

北海道において発生したカレニア赤潮について

水産技術研究所 環境・応用部門 環境保全部 有害・有毒藻類グループ
水産物応用開発部 安全管理グループ
水産資源研究所 水産資源研究センター 社会・生態系システム部 沿岸生態系寒流域グループ
海洋環境部 寒流第1グループ
水産大学校

研究の背景・目的

- 2021年9月13日、水産研究・教育機構釧路庁舎内の飼育生物が大量死していることが確認されました。その原因を探るため、周辺の海水を調べた結果、有害赤潮プランクトンであるカレニア属プランクトンが複数種確認されました。その後、北海道道東沿岸でウニや定置網中のサケ等が多数被害にあっていることが続々と報告され始めたため、水産研究・教育機構の水産技術研究所、水産資源研究所及び水産大学校が共同で調査・研究を開始しました。
- 優占種であることがわかったカレニア・セリフォルミス（以下、セリフォルミス）の分布状況を明らかにするために、北海道太平洋沿岸において細胞密度等の調査を行いました。
- セリフォルミスの有害性を調べるため、各種毒性診断を実施するとともに、魚介類に対する暴露試験を行いました。
- セリフォルミスの発生起源や輸送経路を推定するため、粒子追跡解析を実施しました。

研究成果

- 2021年9月、漁業被害が報告され始めた当初は、セリフォルミスに混在してカレニア・ミキモトイ（以下、ミキモトイ）など他のカレニア属、さらにタカヤマ属の一種等のカレニア科のプランクトンが低密度

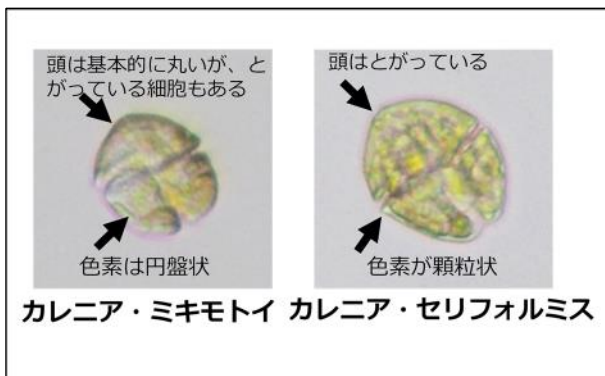


図1. カレニア・ミキモトイ及びカレニア・セリフォルミスの形態比較

で観察されました。その後、被害の拡大につれ周辺海域においてセリフォルミスが優占していることが明らかとなり、本種が漁業被害の主な原因種であると考えられました。

調査の結果、優占種であることがわかったセリフォルミスの形態の特徴としては、西日本で毎年のように漁業被害を引き起こすミキモトイと比較すると、特に色素の形状がミキモトイでは円盤状であるのに対して、セリフォルミスでは顆粒状であること等が挙げられます（図1）。

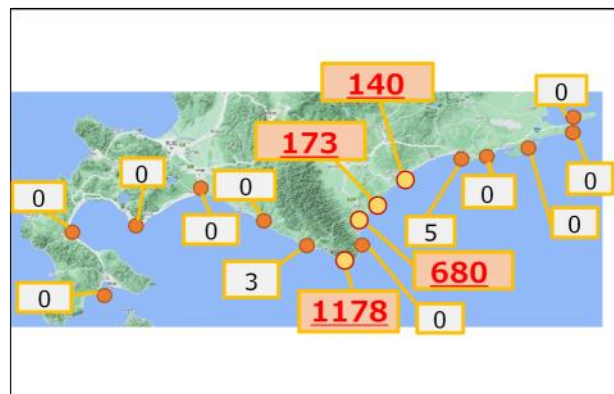


図2. 北海道太平洋沿岸、根室より函館にいたる16地点の表層におけるカレニア・セリフォルミスの細胞密度（細胞/mL）。

2021年11月1日から3日にかけて、北海道太平洋沿岸の根室港から北斗漁港にいたる範囲の16地点におけるセリフォルミスの生息密度及び栄養塩濃度を調査しました。その結果、帯広沿岸から襟裳岬にかけて赤潮状態（海水が緑灰色に着色し泡立つ等）となっていることが明らかとなり、特に襟裳岬漁港では細胞密度が1mLあたり1,000細胞を超えていました（図2）。また、プランクトンの増殖に必要な栄養塩である溶存態無機窒素やリンは十分存在していました。なお、現場の赤潮海水について、カレニア属が産生する毒成分（ギムノジミン及びブレベトキシン）を高速液体クロマトグラフィー質量分析により分析しました

が、いずれの物質も検出限界以下でした。

2. セリフォルミスの毒性の特徴を明らかにするため、ウサギの血球を用いた溶血活性を調べました。溶血活性試験は、赤潮プランクトンの毒性の強さを調べる一手法で、一定量のウサギ赤血球に細胞密度を変えたプランクトンを添加して、どのくらいの細胞密度で赤血球の溶血（破裂）が生じるか調べます。試験の結果、ミキモトイと比較して100倍以上セリフォルミスの毒性の方が強いことが明らかになりました（図3）。また、様々な細胞密度のセリフォルミスを添加したビーカーにヒメダカを入れ、6時間後の生残率を調べる暴露試験を行いました。試験の結果、1 mL あたり約3,600細胞の密度があると、2時間程度で全てのヒメダカが死に至ることが明らかになりました。さらに、遠心分

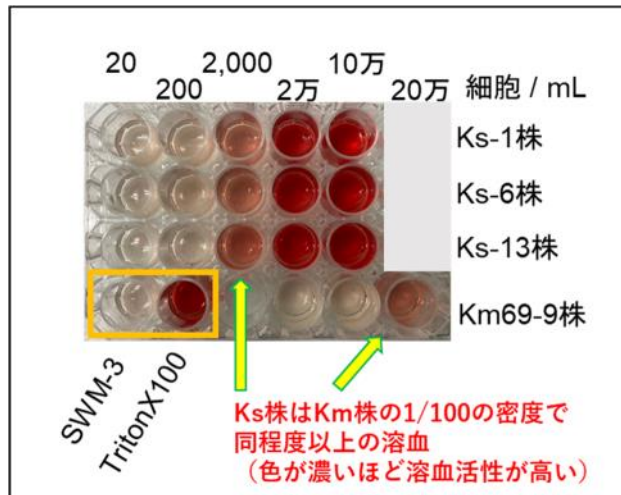


図3. カレニア・セリフォルミス (Ks) 培養株3種類及びカレニア・ミキモトイ (Km) 培養株の溶血活性。SWM-3 (陰性対照で溶血なし) ; TritonX100 (陽性対照で溶血)。

離により細胞を取り除いた培養液に主に毒性が認められたことから、本種は細胞外に毒性因子を放出していることが示唆されました。

また、北海道立総合研究機構等の協力を得て、十勝海域や釧路海域で採取したセリフォルミスを含む赤潮海水を用いて、水産有用種であるマガキ及びホタテガイの種苗への暴露試験を行いました。その結果、いずれの種もセリフォルミスが1 mL あたり1,000細胞の密度では影響は軽微でしたが、3,000細胞では死亡が認められるようになり、10,000細胞では全ての個体が死亡しました（図4）。死亡が観察された細胞密度は、今回の調査結果から、現場でもその集積状態によっては十分起こり得ます。昨年の赤潮被害ではサケやウニ

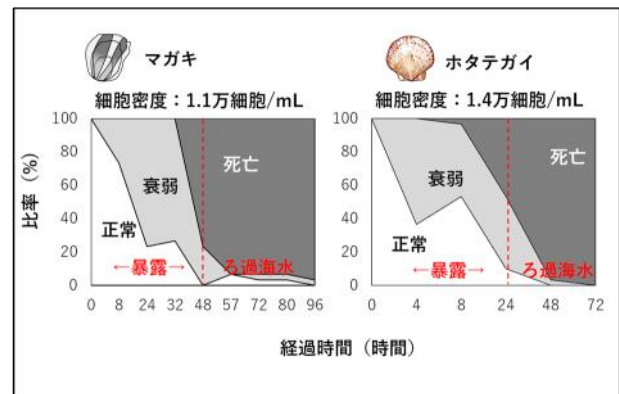


図4. カレニア・セリフォルミス暴露によるマガキ及びホタテガイの生残率の推移。マガキは48時間、ホタテガイは24時間の暴露を行った後に清浄なる過海水での経過観察を行った。

が顕著であったため、二枚貝の被害については十分な情報整理が進んでいませんが、さらなる被害情報の精査や、今後の赤潮発生に向けた警戒が必要です。

3. セリフォルミスの起源と輸送経路について、粒子と海流の関係をシミュレーションする粒子追跡という手法で推定しました。道東沿岸の赤潮発生域に到達する粒子について逆追跡を実施した結果、日本海から宗谷海峡、オホーツク海を経由し道東沿岸にいたるルートが推定されました。道東沿岸での赤潮発生当初に低い細胞密度で観察されたミキモトイについては、西日本の日本海側でも発生の報告例があることから、日本海を経由してきた可能性が考えられました。なお、2020年秋にも東カムチャツカ沿岸でセリフォルミスの大発生が確認されています。広域かつ長期の逆追跡では、東カムチャツカやサハリン東岸に由来する経路も推定され、これらのルートをたどって本種が道東沿岸に到達した可能性も考えられました。ただし、この場合、道東沿岸への到達には4ヶ月以上かかり、また2020年秋に東カムチャツカ沿岸で発生した赤潮がその1年後に道東沿岸に到達する割合は僅か0.3%程度でした。2021年秋の大発生を説明するためには、セリフォルミスの由来に加えて、増殖特性も考慮した環境要因の解明が今後必要になります。また、道東沿岸で発生した赤潮がどこまで到達するかという予測も行いました。解析の結果、道南太平洋への輸送の可能性は低いという結果が得られましたが、気候の予測値を様々な変えたシミュレーション結果の一部で三陸沿岸への輸送も予測されたため、今後の北海道太平洋沿岸での赤潮発生時には東北沿岸でもその発生を監視していく必要があると考えられました。

波及効果

1. セリフォルミスが生物に悪影響を及ぼす細胞密度が明らかになったことから、得られた結果をもとに、本種による赤潮の警報基準等の策定に適用が可能です。
2. 粒子追跡によって赤潮発生により正確な予測が可能となったことで、事前対策による被害軽減が期待できます。

本成果が記された論文

Kuroda *et al.* (2021) *J. Mar. Sci. Eng.* **9**: 1335

DOI: 10.3390/jmse9121335

Iwataki *et al.* (2022) *Harmful Algae* **114**: 102204

DOI: 10.1016/j.hal.2022.102204