

赤潮の研究Ⅱ

2年4組 酒井 彩佳 2年4組 中居 ゆほ
2年4組 宮地 葵 2年3組 中城伊万里
指導者 大本 将人

1 課題設定の理由

有害赤潮である *Karenia mikimotoi* は、他の場所から遊泳細胞が流れてくる赤潮水塊流入型と各内湾奥部の中層から湧き上がるように発生する地場発生型がある（大分水試発表データより）。前者については見守る他ないが、後者については、降水量と栄養塩との関連から、ある程度予測ができないかと考えた。秋には赤潮は終息すると仮定し、9月から毎月の降水量を単純に累積してみたところ、カレニア赤潮が大発生した2014年（2013年9月～）と2012年（2011年9月～）の累積量は高く、2015年3月までの累積状況は2年前（大発生のなかった年）とほぼ同程度である（図2）。よって、昨年度末の3月頃「今年は赤潮自体は発生するが、カレニア赤潮は発生しないか、発生しても被害は少ないのでは？」と予測した。ところが、今年度の夏（2015年）は、カレニア赤潮大発生の年になってしまった。養殖マダイなど魚類11万匹以上、アコヤ貝など10万個以上、被害額3億6500万円以上という全く予想を裏切る結果である。追跡調査してみると、5～6月より急激に累積降水量が昨年度並となり大増加していることが分かった。今年度はどのような赤潮発生状況であったのか、環境条件と照らし合わせながら考察してみることにした。



図1 宇和島港の採水ポイント

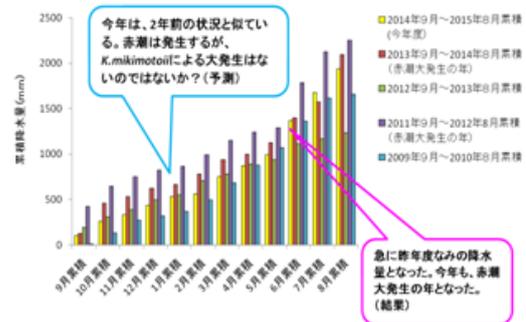


図2 5年間の累積降水量

2 調査地点と研究の方法

- (1) まず、どんな植物プランクトンが出現するのか調べるために、2015年4月～7月の間（採集日は図3～6の横軸に記入）、宇和島港防波堤の先端（図1）で、継続採集調査を行うことにした（時刻は15:30～16:30の間）。ハイロート採集器（写真1）を使って深さ0.5、1.0、1.5、2.5、3.5m（浅い場合は3.0m）の各層から250mlずつ採水し混ぜ合わせた（これを2回繰り返し、2つのバケツに分けた）。
- ① 学校に持ち帰った1つ目のバケツのサンプル水は、簡易プランクトンネット（ネットの大きさは0.015mm）を使って1Lを濃縮した。濃縮試料は、そのまま顕微鏡で観察しながら図鑑で種を同定した。写真撮影の後、ホルマリンを一滴かけて固定した。その後、サンプル管中の試料をよく攪拌し、0.5mlを抜き取り、何人かに分かれて種の計数を行った。



写真1 ハイロート採水器

値は（細胞数/L）としたが、ネットの目合が若干大きいためか、実際より少なかった可能性が高い。水温、塩分はその場で計測したものであり（図3）、プランクトン

の分類は千原・村野（1997）に従い、珪藻（図4）、有殻渦鞭毛藻類（図5）、無殻渦鞭毛藻類（図6）に分けて示した。

② 2つ目のバケツのサンプル水は、手動の真空ポンプ付き吸引器を使って薄膜にプランクトンを吸着させた後、薄膜をエッペンチューブに入れて冷凍保管した（1 Lと 100ml濃縮の2つを作った）。1月に愛媛大学南予水産研究センターで、遺伝子プローブを用いたLAMP法による*K. mikimotoi*の検出実験を行った。①による目視確認ができない場合に、僅かな個体さえあれば検出が可能と考えられるLAMP法で*K. mikimotoi*の検出ができれば、今後有害赤潮の初期発見に有効性が認められる結果になると考えたからである（実験の詳細は紙面の都合上割愛）。

(2) 図1の地点のみならず、宇和島地区全体の赤潮発生状況を比較するため、愛媛県農林水産研究所水産研究センターがネット配信している赤潮状況調査のデータ並びに気象庁が出している過去の降水量、日射量のデータを使って、5～7月間の赤潮発生時の様子をグラフ化してみた。吉田港（奥部、南君）、宇和島港（赤松、坂下津）、三浦西（大内漁港）・三浦東、北灘湾（奥部、口部）の4地区8箇所を選び、データ抽出の際はそれぞれの場所周辺の中で最も値の大きいものを代表値として取り上げた（図7～12）。今年（2015年）だけでなく、必要であればさらに過去のデータも遡ってグラフ化を試みた。

3 結果と考察

(1) 採集時の水温と塩分濃度

宇和島港の調査期間中の水温は、夏の採水であったため、次第に上昇した。塩分濃度は6月3日や6月26日の台風上陸による大雨の影響を受けると、淡水が流入して明瞭に下がることが分かった（図3）。

(2) 植物プランクトン出現種

今年も4月～7月の植物プランクトンは珪藻類が圧倒的に多く、次に無殻渦鞭毛藻類

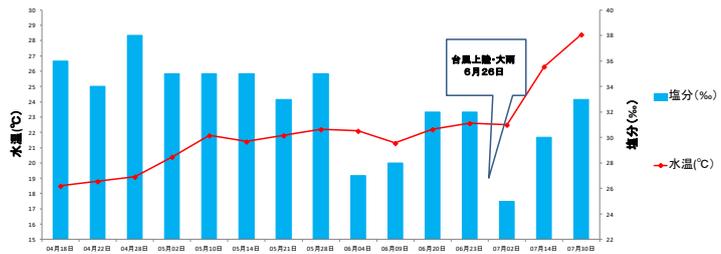


図3 宇和島湾 4～7月間の温度(°C)と塩分(‰)

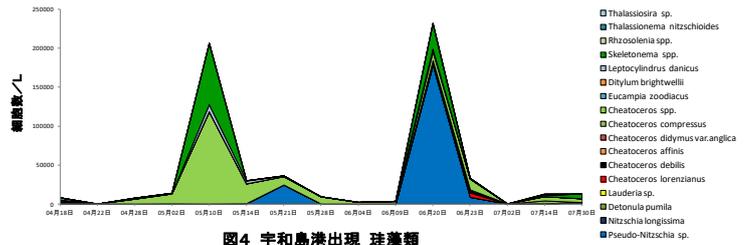


図4 宇和島港出現 珪藻類

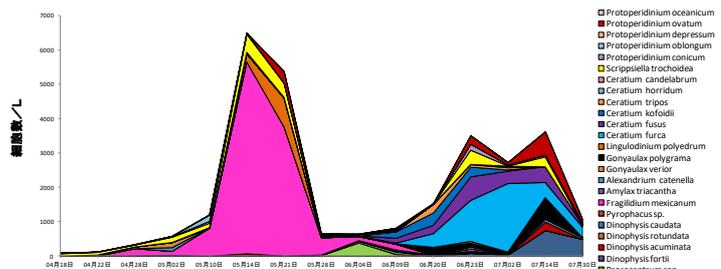


図5 宇和島港出現 有殻渦鞭毛藻類

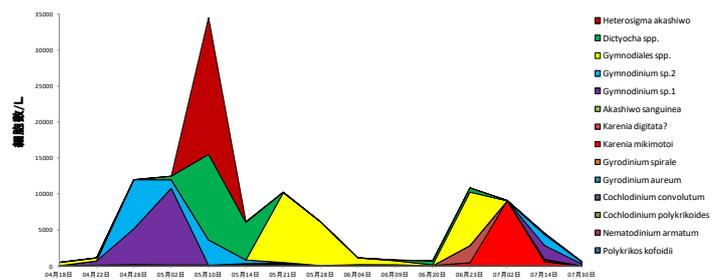


図6 宇和島港出現 無殻渦鞭毛藻類

のギムノディニウム目、有殻渦鞭毛藻類のゴニオラックス目が多かった。出現のピークは2回あり、1回目は水温の上昇、2回目は淡水流入による栄養塩の増加が関係しているように思われる(図4~6)。

(3) 珪藻類

1回目の増加は *Cheatoceros* spp.、*Skeletonema* spp. 2回目の増加では *Pseudo-Nitzschia* spp. が大増殖を示した(図4)。

(4) 有殻渦鞭毛藻類

出現した有殻渦鞭毛藻類の中で突出していたのが、ゴニオラックス目の *Fragilidium mexicanum* (5月中旬: 1回目の増加) や *Ceratium furca*、*C.fusus*(6月下旬~7月: 2回目の増加) であった。1回目よりも2回目の方が、増殖した種の数が多かった。また、1回目と2回目の間に *Prorocentrum dentatum* が多くなったことも付け加えておく。

(5) 無殻渦鞭毛藻類

経時的に出現した無殻渦鞭毛藻類をあげると、ギムノディニウム目の *Gymnodinium* sp.1→*Gymnodinium* sp.2→ケイ質鞭毛藻類の *Dictyocha* spp. →ラフィド藻類の *Heterosigma akashiwo* が茶褐色の赤潮を形成した(6月10日)。その後再び *Gymnodiales* spp.→*Karenia digitata*?を経て赤潮有害種 *K. mikimotoi* の大増殖となった(図6)。

(6) 赤潮形成種 *Karenia mikimotoi*

増殖の環境要因について

本調査地点(宇和島港)での出現量は少なかったが、吉田港、三浦、北灘湾ではその3~6倍の量の赤潮が出現した。吉田港と宇和島港の出現

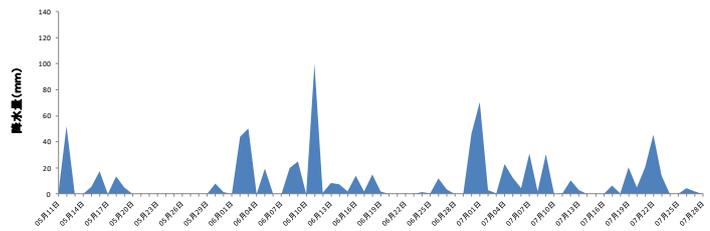


図7 2015年(5月~7月)降水量(mm)経日変化

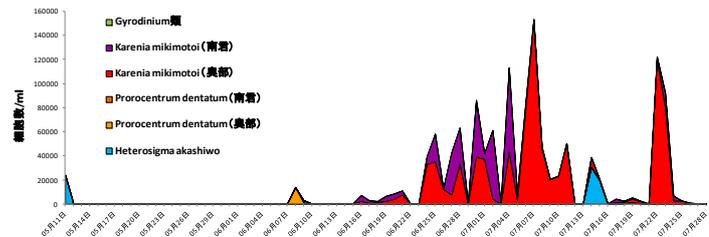


図8 2015年吉田港(奥部・南君方面)

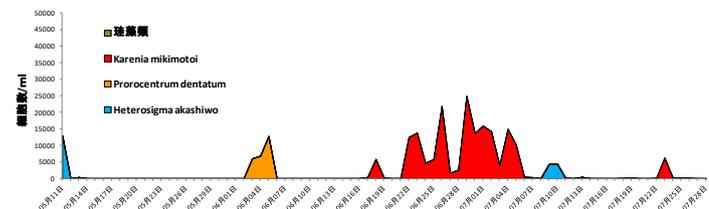


図9 2015年宇和島港(赤松・坂下津方面)

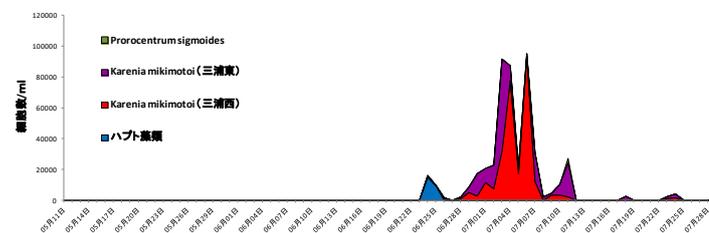


図10 2015年三浦西(大内漁港)、三浦東

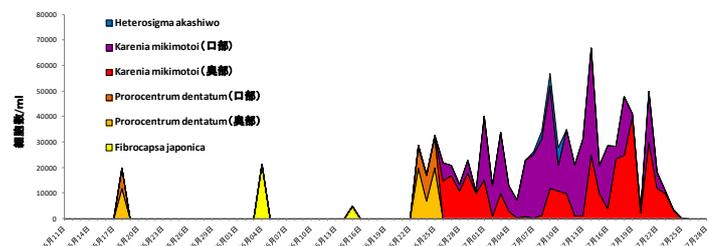


図11 2015年北灘湾(奥部、口部)

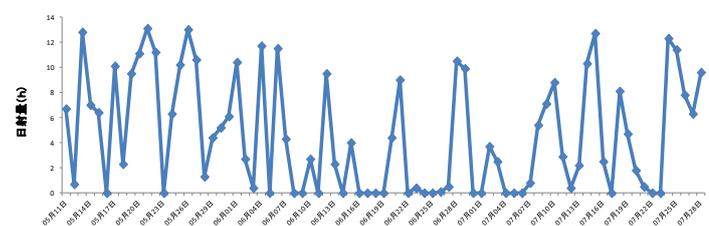


図12 2015年(5~7月)日射量(h)経日変化

時期と種のパターンはよく似ており、始めに *H. akashiwo* が現れた後 *P. dentatum* が現れ、ほどなくして *K. mikimotoi* が大量発生した。三浦と北灘湾での赤潮発生はそれより若干遅く、北灘湾ではかなり長期間に渡って赤潮状態が保たれた。北灘湾でも、*K. mikimotoi* の前に *P. dentatum* が現れていた (図 8～11)。今年 (2015 年) だけでなく、2014 年 (赤潮発生)、2013 年 (赤潮なし)、2012 年 (赤潮発生) における降水量と日射量を調べたところ、梅雨時期 (6 月初旬～中旬) にかけて降水量が多いと赤潮が大発生し (2015,2014,2012 年)、少ないと発生しない (2013 年) こと、晴天よりも日射量の少ない曇天の方が赤潮が発生しやすいことを発見した (ここでいう赤潮とは *K. mikimotoi* のこと : 図 7、12 : 別年度の結果はここでは割愛)。

すなわち、梅雨時期の降雨や台風による降水量の増加が沿岸の栄養塩の増加を招き、それが *H. akashiwo* や *P. dentatum* が吸収しきれない量存在し (これらの赤潮が発生する場合もあるが無害)、最近の雲の増加で曇天が続くと、光合成に強光が必要な珪藻類が増加しきれず、弱光が好みの渦鞭毛藻類 *K. mikimotoi* が増加するものと思われる。「温暖化→海面からの水蒸気増加→雲の増加→降水量の増加と曇天の継続」こう考えると、赤潮は天災ではなく、実は温暖化と密接に関係した人災ではないかという気がしてくる。

(7) LAMP 法による *K. mikimotoi* の早期発見について

本採集地点では *K. mikimotoi* の目視確認が 6 月 4 日からであったが、LAMP 法での検出は次のサンプル試料 6 月 9 日からとなった。概ね 1 L 濃縮の方が 100ml 濃縮より濁度が高いという結果になったが、6 月 23 日のみこれが逆転していた。単純に 100ml の方に *K. mikimotoi* が多くいたのかもしれないが、確実な理由はよくわからない。今回の結果は、遺伝子を用いた最新の検出方法と濃縮試料を顕微鏡で確認した結果がそれ程違わなかったことを示しており、*K. mikimotoi* の早期発見においては、今のところ従来どおりの目視確認の作業でなんとかなるという結論に至った。

表1 LAMP法による*K.mikimotoi* 検出結果

	5月2日	5月10日	5月14日	5月21日	5月28日	6月4日	6月9日	6月20日	6月23日
目視確認	×	×	×	×	×	△	○	◎	○
LAMP法(1L)	0	0	0	0	0	0	0.004	0.097	0.085
LAMP法(100ml)	0	0	0	0	0	0	0.001	0.002	0.095

※△は少量、○は普通、◎は多量に出現。×は出現せず。

※単位は濁度Abs=Ln(光源の光量/サンプルの光量)

4 まとめと今後の課題

昨年度と今年度、赤潮について研究してきたが、その発生原因となる因子が多すぎるため (降水量、日射量、水温、水塊流入型まで入れれば急潮や底入り潮など)、結論として早い段階で赤潮発生を予報することは不可能であると思われる。また、赤潮発生が温暖化と関係しているなら、温暖化に歯止めをかけない限り赤潮はなくなることはないことになる。むしろ、これからは毎年赤潮は発生すると決めてかかり、密殖を止め養殖筏を沖へ移動させる工夫、養殖魚の餌を減らす工夫、もしくは現在の養殖量を減らす必要があるのではないだろうか。また、栄養塩を減らすという意味では、コンブやワカメなどの海藻を沿岸やハマチなどの網イケスの周辺で養殖するという手がある (栄養塩のフィルター)。さらに、広島県のように、赤潮などの植物プランクトンを食べてくれる「牡蠣筏 (かきいかだ)」を大量につるすことで、海の環境が改善されるかもしれない。愛南町の「御荘牡蠣」の養殖を宇和海全体に拡大してはどうだろうか。

謝辞

LAMP 法の研究を行うにあたり、県農林水産研究所の久米洋氏、愛媛大学南予水産研究センターの太田耕平先生に大変お世話になった。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- ・千原光雄・村野正昭（監）,1997,日本産洋プランクトン検索図説,東海大学出版会,東京.
- ・Takuo Omura et al.2012.Marine Phytoplankton of the Western Pacific. 恒星社厚生閣.
- ・末友靖隆 編.2013.日本の海産プランクトン図鑑 2 版.共立出版株式会社,東京.268pp.