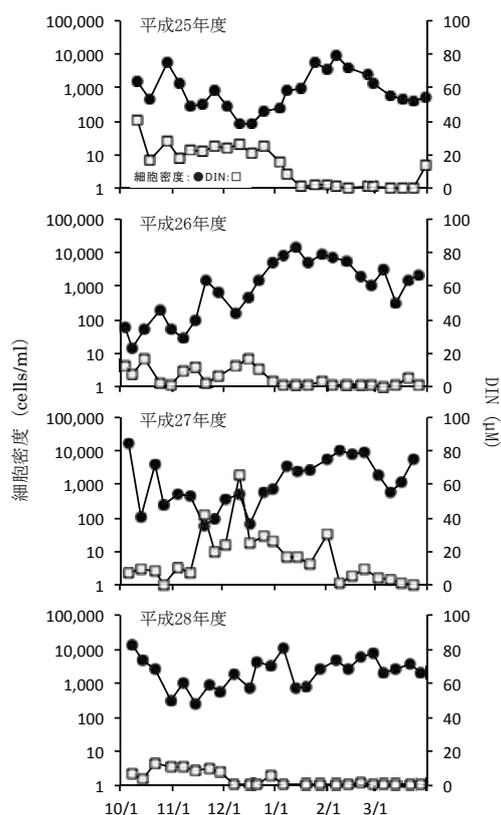


図6 *Skeletonema* 属の細胞密度とDINの推移

降、細胞密度が増加傾向を示した期間および赤潮を形成した時期の透明度は1.5 m以上となる傾向にあり、潮汐はいずれも小潮時であった。

#### 4. 細胞密度と塩分の推移

細胞密度と塩分の推移を図5に示した。塩分は23.9～30.8の範囲で推移し、一時的な塩分の低下時には細胞密度は減少する傾向であった。赤潮が形成された時期の塩分は26.9～30.1であった。

#### 5. 細胞密度とDINの推移

細胞密度とDINの推移を図6に示した。DINは0.1～65.9  $\mu$ Mの範囲で推移した。DINは、細胞密度が増加する12月以降に急激に減少した後、1  $\mu$ M以下と著しく低い値で推移したものの、細胞密度は高く推移した。

#### 6. 全天日射量の推移

佐賀市の全天日射量の推移を図7に示した。全天日射量は0.9～23.6  $\text{MJ}/\text{m}^2$ の範囲で推移した。全天日射量は10～12月にかけて減少し、12～1月に最低となった

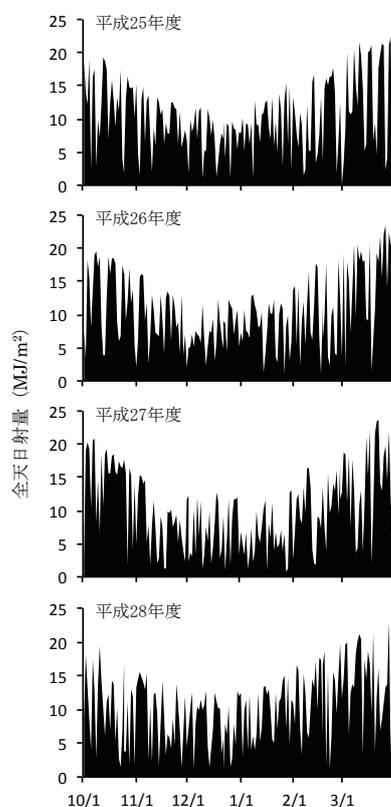


図7 全天日射量の推移(佐賀市)

後に、3月にかけて上昇する傾向となった。

## 考 察

本調査の結果、有明海佐賀県西部海域では、12月以降に発生した *Skeletonema* 属の赤潮は長期間継続する傾向にあることが確認された。12月中旬以降は、本県ノリ養殖の主力である冷凍網生産期にあたるため、本属の赤潮による色落ち被害は深刻な問題となる。色落ち被害を軽減するためには、赤潮の発生規模や時期を予察し、その情報を考慮したノリ養殖スケジュールを調整することが重要となる。そこで、本研究では 12月以降に発生する *Skeletonema* 属赤潮の発生機構について検討するため、本属の動態と環境要因との関係について調査した。

水温との関係について調査した結果、*Skeletonema* 属は水温 15℃ を下回る 12月から増加し始め、水温 12℃ 以下の低水温時期に赤潮を形成する傾向であった。Kaeriyama et al. は、洞海湾より単離された *Skeletonema* 属 7 種の増殖特性を調べた結果、*S. japonicum* と *S. marinoi-dohrnii* complex は 10℃ の低水温条件下で高い増殖速度を持つことを報告している<sup>5)</sup>。また、有明海佐賀県西部海域においては、冬季には *S. dohrnii* が優占することが確認されている<sup>6)</sup>。これらのことから、低水温時期に高い増殖能力を持つ *S. dohrnii* 等の種が優占し増殖していた可能性が考えられた。

*Skeletonema* 属を含む珪藻類の動態は、全天日射量の変動に大きな影響を受けることが報告されている<sup>7)</sup>。全天日射量を調査した結果、12～1月は調査期間中最も低い日射量であり、珪藻類の増殖に不適な環境であったと考えられるものの、本属は増殖傾向となった。松原らは、鉛直循環期でも出水や小潮により成層が形成されると、水柱における透過光量が増加することを報告している<sup>8)</sup>。そこで透明度について調査した結果、本属が増加および赤潮を形成した時期は、透明度が高い小潮期であった。このことから、冬季の日射量が低い時期でも水柱の光環境が改善される小潮を中心に、*Skeletonema* 属は増殖すると思われた。

Shikata et al. は、急激な塩分低下は多くの珪藻類を死滅させることを報告している<sup>9)</sup>。塩分との関係について調査した結果、塩分の低下に伴い細胞密度は減少傾向を示し、有明海佐賀県海域で平均的な塩分 30 付近で赤潮の形成が確認された。このことから、赤潮形成には安定した塩分環境が重要であると考えられた。

珪藻類の動態に栄養塩は大きな影響を及ぼす。そこで、DIN との関係について調査した結果、明確な関係性は認められず、DIN が枯渇した状態でも *Skeletonema* 属は高い細胞密度で推移した。珪藻類の動態には、潮汐の影響も強く受けることが報告されており<sup>10)</sup>、干潮時は満潮時よりも増殖に好適な環境が形成されている可能性が示唆されている（有明水産振興センター 未発表）。このことから、干潮時に細胞密度の増加および維持が可能な DIN 環境が形成され、細胞数が高い密度で推移できた可能性が考えられた。

以上のことから、当海域における冬季の *Skeletonema* 属は水温 12℃ 以下の低水温期で、かつ小潮時に高めの透明度が観測されるときに赤潮を形成する傾向にあることが明らかとなった。

有明海におけるノリ漁期の水温については「沿岸海域水質・赤潮観測情報 (<http://www.akashiwo.jp/>)」において 2 週間後までの予測値が公開されており、潮汐については気象庁の潮汐表から情報を得ることができる。したがって、これらの情報を活用すれば、現場で *Skeletonema* 属が増殖し始める大凡の時期が推測できる可能性がある。しかしながら、*Skeletonema* 属は我が国において 8 種類の出現が明らかとなっており<sup>11-13)</sup>、本海域においても複数種の *Skeletonema* 属が確認されている<sup>6)</sup>。また、通常のモニタリングで用いる光学顕微鏡観察での種同定は困難である。このため、赤潮の発生機構を解明し、より詳細な赤潮発生予察を行うためには、どの種が出現および優占しているのかを DNA を用いた手法により明らかにする必要がある。

## 文 献

- 1) 松原賢・吉田幸史・首藤俊雄 (2011)：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の出現動向 (1989-2010)．佐賀県有明水産振興センター研究報告，(25)，21-35.
- 2) 松原 賢・横尾一成・川村嘉応 (2014)：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，(80)，222-232.
- 3) 西川哲也 (2011)：養殖ノリ色落ち原因珪藻 *Eucampia zodiacus* の大量発生機構にする生理生態学的研究．兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 [水産編]，(42)，1-82.
- 4) 吉武愛子・松原 賢 (2017)：ノリの色落ち原因珪藻 *Eucampia zodiacus* の有明海佐賀県海域における動態と環境特性．佐賀県有明水産振興センター研究報告，(28)，5-8.
- 5) Hdeki Kaeriyama, Eri Katsuki, Mayuko Otsubo, Machiko Ya-

- mada, Kazuhiko Ichimi, Kuninao Tada and Paul J. Harrison (2011) : Effects of temperature and irradiance on growth of strains belonging to seven *Skeletonema* species isolated from Dokai Bay, southern Japan. *European Journal of Phycology*, (46) , 113-124.
- 6) 山田真知子・大坪繭子・多田邦尚・中野義勝・松原 賢・飯田直樹・遠藤宣成・門谷 茂 (2017) : 亜熱帯から亜寒帯に及ぶ我が国の5海域における珪藻 *Skeletonema* 属の種組成. *日本水産学会誌*, (83), 25-33.
- 7) 松原 賢 (2017) : 水温および日長が海産珪藻に発芽・復活および増殖に与える影響. *日本プランクトン学会報*, (64) , 45-49.
- 8) 松原 賢・三根崇幸・伊藤史郎 (2018) : 有明海奥部, 塩田川河口域におけるノリ色落ち原因植物プランクトンの出現動態. *沿岸海洋研究*, (55) , 139-153.
- 9) Tomoyuki Shikata, Sou Nagasoe, Seok-Jin Oh, Tadashi Matsubara, Yasuhiro Yamasaki, Yohei Shimasaki, Yuji Oshima and Tsuneo Honjo (2008) : Effects of down-and up-shocks from rapid changes of salinity on survival and growth of estuarine phytoplankters. *Kyushu University*, (53) , 81-87.
- 10) 山田聖・松原 賢・増田裕二・三根崇幸・伊藤史郎 (2017) : 有明海湾奥西部の鹿島川感潮域における高栄養塩・高クロロフィル水塊と沿岸の冬季珪藻ブルームとの関係. *沿岸海洋研究*, (54) , 193-201.
- 11) Machiko Yamada, Eri Katsuki, Mayuko Otsubo, Mayumi Kawaguchi, Kazuhiko Ichimi, Hideki Kaeriyama, Kuninao Tada and Paul J. Harrison (2010) : Species diversity of genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae) in the industrial harbor Dokai Bay, Japan. *Journal of Oceanogr.*, (66) , 755-771.
- 12) Machiko Yamada, Mayuko Otsubo, Yuki Tsutsumi, Chiaki Mizota, Naoki Iida, Kazuma Okamura, Masashi Kodama, Akira Umehara (2013) : Species diversity of the marine diatom genus *Skeletonema* in Japanese brackish water areas. *Fisheries Science* (79) , 923-934.
- 13) Machiko Yamada, Mayuko Otsubo, Masadhi KODAMA, Keigo Yamamo, Tetsuya Nishikawa, Kazuhiko Ichimi, Kuninao Tada and Paul J. Harrison (2014) : Species composition of *Skeletonema*(Bacillariophyceae)in planktonic and resting-stage cells in Osaka and Tokyo Bay. *Plankton & Benthos Research*, (9) , 168-175.