

海洋熱波に対する沖合生態系脆弱性の包括的評価



研究代表者	東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・教授	
	高橋 一生（たかはし かずたか）	研究者番号：00301581
研究課題情報	課題番号：24H00075	研究期間：2024年度～2028年度
	キーワード：地球温暖化、海洋生態系、食物連鎖、物質循環、生物多様性保全	

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の背景

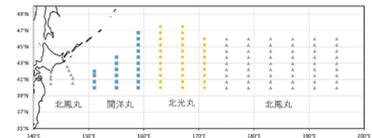
近年、海水温が極端に高い状態が5日以上連続する「海洋熱波」と呼ばれる現象が世界各地で頻発している。海洋熱波は、自然な周期で生じる海水温の上昇が、海洋の温暖化により極端な形で顕在化した結果であると考えられており、気候変動の影響が世界中に広がるにつれ、その頻度と強度は増加の一途を辿っている。海洋熱波の深刻な点は、水温上昇や酸性化などの長期的に徐々に進行する環境ストレスと異なり、ごく短期間で生物群集構造に劇的な変化を引き起こし、さらにその影響がその後何年も継続するという特長にある。これは、海洋熱波による強烈な環境ストレスによって優占種が交替した生態系が、海洋熱波収束後も元の状態に戻らない、すなわち生態系が転換点（tipping point）を超えて別の位相へとジャンプしてしまうことを意味しており、この推測が正しいとすれば、現在の海洋生態系は海洋熱波の頻発によって私たちが全く知らない形へと急激に変化している可能性が高いと考えられる。海洋のもつ生態系サービスの恩恵を持続的に享受するためには、海洋熱波に対する生態系の応答を定量的に把握し、その影響を正確に予測したうえで、的確な緩和策、適応策を講じていくことが必要だ。

これまで海洋熱波が生態系に与える影響調査は主に沿岸域で研究されてきた。これらの研究結果から海洋熱波は、サンゴ礁、海藻・海草藻場など、他の生物種に生息の場、餌、隠れ場などを提供し生態系の基盤を成す種（基盤種）に致命的な打撃を与えることによって種多様性を著しく低下させ、生態系全体を崩壊させることがわかってきた。一方、海洋面積の90%を占める沖合生態系において海洋熱波がどのような影響を与えるのか、という点については十分に理解されていない。これは、調査機会に限られることに加え、生態系構成要素が1mmの1/100以下の植物プランクトンから10mを超える鯨類まで多様であること、さらにこれらの要素が様々な時空間スケールで変動するため、その群集変化の全体像把握が困難であること、等の理由に起因する。以上の理由から沖合生態系での海洋熱波の影響を把握には、新規広域観測システムの確立と、これに基づき生物群集全体の応答を包括的に評価することが不可欠だ。

●研究の目的

本研究ではこの問題に対処するため、毎年夏季に三陸沖から沖合4500kmにおよぶ北太平洋移行域を、自動採水濾過装置を搭載した調査船3隻によって僅か1か月の間に一斉に観測し、広域高解像度環境DNA試料を採取する新たな観測システムを確立する。さらに、ここから構築される全ての栄養段階生物を網羅した生態系ネットワークと、同時に得られる海洋物理・化学データと併せて解析することで、沖合生態系の海洋熱波に対する脆弱性を包括的に評価することを目的とする（図1）。

サンマ資源量直接推定調査（水産研究教育機構）



- ・水産庁委託事業として毎年夏季（6～7月）に必ず実施
- ・三陸沖から西経165度までの北太平洋移行域を三隻で一斉観測



・連続自動採集濾過装置(左図)により毎回1300の環境DNA試料採集
・デジタルセンサーによる連続環境モニタリング

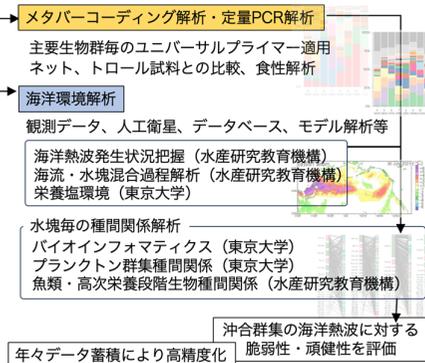


図1 研究計画のイメージ図

●研究海域の重要性

調査対象海域である、北太平洋移行域は、水産資源生産、温室効果ガス吸収、海洋生物多様性保全等、地球規模の多様な生態系サービスを担っていることから、北太平洋海洋科学機関(PICES)の主標的の海域に指定されている。我々はこの海域で近年海洋熱波が頻発していることを確認しており（図2）、本海域が担う多様な生態系サービスに影響を与えている可能性が高いと考えている。本研究によって高解像度で得られる生態系脆弱性（頑健性）の定量的評価データは、水産資源管理手法の開発、種多様性維持のための重要海域、重点保護種特定などの適応策や、CO₂排出削減のための政策、社会提言などの緩和策立案に直接貢献すると考えられる。さらに海洋総面積の90%を占める沖合域の海洋生態系変動機構を包括的に把握する手法確立の先駆けとなることで、グローバルコモンズである公海に対して世界各国が協働して講じるべき対策立案に大きく貢献することができると考えている。

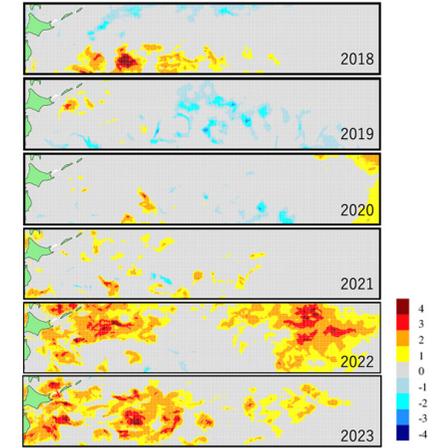


図2 調査海域7月中旬における海洋熱波発生状況（2018～2023年）

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●海洋熱波に対する北太平洋移行域生態系の脆弱性（頑健性）の包括的評価（図3）

公海における水産資源管理手法の開発、種多様性維持のための重要海域設定、重点保護種特定などの適応策、CO₂排出削減のための政策、社会提言などの緩和策立案に貢献する。

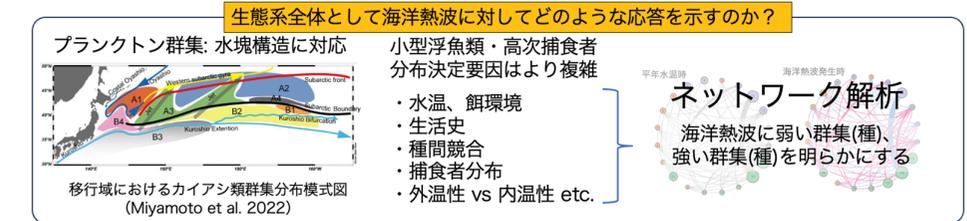


図3 評価結果提示例のイメージ図

●優占鍵種に対する海洋熱波の影響を定量的に理解

新たな資源変動予測モデル開発、有害藻類赤潮発生モデルの高精度化に寄与する。

- 1) 小型浮游魚類 環境DNAによる資源量推定手法開発
→ハプロタイプ（D-loop領域）解析による個体数定量化の可能性検討（図4）
- 2) 有害赤潮形成藻類（図5） 東京大学保有単離培養株のDNAライブラリーと照合
→海洋熱波発生が有害種広域分布に与える影響を評価



図4 本研究で適用を検討するHaCeD-Seq法 (Yoshitake et al. 2019)

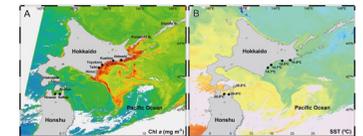
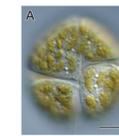


図5 2021年秋に北海道東沿岸に突如発生し甚大な漁業被害をもたらしたカリニア セリフォルミス（左）と発生時の人工衛星画像（右）：クロロフィルa濃度(A)、海面水温(B) (Iwataki et al. 2022)