

熊野灘沿岸域における有害プランクトン優占化機構に関する研究

増田 健・藤原正嗣・中西尚文・岩出将英・坂口研一・中山奈津子¹⁾

¹⁾ 瀬戸内海区水産研究所

目 的

伊勢湾・三河湾・英虞湾海域において三重県と愛知県が連携して広範な調査を実施し、有害赤潮プランクトンならびにノリ色落ち原因珪藻の発生状況および海洋環境を監視するとともに、既存データも含めたデータ解析によって当該海域における有害赤潮およびノリ色落ち原因珪藻の発生シナリオを構築し、赤潮発生予察や漁業被害軽減に資することを目的とする。また、有害プランクトン赤潮に対する対策として殺藻ウイルスを用いた赤潮除去技術の開発を行った。なお、この調査は水産庁委託事業として、愛知県水産試験場および国立研究開発法人水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所と共同で行った。

方 法

1. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオ構築

(1) 伊勢湾調査

伊勢湾内 St.I1,I3,I5 (図1) の3定点において、平成27年4月～平成28年3月に月1回の頻度で調査を行った。調査水深は0m層とし、プランクトン出現密度、水温、塩分、溶存酸素量について調査した。

(2) 伊勢湾口調査

鳥羽から志摩半島の沖合 St.T2 および St.T3 (図1) において、平成27年4月～平成28年3月に月1回の頻度で調査を行った。調査水深は0m層とし、プランクトン出現密度(有害種は濃縮サンプルも検鏡)について調査した。

(3) 英虞湾調査

英虞湾内 St.A1～A6 (図1) の6定点において、平成27年4月～平成28年3月に週1回～月2回の頻度で調査を行った。調査水深は0.5m, 2m, 5m, 10m, 20mおよびB-1m層とし、プランクトン出現密度、水温、塩分、溶存酸素量、クロロフィルa濃度、栄養塩(DIN, PO₄-Pを4地点, Si, DOPを1地点)について調査した。

(4) 伊勢湾ノリ漁場調査

伊勢湾ノリ漁場 St.N1～N20 (図2) の20定点において、平成27年10月～平成28年3月にかけて月2回～週1回の頻度で調査を行った。調査水深は0m層とし、珪藻類の出現密度、水温、塩分、溶存酸素量、栄養塩(DIN, PO₄-P)について調査した。



図1. 調査側点図 (伊勢湾・伊勢湾口・英虞湾調査)

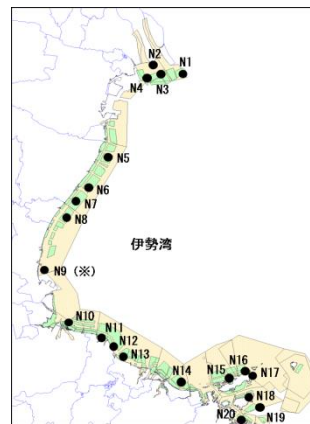


図2. 調査測点図 (伊勢湾ノリ漁場調査)

2. *Heterocapsa circularisquama* 赤潮被害軽減に向けた底泥接種法現場適用の検討

英虞湾内 St.A3 (図1) において、表層水・底層水および底泥を採取し、*Heterocapsa* 殺藻ウイルス HcRNAV を限界希釈(MPN)法を用いてモニタリングした。あわせてリアルタイムPCR法を用いて、底泥中のHcRNAVを定量した。

また、溶存酸素量がヘテロカプサの増殖に与える影響を評価した。

結果および考察

1. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオ構築

(1) 有害赤潮プランクトンの出現状況

有害赤潮プランクトンのうち、特記種は *Karenia mikimotoi* と *Chattonella marina* の2種であり、英虞湾では7月27日～8月27日まで複合赤潮を形成した（最高細胞密度 *K. mikimotoi*:3,290cells/mL, *C. marina*:2,210cells/mL）。

この事業の測点ではないが、8月21日に伊勢湾の鈴鹿市地先で *K. mikimotoi* 赤潮が発生した（最高細胞密度 26,800cells/mL）。

両種とも7月22日に St.T2 および St.T3 の表層で3～4細胞/mlの密度で確認されており、英虞湾や伊勢湾に流入して赤潮になった可能性が考えられる。

なお、英虞湾でしばしば赤潮を形成する *H. circularisquama* は確認されず、1992年に同種が確認されてから初めてのまったく確認されなかった年となった。

また、有害赤潮プランクトンによる漁業被害は発生しなかった。

(2) *H. circularisquama* 赤潮の発生シナリオの構築

H. circularisquama 赤潮の発生年と非発生年にどのような差がみられるか調べるため、水温、塩分等各項目（表1）の発生年と非発生年の平均値について有意差の有無を確認した。

表1. 解析に用いた項目

項目	層	データの由来
水温、塩分、比重、溶存酸素、クロロフィルa、DIN、PO4-P、珪藻細胞密度	表層、底層 (B-1m)	三重県水産研究所
表層と底層の水温の差、表層と底層の塩分の差、表層と底層の比重の差	—	三重県水産研究所
平均気温、降雨量、日射時間	—	南伊勢町 アメダス
満潮時と干潮時の潮位差(日合計、最大)	—	鳥羽潮位

表2. 赤潮発生年、非発生年で有意差がみられた項目のうち主要な項目

項目	時期
水温(表層)	7月上旬～下旬
塩分(表層)	7月下旬～8月中旬, 11月中旬～12月上旬
DIN(底層)	4月上旬～下旬
PO4-P(底層)	7月下旬から8月上旬
珪藻合計(表層)	5月中旬～6月上旬
気温	7月上旬～中旬, 12月上旬～中旬
日射時間	4月上旬～下旬, 7月下旬～8月中旬

データは2000年～2015年のものを用い、最高密度が100cells/mL以上の年を赤潮の発生年とした（非発生年は2003, 2006, 2007, 2014および2015年、それ以外が発生年）。1つの月を上中下旬に分け、各月各旬を開始時点とした1～5つの旬（約10日、約20日、約30日、約40日、約50日）の平均値についてU検定を行った。水

温、塩分、比重、溶存酸素、栄養塩、珪藻等プランクトン細胞数(log10)については立神浦の測点の観測結果を、アメダスの測定項目（気温、降雨量、日射時間、風速）は南伊勢町のデータを、潮位については鳥羽のデータを用いた。10月～12月は、翌年の赤潮発生に影響しているとして処理を行った。これらのうち、水温、塩分、日射量等で有意差がみられた（表2）。

有意差がみられた項目のうち、主要なものについて各年の平均値とその年の最高細胞密度の関係を図3～9に示す。

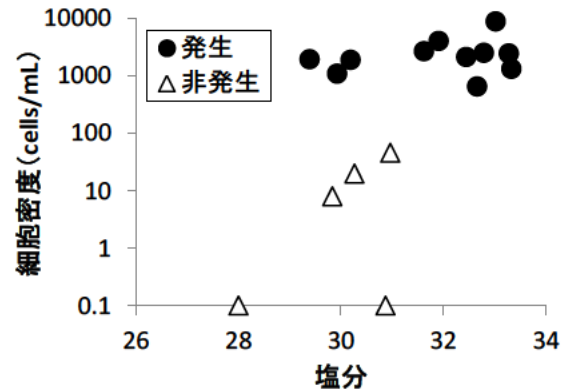


図3. 7月下旬～8月中旬の表層における塩分平均値とその年の *H. circularisquama* 最高細胞密度

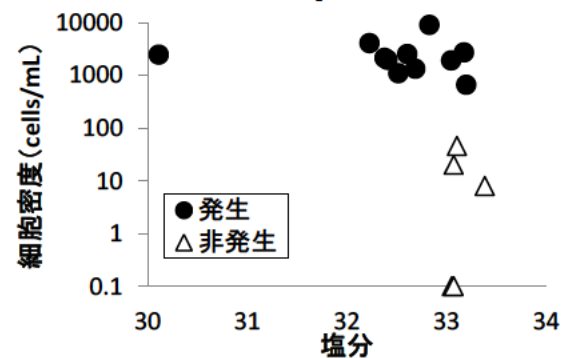


図4. 11月中旬～12月下旬の表層における塩分平均値と翌年の *H. circularisquama* 最高細胞密度

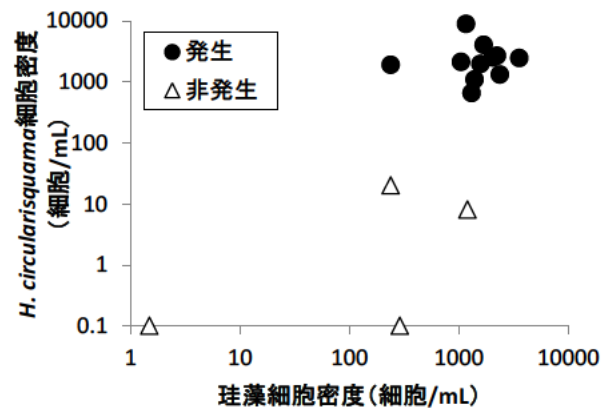


図5. 5月中旬～6月上旬の表層における各年の珪藻細胞密度平均値と *H. circularisquama* 最高細胞密度

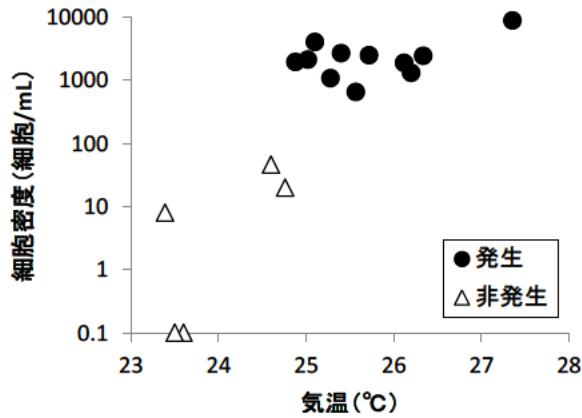


図 6. 7月上旬～中旬の底層における各年の気温平均値と *H. circularisquama* 最高細胞密度

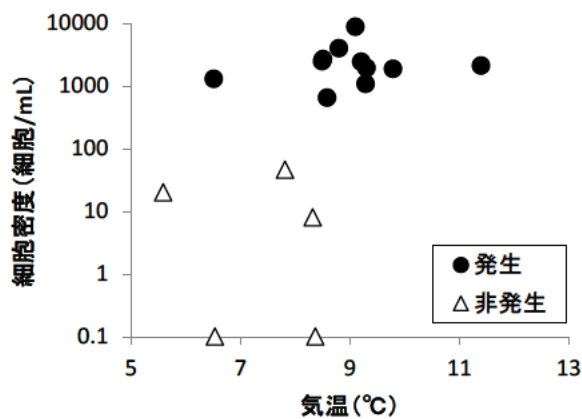


図 7. 12月上旬～中旬の表層における各年の気温平均値と翌年の *H. circularisquama* 最高細胞密度

塩分については7～8月に高いと赤潮が発生する傾向がみられた。また、11月～12月に表層の塩分が低いと翌年に赤潮が発生する傾向がみられた。

5月～6月の表層で珪藻が多いと *H. circularisquama* が発生する傾向がみられた。

7月～8月の気温が高いと赤潮が発生する傾向がみられた。また、12月に気温が高いと翌年に赤潮が発生する傾向がみられた。*H. circularisquama* は、高い水温に適応した種であるため、気温が高いほど夏季に増えやすく、冬季には翌年まで生き残る細胞が多くなっている可能性が考えられる。

日射時間については、7月～8月に長いと赤潮が発生する傾向がみられた。昨年の結果でも一部の季節で増殖速度との間に有意な相関がみられたことと一致する。また、4月～5月に日射時間が長いと赤潮が発生する傾向がみられた。

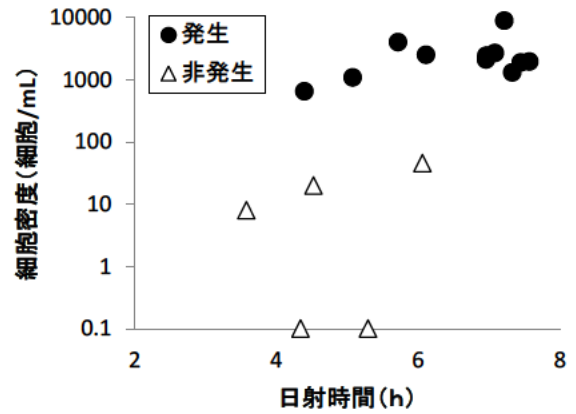


図 8. 4月上旬～下旬における各年の日射時間平均値と *H. circularisquama* 最高細胞密度

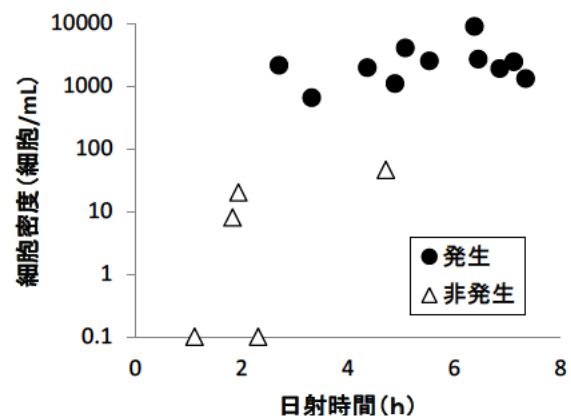


図 9. 7月上旬～中旬における各年の日射時間平均値と *H. circularisquama* 最高細胞密度

これらの有意差がみられた項目のうち、比較的測定しにくい栄養塩と気温の影響を強く受ける水温を外した表3の項目について赤潮の発生・非発生を目的変数とした判別分析を行った。発生・非発生は、発生年を1、非発生年を0とするカテゴリーデータとして扱った。また、得られた判別係数について交差妥当性の確認を行った。

標準化判別係数から判断すると、5月中旬～6月上旬表層における珪藻細胞数合計、7月下旬～8月中旬の日射時間、12月上旬～中旬の気温等の影響が大きいと考えられる。

表 3. 線形判別分析で得られた判別係数について

項目	判別係数	標準化判別係数
塩分(7月下旬～8月中旬の表層)	0.319	0.508
塩分(11月中旬～12月上旬の表層)	0.336	0.258
珪藻合計(5月中旬～6月上旬の表層)	0.953	1.019
気温(7月上旬～中旬)	0.292	0.317
気温(12月上旬～中旬)	0.677	0.943
日射時間(4月上旬～下旬)	0.108	0.142
日射時間(7月下旬～8月中旬)	0.458	0.946
判別率(%)	93.75	

2. *H. circularisquama* 赤潮被害軽減に向けた底泥接種法現場適用の検討

測点 A3 において月 1~2 回の頻度で海水および海底泥を採取し、従来法である MPN 法とリアルタイム PCR 法を用いて、底泥中の HcRNAV を定量した。MPN 値と比較すると、リアルタイム PCR 法で推定された HcRNAV の現存量は $10 \sim 10^5$ 倍高く、底泥中には従来考えられていたより非常に多くの HcRNAV が存在していることが明らかになった。

溶存酸素量が *H. circularisquama* の増殖に与える影響について評価するため、酸素量を変えた培地で培養を行った。200ml の SWM3 中の溶存酸素量を 2, 4, 6, 10mg/L で調整し、*H. circularisquama* と *K. mikimotoi* を、それぞれ約 1500 cells/ml, 約 500 cells/ml になるように接種して、0, 2, 4 日目に顕微鏡下で細胞数を計数した。

その結果、*H. circularisquama* は、溶存酸素量が 2~6 mg/L で増殖速度が高く、4mg/L で最も高かった。一方、10mg/L 以上のとき、増殖率は低くなった。*K. mikimotoi* では、溶存酸素量が高いときに増殖速度は高くなり、低いときに増殖速度は低くなった。このことから、環境中の溶存酸素量が低くなると、*H. circularisquama* の増殖にとっては好条件となることが考えられる。

なお、本研究の成果の一部は、平成 27 年度水産庁赤潮・貧酸素水塊対策推進事業で得られたものである。

関連報文

平成 27 年度 赤潮・貧酸素水塊対策推進事業「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」報告書