

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・山田大貴・中山奈津子¹⁾

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の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, PO₄-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 O₄-P)について調査した。

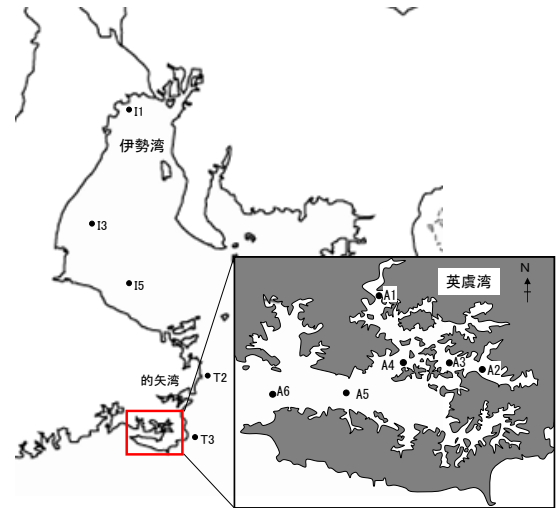


図1. 調査測点図(伊勢湾・伊勢湾口・英虞湾調査)

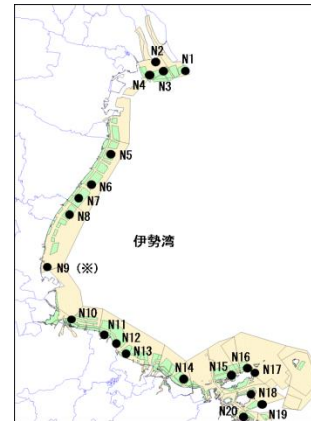


図2. 調査測点図(伊勢湾ノリ漁場調査)

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

本試験に供試する株(*Heterocapsa circularisquama*, *Karenia mikimotoi*, *Chattonella* 属, *Heterosigma akashiwo*)についてクローン化または株作製を行い、無菌化操作を実施した。

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

2018年度は、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

英虞湾では2001~2010年の間、*K. mikimotoi* 赤潮の発生はなかったが、近年同種の赤潮が発生することが多くなっている。その間に漁場環境が変化しているかどうかを確認するため、立神浦 St. A3 の水温、塩分等の各項目と近隣の気温、日照時間等の気象（表1）について Mann-Kendall 法によるトレンドの解析を行った。

5月上旬~6月上旬の各層における珪藻や渦鞭毛藻等網別の細胞密度には、明確な変動は見られなかったが、全植物プランクトンの細胞密度は有意に低下している傾向 ($p<0.05$, 図3) が見られた。同時期の他の項目を見

ると5月下旬~7月中旬の風速が大きくなる傾向 ($p<0.05$, 図4) がみられた。

他に5月中旬~7月上旬の底層の溶存酸素量が有意に増加傾向 ($p<0.05$, 図5) にあること、4月下旬~6月上旬の日照時間が長くなる傾向 ($p<0.05$, 図6) にあることが示唆された。

上記のように環境に変化が起きている可能性が示唆された。赤潮発生シナリオを作成するにあたって環境の変動について考慮するとともに *K. mikimotoi* 赤潮がしばしば発生していた2000年以前の環境に関する情報も整理し、解析していく必要がある。

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 ₄ -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

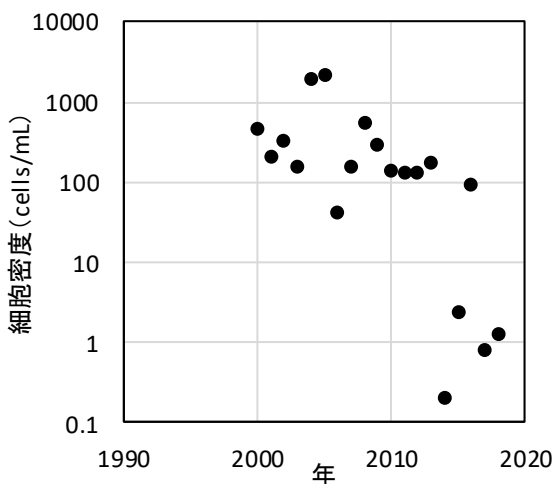


図3. 5月上旬~6月上旬における St.A3 表層のプランクトン細胞密度

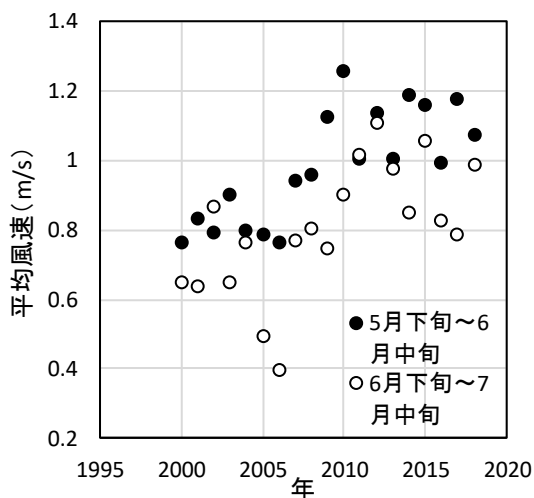


図4. 5月下旬~7月中旬における平均風速

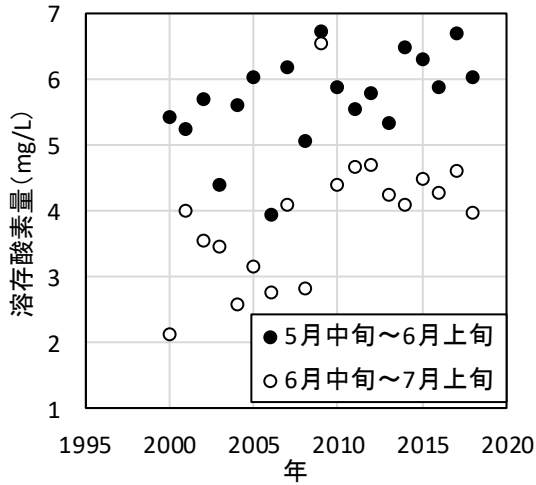


図 5. 5月中旬～7月上旬における St.A3 底層の溶存酸素量

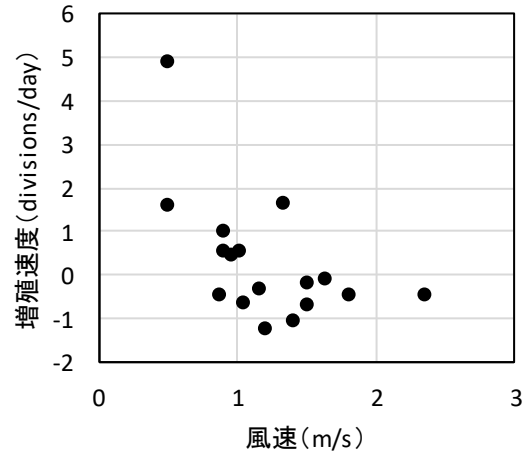


図 7. St.A2 表層の風速と *K. mikimotoi* 増殖速度

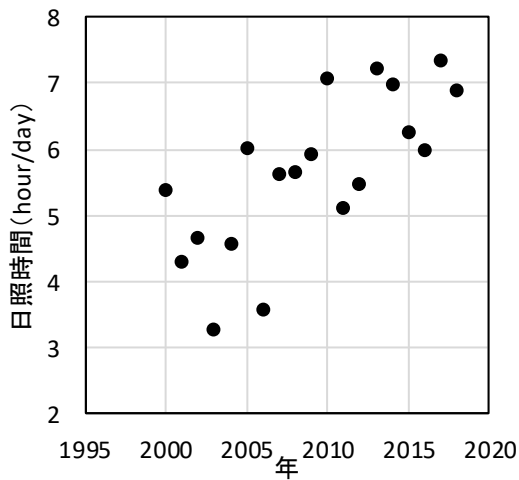


図 6. 4月下旬～6月上旬における日照時間

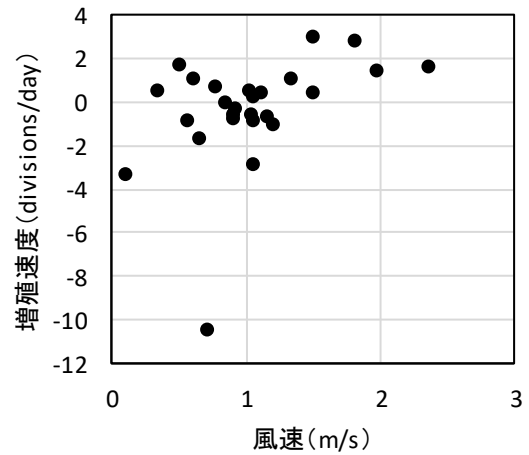


図 8. St.A3 2m層の風速と *K. mikimotoi* 増殖速度

プランクトンの増減には、様々な項目が影響を与えている。*K. mikimotoi* の増減に特に影響を与えている項目を確認するため、細胞密度の変化から見かけ上の増殖速度 (divisions/day) を求め、これと各項目の間の相関について確認した。

St.A2 の表層では風速が大きくなるにつれて増殖速度が小さくなる傾向がみられ ($p < 0.05$, 図 7), St.A3 の 2 m 層では風速が大きくなるにつれて増殖速度が大きくなる傾向がみられた ($p < 0.05$, 図 8)。風による鉛直混合が増殖速度に影響を与えている可能性がある。

St.A4 の表層では、日照時間が長くなるにしたがって増殖速度が小さくなる傾向 ($p < 0.05$, 図 9) がみられた。同種は強光阻害を受けやすい種であることが指摘されており、この結果もその性質を反映したものである可能性が考えられる。

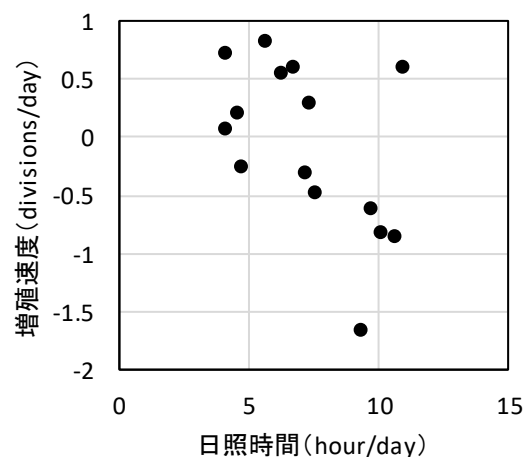


図 9. 日照時間と St.A4 表層の *K. mikimotoi* 増殖速度

2. ノリ色落ち被害の発生シナリオ構築

今年度伊勢湾の三重県側のノリ漁場で最も高密度で確認された珪藻は *Skeletonema* spp. であり、その最高密度は 24,520 cells/mL であった。しかし当該時期は育苗開始前であり、ノリ養殖への影響は発生しなかった。その後、育苗開始期には栄養塩量は低い水準であったが、珪藻が数百 cells/mL 程度しか発生しなかったため、栄養塩量は徐々に回復していった。育苗期には一部で色落ちが発生したのみであった。表 2 に伊勢湾の三重県側のノリ漁場における珪藻種類別の各年度の最高密度を示した。今年度は 12 月までのデータのみであるものの、10 月に多くの種類の珪藻が見られたため、出現種数が多かった昨年度、一昨年度並となっており、そのうち大型珪藻の密度については *Rhizosolenia* spp., *Ditylum* spp. 等で数十 cells/mL 程度確認されたのみであった。

伊勢湾におけるノリ色落ちの発生を早期に把握することを目的として行ったこれまでの分析により、北中部に位置する鈴鹿地区において、珪藻密度が 9,000 cells/mL 以上や、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 100 µg/L 以下となることが確認されている。今年度は

Skeletonema spp. による栄養塩の低下が発生したのみで大型珪藻の危険密度の推定には至らなかった。

また、伊勢湾ノリ漁場における珪藻類と気象条件、水質環境との関係を解析するため、既存のデータベース（2004 年～2018 年）に加えて気象条件もデータベース化を行った。今後、さらにデータの収集を進め、伊勢湾におけるノリ色落ち原因種ならびにその発生要因の解析を詳細にしていく必要がある。

3. ヘテロコプサ赤潮被害軽減に向けた底泥接種法現場適用の検討

培養中の酸素濃度の日周変化を把握し、酸素交換のタイミングを最適化するため培養試験を行うこととした。しかし、供試株の培養状態が悪化したこと、バクテリアのコンタミが認められたため、クローン化および無菌化を行った。試験は、*H. circularisquama*, *K. mikimotoi* に加え、*Chattonella* 属と *H. akashiwo* についても行い、株の作製および無菌化を行った。

なお、本研究の成果の一部は、2018 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。

表 2. 伊勢湾ノリ漁場における珪藻プランクトン種類ごとの各漁期年における発生最高密度

種名(属)	漁期(年度)														
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
	発生最高密度(cells/ml)														
<i>Skeletonema</i> spp.	12,500	5,400	8,900	12,300	4,000	9,000	30,000	12,100	3,190	49,800	25,775	16,250	22,790	20,870	24,520
<i>Chaetoceros</i> spp.	10	10	4,800	10	3,500	12,000	12,000	2,000	17,450	710	813	6,025	6,370	1,660	490
<i>Rhizosolenia</i> spp.	800	980	6,200	8,900	50	1,000	200	310	300	250	10	250	120	10	90
<i>Thalassiosira</i> spp.	1,100	1,900	2,200	10	8,200	500	2,200	870	1,770	413	900	140	16,270	1,140	1,390
<i>Leptocylindrus</i> spp.								3,000	2,680	510		960	540	160	290
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	10	10	2,400	10	1,500	2,000		2,180	140	230	1,090	2,850	1,160	430	1,300
<i>Eucampia</i> spp.						800		1,960	620	10		198	800	80	
<i>Detonula</i> spp.								1,190			550	46	180	150	160
<i>Stephanopyxis</i> spp.								990		80	140		20	20	40
<i>Ditylum</i> spp.									940	60	40	10	100	40	50
<i>Thalassionema</i> spp.										240	790	190	560	160	530
<i>Lauderia</i> spp.									750			115	80	30	100
<i>Guinardia</i> spp.										250	490	195	240	10	350
<i>Nitzschia</i> spp.											30	440	300	100	670
<i>Melosira</i> spp.												190	20		100
<i>Coscinodiscus</i> spp.												102	50	10	10
<i>Licmophora</i> spp.												10	60	40	50
<i>Actinopterychus</i> spp.													80	20	60
<i>Asteromphalus</i> spp.													50	120	
<i>Asterionellopsis</i> spp.													780	560	1,180
<i>Navicula</i> spp.													10	20	10
<i>Bacillaria</i> spp.													60		
<i>Cymbella</i> spp.														20	
<i>Pleurosigma</i> spp.														10	70
<i>Odontella</i> spp.														160	70
<i>Dactyliosolen</i> spp.															20