

$$\text{窒素量} = \text{Area} \times \text{Depth} \times \text{CHL-a} \times \alpha \quad (1)$$

ここで Area は赤潮が発生した面積で、図 5 より水平距離、距岸距離をそれぞれ 90 マイル、20 マイルとした。Depth は *K. selliformis* が分布する深度帯で、赤潮発生時の調査結果 (図 6) を参照し、10m とした。CHL-a は赤潮の平均的なクロロフィル a 濃度で、図 6 に示す深度 10m 以浅のクロロフィル a 濃度の断面平均値とした。α はクロロフィル a 濃度から窒素量を換算する係数で、本研究では 10 倍とした。計算の結果、赤潮形成により消費された窒素量は 3,145 トンと見積もられた。

*K. selliformis* のミニマムセルクォータ (CQ) の算出には、2021 年の道東沿岸における赤潮モニタリング結果から得られた *K. selliformis* 出現細胞数とクロロフィル a 濃度との関

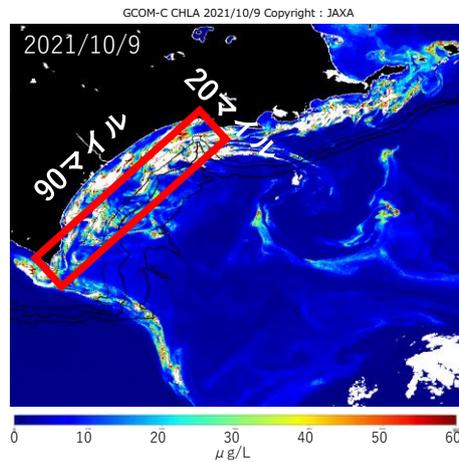


図 5 2021 年 10 月上旬における衛星クロロフィル a 濃度の水平分布。

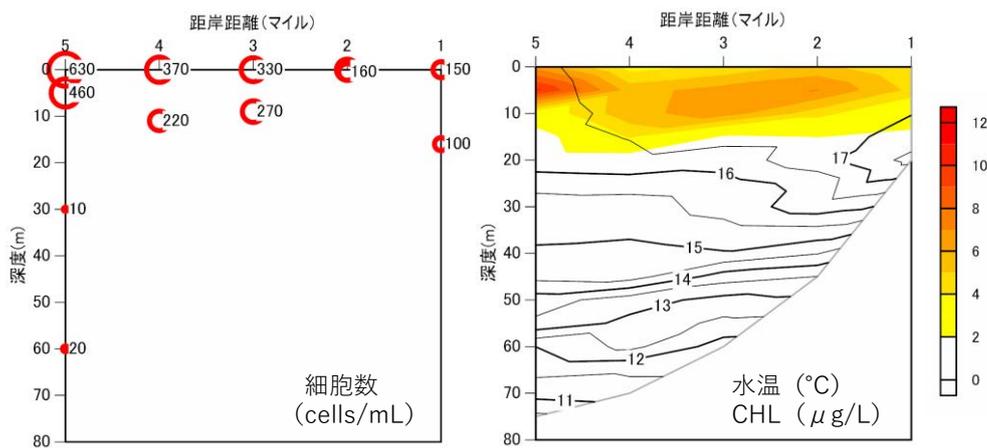


図 6 様似町冬島沖赤潮プランクトン臨時調査結果 (2021.9.29)  
(左) *Karenia selliformis* 細胞数 (右) 水温とクロロフィル a 濃度 (陰影)

係を利用する（図7）。*K. selliformis*のミニマムセルクオータは次式により計算できる。

$$CQ = N \cdot C^{-1} \quad (2)$$

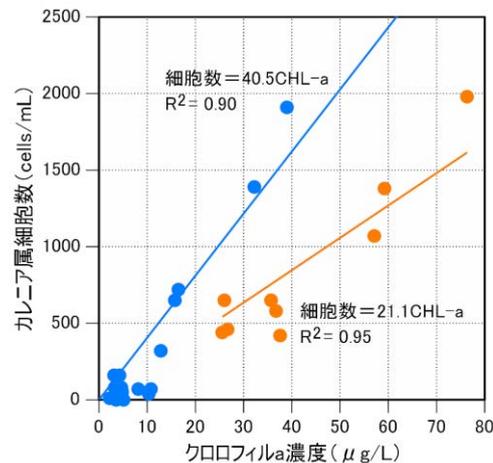


図7 クロロフィル a 濃度と *K.selliformis* 細胞数との関係。

ここで、N は *K. selliformis* が増殖に使用した窒素量、C が *K. selliformis* の細胞数である。なお、*K. selliformis* が増殖のために摂取した窒素量は前述同様にクロロフィル a 濃度の 10 倍と仮定した。一例として、クロロフィル a 濃度が 8 μg/L の場合を考える。この時 *K. selliformis* が増殖に使用した窒素量 (N) は 80 μg/L となり、*K. selliformis* の細胞数 (C) は図 7 の回帰式 (細胞数=40.5CHL-a) から 324cells/mL と求められる。計算の結果、*K. selliformis* のミニマムセルクオータ (CQ) は 17.6pmol/cell と見積もられた。

道東大規模赤潮の形成に河川水の影響を検討するため、十勝川の諸次元について整理する。十勝川河川プルームの距岸距離は融雪期には約 5 マイル、夏季に約 2.5 マイルとされている (工藤、私信)。十勝川からの窒素輸送量は年間 9,660 トンで、大雨イベントによる輸送量は年間輸送量の 8% とされている (三浦、2006)。2021 年 9 月 18 日には大津、広尾で 80~100mm の降水量があり、この知見をもとに窒素供給量を計算すると 773 トンとなる。先に示した赤潮形成により消費された窒素量は 3,145 トンであり十勝川由来のそれよりも多い。したがって、2021 年道東赤潮は基本的には海域の栄養塩を消費して発生したと考えられる。

### *K. selliformis* 赤潮の消滅メカニズム

図 3 から、*K. selliformis* の出現数は 2021 年 11 月 14 日以降では一例を除いて 500cells/mL を超えることはなかった。道東では 11 月 13 日頃から風速 10m/s 以上の西風が連吹し、その状況は約 2 週間持続した (図 8)。西風が吹くとエクマン輸送により沿岸の表層水は沖合へ輸送される。*K. selliformis* 出現細胞数の極度な低下と強い西風が連吹した時期が一致することから、気象擾乱に起因して *K. selliformis* が消滅したと推察する。

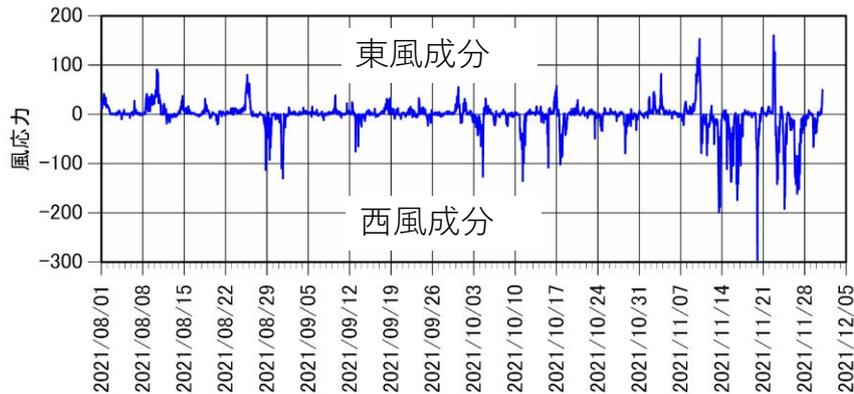


図8 釧路における風応力（風速の2乗値）の時間変化。

## 2) 現場観測によるシナリオ検証

### *K. selliformis* 赤潮の発生メカニズム

2022年7月から9月にかけて調査船を用いた *K. selliformis* 分布調査では、*K. selliformis* は全ての調査地点で検出されなかった。また、2022年6月から11月にかけて、大津漁港および十勝港において実施したモニタリングでは、*K. selliformis* は検出されなかった。加えて、北海道が実施している沿岸モニタリング(2022年6月～11月)においても本種の出現は確認されなかった。さらに、釧路管内の桂恋漁港では、2022年1月に本種が確認された以降は未検出である（水産機構 未発表データ）。以上のことから、1) で考察したとおり *K. selliformis* の発生タイプは移流型であり、2022年の北海道沿岸への新たな到来は無かったと考えられる。

一方、*Karenia* 科のうち *K. mikimotoi* と *Takayama sp.1* がわずかに出現した（図9）。また、赤潮原因種として知られている *Akashiwo sanguinea* と *Polykrikos spp.* が優占するケースが認められた。

*K. mikimotoi* は2021年の赤潮にも出現していたが、函館湾では低水温により越冬でき

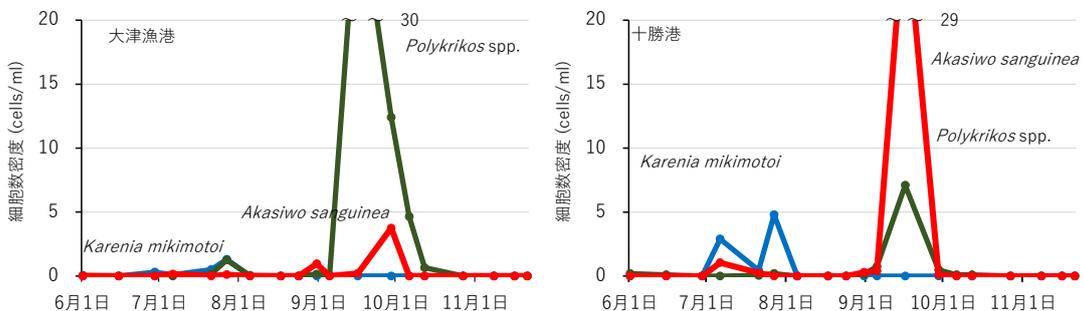


図9 大津漁港と十勝港における *K. mikimotoi*, *Akashiwo sanguinea* および *Polykrikos spp.* の消長。 *Takayama sp.1* は6/26に痕跡的に出現したので、グラフに示していない。

ないことが知られているため、さらに厳寒な十勝沿岸では越冬できないと考えられる。2022年の沿岸モニタリングでは、*K. mikimotoi*は根室・釧路・十勝・日高で7月中旬から8月上旬にわずかに出現した(北海道 未発表データ)。また、釧路管内の桂恋漁港では*Km*は6月下旬に出現した(水産機構 未発表データ)。函館湾では*K. mikimotoi*は9月に出現し、数カ所で赤潮を形成した(水上他、2022)。これまでの研究では石狩湾で5月、オホーツク海、知床沖の宗谷暖流水域で7月に*K. mikimotoi*の出現が確認されている(嶋田、私信)。このことより、*K. mikimotoi*は対馬暖流・宗谷暖流に乗って比較的早い時期から日本海・オホーツク海に到来しており、それが沿岸親潮等により輸送され、太平洋の沿岸部、港湾部にて検出されたと解釈できる。

ところで、上記の発生タイプを考慮すると、赤潮の発生予察には海洋の循環系を網羅した監視体制が有効である。赤潮域はクロロフィルa濃度が非常に高いという特性を利用すれば、蛍光センサーを搭載した人工衛星の活用が期待される。そこで、このような背景のもと、道総研では人工衛星 GCOM-C が観測したクロロフィル a 濃度の画像を掲載するサイトを構築した(図 10)。

道総研

衛星画像情報 @ 海洋環境グループ  
satellite imagery @ Marine Environment Group

★HOME★ GCOM-C 準備中 準備中 準備中 LINK集

★HOME★

このサイトでは、北海道周辺海域(日本海、オホーツク海、太平洋)の水温やクロロフィルa濃度(植物プランクトン量の指標)の衛星画像を掲載しています。  
当サイトは道総研中央水産試験場資源管理部海洋環境グループが運用しています。

NEWS

2022年11月16日	2018年以降の GCOM-C (しきさい) 衛星画像を更新し、昼平均水温を追加しました。
2022年08月31日	GCOM-C 衛星画像の更新を再開しました。
2022年08月29日	8月27日以降の GCOM-C 元データが更新されていない為、このHPでの更新も停止しています。
2022年07月11日	2019年以降の GCOM-C 衛星画像を公開しました。

GCOM-C (しきさい) 衛星画像 <<< 他の画像はコチラ

昼平均の水温  
2018年07月09日

一日平均の水温  
2022年04月13日

一日平均のクロロフィルa濃度  
2018年08月08日

Copyright: 海洋環境グループ

図 10 道総研中央水試が提供する衛星画像情報サイト  
<https://hro-fish.net/satellite/index.html>