

短報

三河湾における養殖ノリ色落ち原因珪藻 *Eucampia zodiacus* 赤潮の発生予察

柴田晋作, 中嶋康生

(2016年1月14日受付, 2016年1月18日受理)

Prediction of *Eucampia zodiacus* Blooms Causing the Bleaching in Aquacultured "Nori", in Mikawa Bay

SHIBATA Shinsaku* and NAKASHIMA Yasuo*

キーワード; 三河湾, 赤潮, ノリ, 色落ち, *Eucampia zodiacus*

愛知県は全国有数のノリ生産県であるが, その生産量と金額は減少傾向にある。その要因のひとつとして, 赤潮による色落ちに伴う品質低下が挙げられる。中でも近年は, *Eucampia zodiacus* を原因種とする赤潮による被害が増加している。¹⁾

そこで, 三河湾において本種による赤潮が発生した年について気象・海象などのデータを整理し, 発生しやすい条件を検討することで, 赤潮発生の予察につなげ, 漁業被害軽減に資することを旨とした。

三河湾においては1997~'98年に平均水温が上昇したこと²⁾から, 1999年度から2014年度までの16年間のデータを対象として解析を行うこととした。

赤潮やノリ色落ち被害状況については「伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況」³⁾を用いてとりまとめた。解析期間中の赤潮によるノリの色落ち被害は15件が記録されており, 赤潮発生延べ日数は269日, 原因種は珪藻類の5属であった(表1)。その中でも *E. zodiacus* を原因種に含むものは7件, 198日あり, 発生件数で全体の47%, 延べ日数で74%を占めた。*E. zodiacus* は被害件数・日数とも最も多く, 既報どおり¹⁾ 三河湾における主要な色落ち原因珪藻と言える。

E. zodiacus によるノリ色落ち被害は6ヶ年度に発生しているが, 細胞密度や赤潮発生期間に差がある。そこで典型的な赤潮発生年度を抽出するため, 赤潮発生期間中の最高細胞密度が1,000 cells/mL以上かつ赤潮発生日数が20日以上を基準とし, 2003, 2004, 2006及び2011年度の4ヶ年度を「*E. zodiacus* 赤潮発生年度」とした。

また, 三河湾における *E. zodiacus* 細胞密度の月別変化を, 水産試験場が毎月1回行っている調査結果(未発表)の平均値

を用いて整理した(図1)。*E. zodiacus* はほぼ周年確認されるが, 7~9月の成層期には少なく, 10~12月にかけて徐々に増加し, 1~2月に急激に増えるという周年変動を示した。

表1 1999~2014年度のノリ色落ち被害を伴う赤潮発生状況

年度	赤潮発生状況			種類と最高細胞密度	
	期間	発生日	終息日	原因種	最高細胞密度 (cells/mL)
1999	13日	1. 6	1. 18	<i>Skeletonema</i> spp.	28,000
	8日	1. 11	1. 18	<i>Eucampia zodiacus</i>	294
2003	57日	12. 25	2. 19	<i>Eucampia zodiacus</i>	2,067
	30日	1. 19	2. 17	<i>Eucampia zodiacus</i>	1,416
2004	22日	2. 15	3. 8	<i>Chaetoceros</i> spp.	26,000
				<i>Eucampia zodiacus</i>	8,394
2006	23日	1. 17	2. 8	<i>Eucampia zodiacus</i>	2,030
2008	4日	1. 20	1. 23	<i>Eucampia zodiacus</i>	1,445
2009	6日	11. 4	11. 9	<i>Skeletonema</i> spp.	5,100
				<i>Detonula pumila</i>	2,980
2010	18日	1. 7	1. 24	<i>Chaetoceros</i> spp.	840
	1日	1. 13	1. 13	<i>Detonula pumila</i>	772
2011	49日	1. 5	2. 22	<i>Eucampia zodiacus</i>	6,088
2012	8日	1. 9	1. 16	<i>Skeletonema</i> spp.	51,850
	5日	2. 18	2. 22	<i>Ditylum brightwellii</i>	247
2013	9日	1. 21	1. 29	<i>Skeletonema</i> spp.	49,300
	16日	1. 21	2. 5	<i>Skeletonema</i> spp.	44,600
計	269日 (15件) *				

*複数種の場合はそれぞれ1件とカウントした。

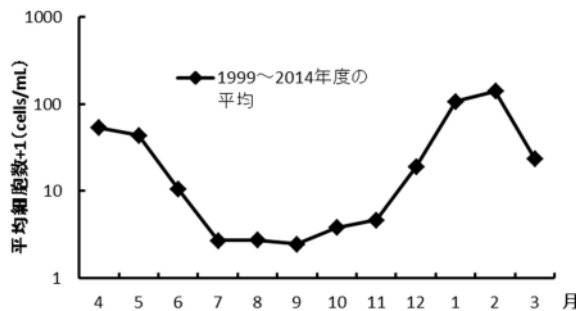


図1 *E. zodiacus* 細胞密度の月別推移

* 愛知県水産試験場 (Aichi Fisheries Research Institute, Miya, Gamagori, Aichi 443-0021, Japan)

更に、最も平均細胞密度が高い2月の同データを用いて観測点別に整理した(図2)。E. zodiacusが多く確認される海域は三河湾西部(知多湾)に集中していた。

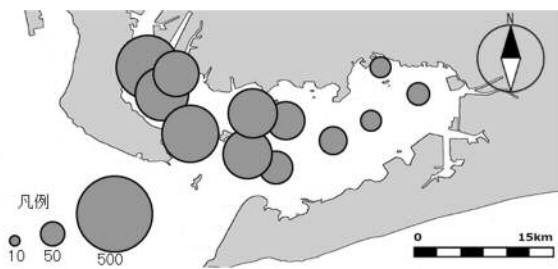


図2 ユーカンピアの地点別細胞密度(2月)
(1999~2014年度の平均細胞密度(cells/mL))

これらのことから、E. zodiacusによる赤潮が最も多く発生していた1~2月の前となる10~12月の、知多湾近辺を中心とした海域環境について、赤潮発生年度とそれ以外の年度との比較を行った。なお、ノリ養殖は知多湾で盛んではあるが、渥美湾ではあまり行われていない。

海域環境を示す項目として表2の計384項目についてE. zodiacus赤潮発生年度と非発生年度とで比較し、Mann-WhitneyのU検定により統計的に有意な項目を抽出した。検定値はP<0.01を有意とした。気温や日照時間などについてはアメダス観測データのうち南知多及び蒲郡のデータ(気象庁ホームページ 過去の気象データ検索: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>, 2015年12月21日)を用いた。プランクトン調査結果及び水質調査結果は、水産試験場が毎月1回行っている赤潮調査の結果(未発表)を用いた。水温と塩分については水産試験場が設置している海況自動観測ブイのデータ(未発表)を用いた。各調査地点については図3に示す。

検定の結果、表3に示す項目において、E. zodiacusによる赤潮発生年度と非発生年度との間に有意な差が見られた。この中でも、11月の南知多町の平均気温、11月の2号ブイの平均水温、並びに12月のSkeletonema spp.及びChaetoceros spp.の合計の最高細胞密度については特に有意な差(U値=0又は1)が見られた。値の比較図を図4に示す。

E. zodiacusによる赤潮が発生しやすい年度は、11月の気温、水温が高く、12月に他の主要な珪藻類が少ない年度であることがわかった。

E. zodiacusは増殖最適温度が20℃~25℃とされているが、⁴⁾1月以降の低水温期に赤潮となることが多い。このことは瀬戸内海(播磨灘)⁴⁾や東京湾⁵⁾と同様の傾向であり、その原因として、冬季の水温が過去より高くなってきたため増殖速度が高まるとともに鉛直混合が低

下して珪藻類が有光層に留まること、透明度の上昇により補償深度が上がり増殖可能空間が広がること等が指摘されている。⁵⁾

三河湾においては、11月の高い気温及びそれに起因する水温の上昇、並びに主要な優占種であるSkeletonema spp.及びChaetoceros spp.が12月に少ないことによる透明度の上昇が、中層域のE. zodiacusの活発な増殖を促すと考えられる。



図3 各項目の調査地点図

表2 検定に用いた項目

区分	細目	摘要*	調査点	項目数/年
アメダス観測データ	降水量	月計, 日最大1時間最大	南知多, 蒲郡	24
	気温	日平均の月平均	南知多, 蒲郡	40
		日最高の月平均		
		日最低の月平均		
	日照時間	月計	南知多, 蒲郡	8
風速	月平均, 最大	南知多, 蒲郡	16	
風向	最大風速時	南知多, 蒲郡	8	
プランクトン調査結果 (細胞密度)**	Eucampia zodiacus	地点平均 最高	三河湾 12点 うち知多湾 4点	96
	Skeletonema spp.			
	Chaetoceros spp.			
	Nitzschia spp.			
	Thalassionema nitzschioides			
Thalassiosira spp.	全珪藻類			
水質調査結果**	水温, 塩分, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N	地点平均	三河湾 12点 うち知多湾 4点	136
	DIN, PO ₄ -P, クロロフィルa			
	フェオ色素, 透明度, OOD			
	TN, TP, PON, ON (TN-DIN)			
	DON (ON-PON), OP (TP-DIP)			
海況自動観測ブイデータ***	水温(表層, 底層)	日平均の月平均	2号ブイ 3号ブイ	48
	塩分(表層, 底層)			
	水温較差(表層-底層)			
赤潮発生状況	塩分較差(表層-底層)			
	件数, 発生延べ日数		三河湾全域	8
計				384

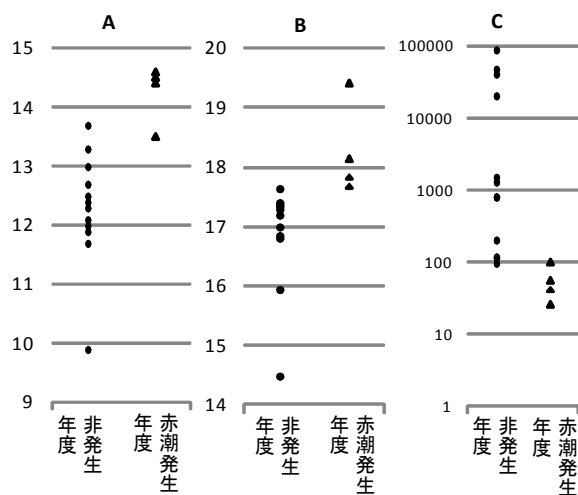
*: それぞれ10~12月の各月の値及び3ヶ月分の平均値を用いた。

** : 毎月上旬の調査のうちの表層(0.5m)の調査結果を用いた。

*** : 3ヶ所に設置している海況自動観測ブイのうち、2号ブイ(西尾市沖)及び3号ブイ(田原市沖)のデータを用い、表層(3.5m層)及び底層(B-2m層)の毎時1回の観測値を日平均した。

表3 統計的に有意(P<0.01)な項目

月	項目	摘要	調査点	E. zodiacus赤潮発生年度の値	項目数
11月	気温	日平均の月平均	南知多	高い	4
		日最高の月平均			
		日最低の月平均			
11月	気温	日平均の月平均	蒲郡	高い	3
		日最高の月平均			
		日最低の月平均			
12月	Skeletonema spp. + Chaetoceros spp. 細胞密度	地点平均 最高	三河湾 12点	少ない	2
		最高			
11月	水温(表層, 底層)	日平均の月平均	2号ブイ	高い	2
12月	水温(表層)	日平均の月平均	2号ブイ	高い	1
11月	水温(表層, 底層)	日平均の月平均	3号ブイ	高い	2
計					14



A : 11月の南知多町のアメダス・気温(日平均の月平均)(°C)
 B : 11月の2号ブイ・底層水温(日平均の月平均)(°C)
 C : 12月の *Skeletonema* spp. + *Chaetoceros* spp. の最高細胞密度(cells/mL)

図4 特に有意な差が認められた3項目の値の比較図

しかし、透明度と *E. zodiacus* 赤潮発生との間に有意差は見られなかった。透明度は天候に左右され、特に調査前の降雨の有無によって大きく変わってくるため、月1回の調査では全体の傾向を表すことができなかつた可能性が考えられる。

また、瀬戸内海(播磨灘)においては近年、DIN濃度の有意な低下によって植物プランクトンが窒素制限を受けやすいこと、その中で *E. zodiacus* は他種に比べN/P比が低いこと生態学的に有利であることが指摘されている。⁴⁾ 今回は栄養塩濃度と *E. zodiacus* 赤潮発生の間には有意差は見られなかったが、総窒素(TN)及びDON(TN-DIN-PON)については、*E. zodiacus* 赤潮発生年度に高いという結果が見られた。*E. zodiacus* はいくつかの有機態窒素を利用できること⁴⁾ から、このことが本種の冬季赤潮の継続等に影響を及ぼしている可能性があり、今後検討する必要がある。

要約

ノリの色落ち被害をもたらす *Eucampia zodiacus* の発

生を予察するため、1999~2014年度の三河湾における発生状況を整理し、本種による赤潮発生年度とそれ以外の年度との海域環境を比較し、Mann-WhitneyのU検定により検証し、統計的に有意な項目を抽出した。

E. zodiacus は1~2月に増加することが多く、発生海域別では三河湾西部(知多湾)で多く確認された。

赤潮発生年度と非発生年度の比較では、気温、水温、他の珪藻密度について有意差が認められ、以下の3項目について特に有意な差が見られた。

- ①11月の南知多町の平均気温が高いこと
- ②11月の2号ブイの底層平均水温が高いこと
- ③12月の *Skeletonema* spp. 及び *Chaetoceros* spp. の合計最高細胞密度が低いこと

謝辞

今回の報告には、過去から続いてきた水質調査等のデータを用いさせていただいた。歴代の水産試験場の担当者及び水質調査船乗組員各位に感謝の意を表す。

文献

- 1) 宮脇大・竹内喜夫(2012)愛知県における二枚貝生産の現状とノリ生産及び色落ちに関する現状. ノリ色落ち対策に寄与する二枚貝増養殖技術ガイドライン, 5-6.
- 2) 本田是人, 戸田有泉, 二ノ方圭介, 中嶋康生, 鈴木輝明(2015)三河湾における水質環境と貧酸素水塊の変動. 水産海洋研究, 79(1), 19-30.
- 3) 愛知県水産試験場(1999~2014)平成11年~26年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況.
- 4) 西川哲也(2011)養殖ノリ色落ち原因珪藻 *Eucampia zodiacus* の大量発生機構に関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, 42, 1-82.
- 5) 石井光廣, 長谷川健一, 松山幸彦(2008)東京湾のノリ生産に影響を及ぼす環境要因: 栄養塩の長期変動および最近の珪藻赤潮発生. 水産海洋研究, 72(1), 22-29.