

有害渦鞭毛藻カレニア・ミキモトイと本種赤潮が頻発する海洋環境の 最新技術を利用した調査

三宅陽一¹, 外丸裕司¹, 坂本節子¹, 関信一郎², 平井真紀子²,

三門哲也², 吉江直樹³

¹水産機構水技研, ²愛媛水研セ, ³愛媛大沿岸セ

研究目的

近年、宇和海では有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* の赤潮による養殖魚介類への被害が頻発しており、2012年には12億円以上の甚大な漁業被害が報告されている。赤潮被害を軽減するためには、有害藻類・海洋環境を対象としたモニタリングとそのデータに基づく赤潮発生予察が重要となるが、モニタリングには多大な労力が必要とされるため、漁業者の高齢化や県・国の財政状況により将来的に実施が困難になる可能性がある。また、様々な現象の予測には、世界的に人工知能の利用が広がっているが、その開発にはビッグデータが必要であり、時空間的に密な調査が求められる。すなわち、赤潮被害軽減対策の継続とその改善には、モニタリングに伴う労力の削減とビッグデータの確保という一見正反対の方向性をもつ課題を解決しなくてはならない。これには、モニタリングの簡素化や自動化につながる調査技術（最新観測機器等）の導入が必須となる。そこで本研究では、調査実習船を利用することで *K. mikimotoi* の細胞密度とともに本種赤潮が頻発する海洋環境を従来・最新技術により調査し、本種と環境の空間的変化の把握や最新技術の評価を行うことを目的とする。現在の *K. mikimotoi* の調査は採水・検鏡が基本であるため時間がかかり、さらに水平分布を重視しているため鉛直分布の把握は不十分である。本研究では、最新機器を用いて鉛直分布も詳細に調査することで、宇和海における個体群動態や分布拡大過程の理解につながる可能性がある。また、本研究で用いる技術は、従来のもの（検鏡・栄養塩測定等）に加え、*K. mikimotoi* の分布には、有害プランクトン検出センサー、計量魚探、定量PCR（低密度時）、その他植物プランクトンには多波長励起蛍光光度計（クロロフィル濃度・種組成・現存量等）、栄養塩には硝酸塩センサーを用いる。モニタリングの労力削減とビッグデータの確保は、水産業界全体が現在抱えている課題であり、最新技術の評価はその解決への第一歩となることが期待できる。

研究内容

2019～2020年は調査予定期間中に *K. mikimotoi* 赤潮が発生せず、調査が未実施であったことから、本年は *K. mikimotoi* 赤潮が発生しない場合でも実施可能な計画を用意した。しかしながら、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴う規制等により、本年も調査を実施することはできなかった。そのため、本海域周辺にお

いて入手可能なデータを解析することとした。

研究成果

本年は、宇和海を含む豊後水道において *K. mikimotoi* 赤潮（1,000 細胞/mL 以上）は発生しなかった。本報告書では、赤潮の非発生要因について検討する。

宇和島湾の調査点における *K. mikimotoi* の細胞密度の推移を図 1 に示す。本種は、5 月 31 日に湾奥の調査点⑥（第二出荷場）において初認され、6 月 21 日に来村川河口近くの調査点⑮（戎山）で最高細胞密度の 19 細胞/mL に到達し、9 月 14 日の調査点⑥における 0.01 細胞/mL を最後に認められなくなった。本年は、全期間・調査点において低細胞密度で推移しており、*K. mikimotoi* が赤潮化しにくい環境にあったものと考えられる。春季に豊後水道において大規模な暖水波及（急潮）が発生した場合、本研究対象海域における *K. mikimotoi* の細胞密度が希釈されて赤潮の発生に影響が及ぶ可能性が指摘されている（鬼塚ほか、2021）。急潮は鉛直混合の弱い夏季の小潮を中心に発生するが（武岡、2020）、本年は冬季において大規模な暖水波及が発生したため、その特徴について報告する。

都井岬及び足摺岬から黒潮流軸までの距離の推移を図 2 に示す。黒潮は、1 月には接岸傾向にあり、2 月後半から 3 月にかけて最長で 100 海里以上離岸した後に再度接岸傾向を示した。都井岬と足摺岬では、流軸までの距離の変動に時間差が認められることから、九州沖で黒潮の小蛇行が発生し、それが北上したと考えられる。黒潮の接岸や小蛇行の発生・通過に伴って沿岸域に黒潮系暖水が波及した可能性が考えられるため、本海域における水温分布について検討する。

冬季（1～4 月）における黒潮域を含めた旬平均表層水温の分布（図 3）から、1 月下旬には 20°C の等温線が足摺岬に接近している様子が認められ、前述のとおり黒潮が接岸したのと考えられる。沿岸水温が高いため、この時期の暖水波及は本図からは明らかではないが、2 月下旬には九州沖に黒潮の小蛇行が発生し、その北上に伴って黒潮系暖水が豊後水道に進入した様子が認められる。これは、都井岬・足摺岬沖において黒潮離岸距離の変動に時間差が認められたことと整合する。

豊後水道北部における海面水温偏差（30 年間平均値からの差）を図 4 に示す。本年の水温偏差から、1 月の後半から 4 月前半にかけて豊後水道北部の水温が平年よりも高く推移していたことが示された。これは外洋からの暖水の到達を示唆するものである。2 月の初めから 4 月末まで、水温偏差が約 2 週間周期の変動を示し、概ね大潮時に値が上昇している（4 月上旬は小潮）。これは大潮に合わせて暖水が豊後水道北部に到達していることを示唆している。なお、2 月には大潮だけでなく、小潮付近にも水温偏差の上昇が認められた。本研究結果のような周期性は認められないが、鬼塚ほか（2021）も 5 月における大潮付近の急潮発

生を報告している。水温の日間平均衛星画像（海上保安庁ホームページ：https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN6/2_kaisyu_new/MCSST/eisei.html）からも、冬季の大潮時に暖水が北上する様子を確認することができる。

K. mikimotoi のシストは国内では発見されておらず、増殖に適さない水温の時期でも遊泳細胞として存在しているものと考えられる。豊後水道で暖水波及が発生すると、その遊泳細胞からなるシードポピュレーションが希釈されるため、本年は赤潮が発生しなかった可能性が考えられる。また、豊後水道の中・北部の急潮は混合の強い時期には発生しにくいと考えられているものの(武岡, 2020)、本年は強い鉛直混合を示す時期（冬季・大潮）でも約半月周期の暖水波及が認められた。このような豊後水道における冬季の海況が、*K. mikimotoi* 赤潮の非発生要因のひとつとなっているものと考えられる。

成果発表

なし

今後の問題点

本年は、赤潮非発生の場合でも実施可能な内容であったが、前述の理由により実施できなかった。今後は、現場調査が実施できない場合でも進めることが可能な研究計画が必要である。

引用文献

- 鬼塚剛，鈴木健二，吉江直樹，平井真紀子，竹中彰一，吉原勇作，大西秀次郎，清水園子，竹内久登，太田耕平，外丸裕司，坂本節子，阿部和雄，山口聖，紫加田知幸，山口一岩，武岡英隆（2021）宇和島湾およびその周辺海域における有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* の出現特性：赤潮発生年と非発生年の比較. 日本水産学会誌, 87, 144-159.
- 武岡英隆（2020）豊後水道の急潮と底入り潮. 沿岸海洋研究, 58, 19-43.

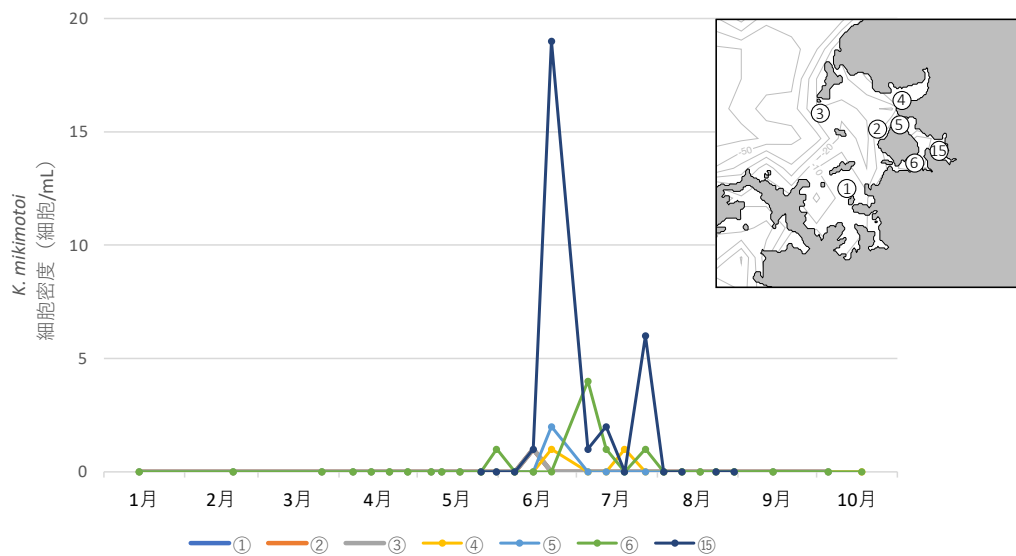


図 1. 宇和島湾内の調査点における *Karenia mikimotoi* 細胞密度の推移
折線は調査点①～⑥及び⑮（右上地形図）における細胞密度の推移を示す。細胞密度は、愛媛県ホームページ (<https://www.pref.ehime.jp/h35115/akasio/akasio.html>) で公表されているデータを用いた。

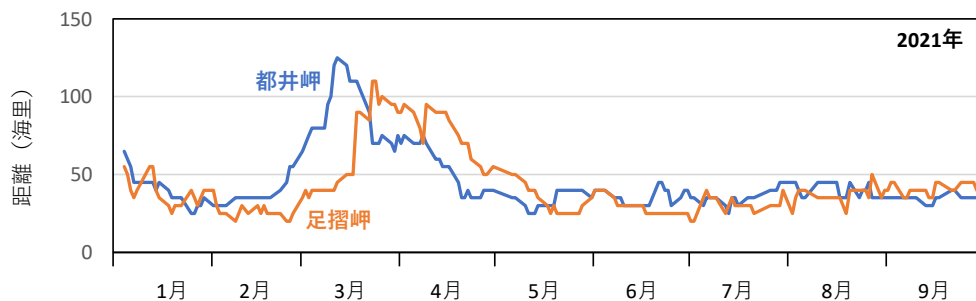


図 2. 都井岬・足摺岬から黒潮流軸までの距離の推移
地点別流軸距離は、海上保安庁ホームページ (<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/kurosio-num.html>) で公開されているデータを用いた。

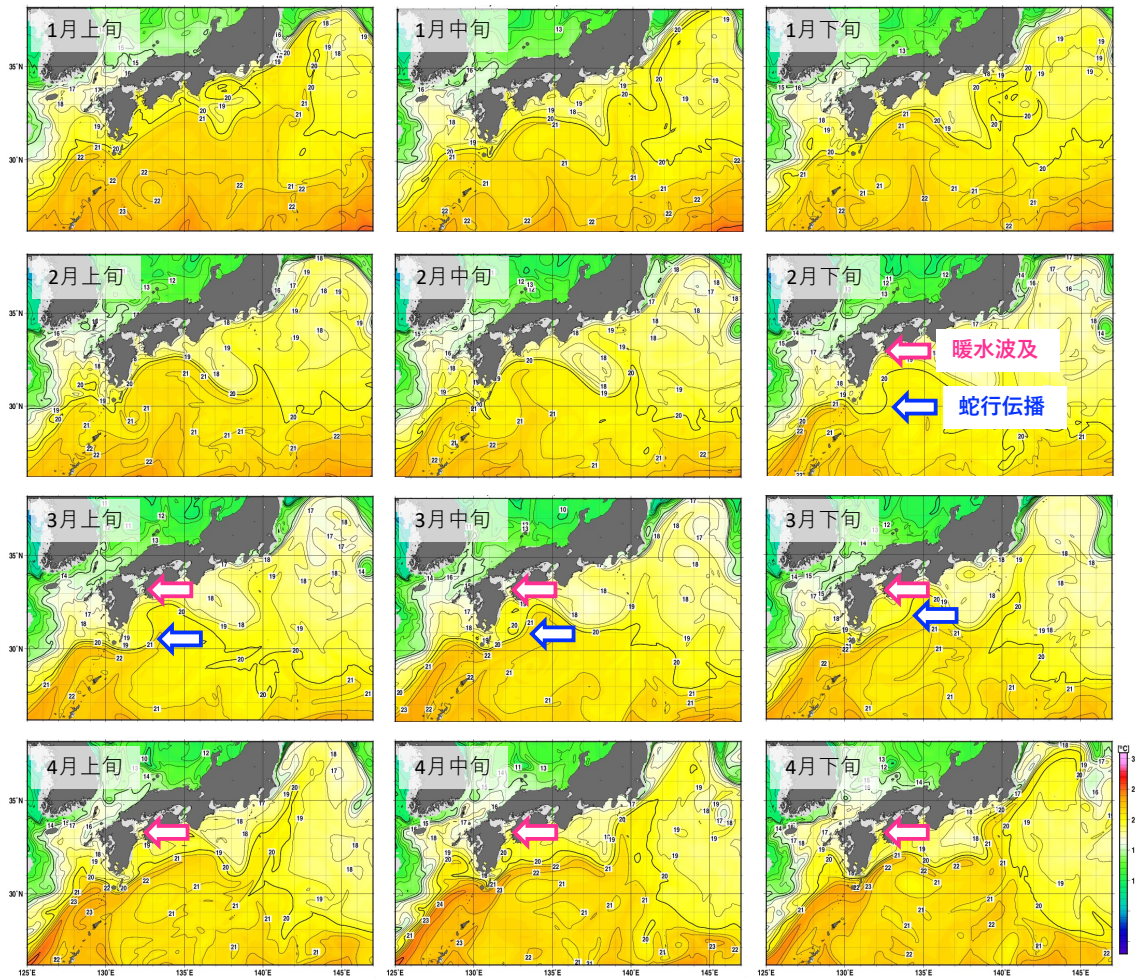


図3. 冬季の豊後水道における暖水波及と黒潮の小蛇行伝播

旬平均表層水温図は、気象庁ホームページ (https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaikyou/data/db/kaikyou/jun/t100_HQ.html?areano=2) から入手した。

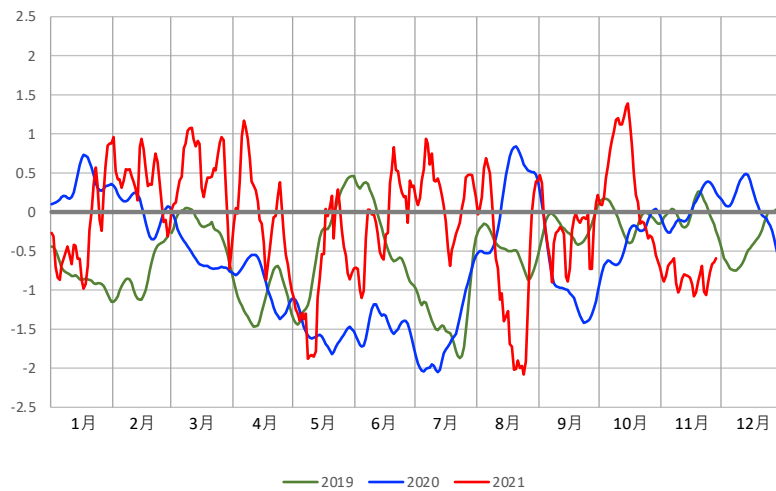


図4. 2019～2021年における豊後水道北部の海面水温偏差

海面水温偏差は、気象庁ホームページ (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaikyou/data/db/kaikyou/series/engan/engan519.html>) で公開されているデータを用いた。