

# 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・栗山 功・勝田孝司・中山奈津子<sup>1)</sup>

1)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

## 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う。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、2018年4月～2019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、2018年4月～2019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、2018年4月～2019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量、栄養塩(DIN, PO<sub>4</sub>-Pを4地点, Si, DOPを1地点)について調査した。

## 2 ノリ色落ち被害の発生シナリオ構築

伊勢湾ノリ漁場 St.N1～N6, N8～N20 (図2) の19 定点において、2018年10月～2019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、栄養塩(DIN, P

O<sub>4</sub>-P) について調査した。

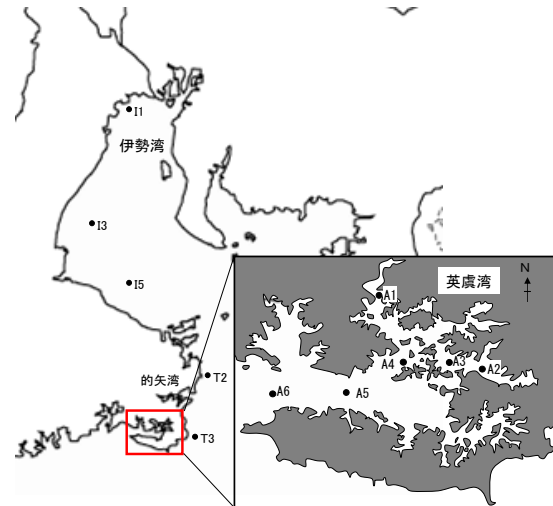


図1. 調査測点図(伊勢湾・伊勢湾口・英虞湾調査)

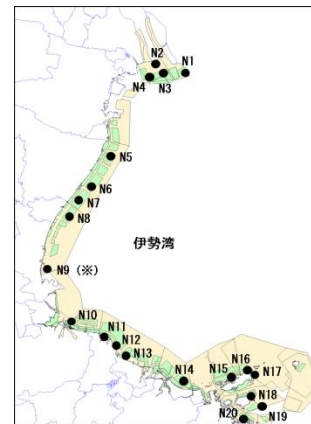


図2. 調査測点図(伊勢湾ノリ漁場調査)

3 ヘテロカプサ赤潮被害軽減に向けた底泥接種法現場適用の検討

三重県英虞湾立神定点(34°17'38"N-136°50'6"E)について、月1～2回の頻度で海水及び海底泥を採取した。ヘテロカプサは直接検鏡にて、HcRNAVの密度はリアルタイムPCR法(Nakayama and Hamaguchi 2016)にて定量した。底泥については、RNA PowerSoil® Total RNA Isolation Kit(MO BIO Laboratories, Inc., Japan)を用いて全RNAを抽出したのち、上述した海水と同様の手順で実施した。

## 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)有害プランクトンの出現状況

2019年度は、2018年度に引き続き観測海域において有害プランクトンの赤潮（100cells/mL以上）は確認されなかった。

2) *K. mikimotoi* 赤潮の発生シナリオの構築

*K. mikimotoi* 赤潮発生年と非発生年の環境にどのような特徴があるか把握するため、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。データは1993～2019年のものを用い、最高密度が100 cells/mL以上の年を赤潮の発生年とした（表2）。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、珪藻等の細胞密度（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、日照時間、風速）は南伊勢町のデータを用いた。10～12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。また、*K.*

*mikimotoi* 赤潮は、近年発生頻度が高くなっている種であるため、あわせてMann-Kendall検定による経年変化についてのトレンドの解析を行った。

本種の赤潮が発生する年は4月上旬～4月下旬におけるB-1m層の平均水温（図3）が14.8℃以上と比較的高めであった。早い時期から水温が高く*K. mikimotoi*増殖に有利な環境である年に赤潮化している可能性が考えられる。水温については有意な経年変化はみられなかったが、2月上旬～6月下旬の各時期の30日間の最高気温の平均値が優位に上昇傾向（すべてP<0.05）であった。また、4月中旬には日照時間も伸びる傾向がみられた（図4）。観測頻度が2回/月では捉えきれていないが、日照時間が長くなることにより水温が上昇している場合がある可能性が考えられ、これが近年*K. mikimotoi*赤潮の発生頻度が上がっている要因の一つになっている可能性が考えられる。

表1. 解析に用いた項目

項目	測点	測点, 層	データの由来
水温, 塩分, 比重, 溶存酸素量	St.A1, S t.A3～6	表層, 2m層, 5m層, 10m層, 底層	三重県水産研究所
DIN, PO <sub>4</sub> -P, 透明度, 珪藻細胞密度, 渦鞭毛層細胞密度 ( <i>H. circularisquama</i> を除く)	St.A1, S t.A3～6	表層, 2m層, 5m層, 底層	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	St.A3	—	三重県水産研究所
平均気温, 最低気温, 最高気温, 降雨量, 日照時間, 最大風速, 平均風速, 風向	—	—	南伊勢町アメダス
満潮時と干潮時の潮位差日合計・最大・最小	—	—	鳥羽潮位

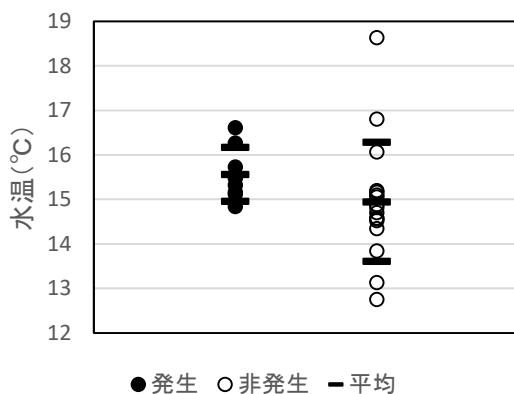


図3. *K. mikimotoi* 赤潮発生年及び非発生年の4月上旬～4月下旬におけるSt.A3, 5m層水温平均値

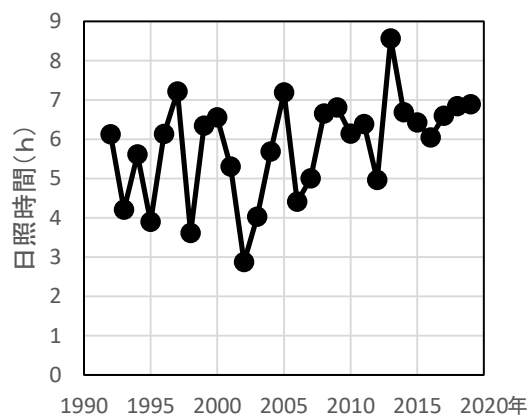


図4. 4月中旬～5月上旬における日照時間の経年変化

表 2. 英虞湾における *K. mikimotoi* 赤潮出現状況

年	細胞/mL	年	細胞/mL	年	細胞/mL
1994	90	2004	1	2014	5,025
1995	5	2005	2	2015	3,290
1996	15	2006	9,163	2016	10
1997	10	2007	1	2017	9,300
1998	0	2008	2	2018	2
1999	1	2009	25	2019	3
2000	125	2010	3		
2001	0	2011	1,170		
2002	9	2012	1,705		
2003	1	2013	205,000		

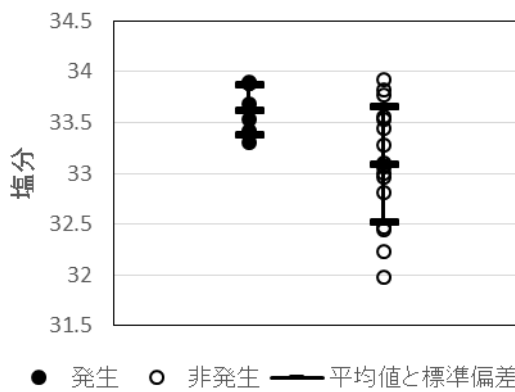


図 5. *K. mikimotoi* 赤潮発生年及び非発生年の 6 月上旬～7 月上旬における St.A3 5m 層塩分平均値

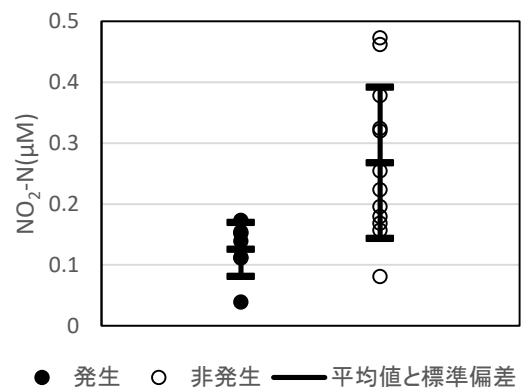


図 7. *K. mikimotoi* 赤潮発生年及び非発生年の 6 月下旬～7 月下旬における St.A3 5 層の NO<sub>2</sub>-N

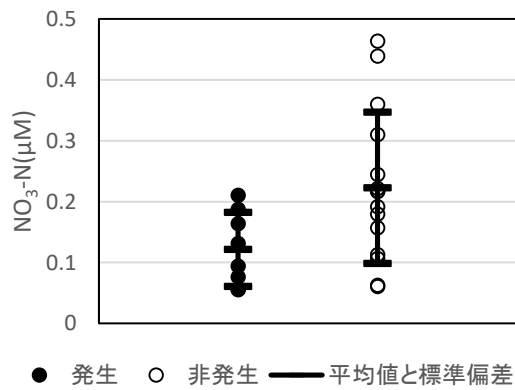


図 6. *K. mikimotoi* 赤潮発生年及び非発生年の 7 月下旬～8 月中旬における St.A3 5 層の NO<sub>3</sub>-N

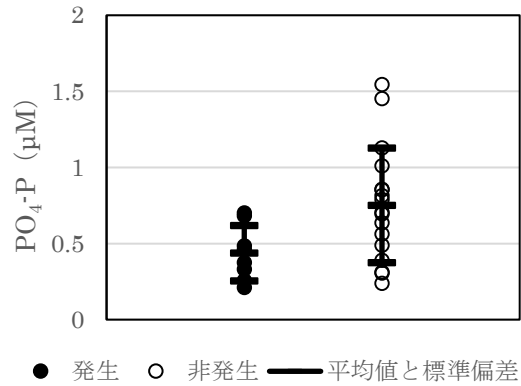


図 8. *K. mikimotoi* 赤潮発生年及び非発生年の 6 月中旬～7 月中旬における St.A3 B-1m 層の PO<sub>4</sub>-P

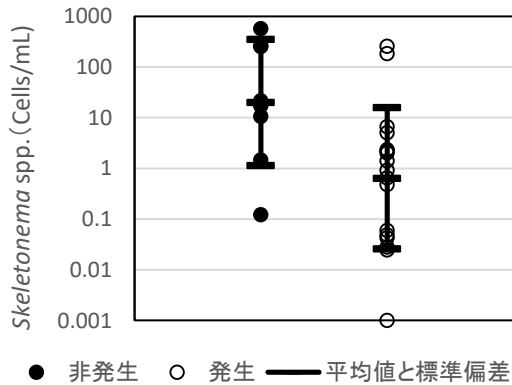


図9. *K. mikimotoi* 赤潮発生年及び非発生年の6月上旬～6月下旬におけるSt.A3 5層の *Skeletonema* spp.細胞密度

本種の赤潮が発生する年は4月上旬～4月下旬におけるB-1m層の平均水温(図3)が14.8℃以上と比較的高めであった。早い時期から水温が高く*K. mikimotoi*増殖に有利な環境である年に赤潮化している可能性が考えられる。水温については有意な経年変化はみられなかったが、2月上旬～6月下旬の各時期の30日間の最高気温の平均値が優位に上昇傾向(すべて $P < 0.05$ )であった。また、4月中旬には日照時間も伸びる傾向がみられた(図4)。観測頻度が2回/月では捉えきれないが、日照時間が長くなることにより水温が上昇している場合がある可能性が考えられ、これが近年*K. mikimotoi*赤潮の発生頻度が上がっている要因の一つになっている可能性が考えられる。

6月上旬～7月上旬における5m層で塩分(図5)が高めの時に本種の赤潮が発生する傾向がみられた。降雨などの影響が小さいときに本種が増加している可能性がある。

7月下旬～8月中旬における5m層の $\text{NO}_3\text{-N}$ が低め(図6)の時、6月下旬～7月下旬における5m層の $\text{NO}_2\text{-N}$ が低め(図7)の時、6月中旬～7月中旬におけるB-1m層の $\text{PO}_4\text{-P}$ が低め(図8)の時に、それぞれ本種の赤潮が発生する傾向がみられた。これら栄養塩濃度が低く、珪藻が増加しにくい年に本種が増加している可能性が考えられる。一方で、6月上旬～6月下旬における5m層の*Skeletonema*属が多めの年に*K. mikimotoi*赤潮が発生する傾向がみられた(図9)。これより*K. mikimotoi*は、*Skeletonema*属の増殖により栄養塩が減少した後、増加する傾向がある可能性が考えられる。

*K. mikimotoi*赤潮が発生年と非発生年の環境について

有意差がみられたもののうち関連が考えられるものについては述べたが、他にも有意差がみられるものの関連を説明できない項目もある。さらに解析を進めるとともに、より過去のデータも加味する必要があると考えられる。

## 2 ノリ色落ち被害の発生シナリオ構築

これまでの分析により、伊勢湾北中部に位置する鈴鹿地区においては、珪藻密度が9,000 cells/mL以上の場合や大型珪藻である*Eucampia* spp.が500 cells/mL以上の場合にはすべての事例においてDINが7.1  $\mu\text{M}$ 以下となることが確認されている。今年度はそれらに合致した状況にはなく、新たな検証には至っていない。

なお、今年度の伊勢湾の三重県側のノリ漁場では、栄養塩はあるものの珪藻類の増殖が見られないという前例がない状況となっている。今後の調査と気象条件や外洋水の湾内への波及による影響を踏まえて、原因種の発生要因の解析を進める。

## 3 ヘテロカプサ赤潮被害軽減に向けた底泥接種法現場適用の検討

水温・塩分や溶存酸素については、立神定点の5～10月では、6月中旬～7月下旬に、水温が低めで推移したのち、再び高めとなった。水温が高い時期には、黒潮の大蛇行の影響で黒潮由来の高水温の海水の流入がしばしばみられ、気温は高めであった。塩分は、表層は、6月中旬から6月下旬及び9月下旬～10月上旬に平年よりも低下した。前者は6月中旬の雨、後者は梅雨による雨の影響であると考えられる。底層では平年並みで推移した。溶存酸素は、表層では平年並みに推移した。底層では貧酸素状態がみられたのは8月下旬のみであり3 mg/L以下の貧酸素状態の期間は短かった。

2019年5～11月の観測時期のヘテロカプサ発生状況について、三重県英虞湾立神定点では検出されなかった。

リアルタイムPCR法によるHcRNAV定量結果について、2019年の英虞湾立神定点の海水からはHcRNAVは検出されなかった。底質中の密度は、英虞湾立神定点では調査期間を通して低く、最大でも7月上旬の1334 copies/gであり、昨年度より半減した。

なお、本研究の成果の一部は、2019年度水産庁漁場環境改善推進事業で得られたものである。