

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：82706

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06902

研究課題名(和文) チャクチ海における海洋環境変動に対する低次生物の応答の評価

研究課題名(英文) Assessment of response of lower trophic level marine organisms to the environmental changes in the Chukchi Sea

研究代表者

藤原 周 (FUJIWARA, Amane)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・北極環境変動総合研究センター・技術研究員

研究者番号：00756489

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では近年北極海で観測されている海水減少や気候変動が海洋生物へ及ぼす影響に注目し、生態系を底辺から支える植物プランクトンとそれをエネルギー源とする動物プランクトンや底生生物の動態について調査した。植物プランクトンは秋季の大気擾乱イベントに連鎖して生じる海洋内部の変化に鋭敏に反応して増殖し、動物プランクトンのエネルギー源となることが明らかとなった。一方で、ホットスポットと呼ばれる北極海の海洋生物が特に豊かな一部海域において、海水が消失する期間の増加と共に増加する植物プランクトンが、海底へと沈降して底生生物の活動を支えることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：I focused on the influences of recent sea ice loss and climate change reported for the Arctic Ocean on marine ecosystem, especially for the oceanic phytoplankton and its consumers, such as zooplankton and benthic organisms. Phytoplankton immediately responds to the in-water environmental changes induced by atmospheric turbulence increasing its biomass in autumn. Zooplankton also responds to and grazes increased phytoplankton as its energy source. I also assessed the effect of interannual variability of primary production on benthic community in the "biological hotspot" site in the Arctic Ocean. I suggest that recent increase in the length of open-water period enhances annual primary production, and the pulsed production supports benthic community sinking efficiently to the sea floor.

研究分野：衛星海洋学

キーワード：植物プランクトン 衛星観測 北極海 環境変動

1. 研究開始当初の背景

近年の北極海における劇的な海水減少に伴い、物理および化学環境の変化を介して海洋生物の分布や種構成に大きな変化が現れている (Grebmeier et al., 2012 と引用文献) . 北極海の海水は今なお減少を続けており、生態系を含めた自然環境は引き続き大きな変化の最中にある。環北極海の国々を中心とした多くの大学や研究機関が、微生物から海棲哺乳類まで多岐にわたる生物を対象に、急速に進む海洋環境の変化に対する生物の応答について研究を行ってきた。研究代表者も太平洋側北極海の基礎生産者の変化についての研究にこれまで従事し、経年的な海水融解のタイミングの変化に伴う水温や栄養環境の変化から、植物プランクトン群集の分類群組成が変化することを明らかにした。

しかしながら、海水減少に対する海洋生態系全体の応答メカニズムを明らかにするには、栄養段階間のトップダウン・ボトムアップ効果を定量的に解明する必要があるにもかかわらず、そのような研究は世界的にもほとんどなされていない。低次生物についても同様であり、植物プランクトン分類群の組成や生産量の変化が、ボトムアップ的に二次生産者に与える影響についての知見は非常に少なく、特に太平洋側北極海では皆無に等しい。植物プランクトン群集の組成や生産量は、高次生物へのエネルギー転送効率を左右するため、基礎生産者-二次生産者間の関係を定量化することは非常に重要である。北極海の海水減少は、今後も継続することが確実視されているが、生態系モデルを用いた海洋生態系や物質循環の将来予測や、リスクの評価を正しく行うためには、対象生物だけでなく、栄養段階間の相互作用の定量的把握が必要不可欠である。

2. 研究の目的

以上を踏まえて、本研究では植物プランクトン群集に着目し、北極海における海水分布変動に対する植物プランクトンの分類群組成や生産力の応答、およびそれが二次生産者へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。しかしながら、物理環境や地形差の大きい北極海では、海域全体に一貫した知見を得るのは難しい。そこで北極海で最も生物生産が活発であるチャクチ海を研究対象海域とし、研究期間内に主目的にアプローチするため2つの研究課題(1)および(2)を設定した。

研究課題(1)低気圧起因の秋季ブルームが二次生産者に与える影響の評価

これまで、北極海の秋季の海洋表層は栄養塩が枯渇し、基礎生産は不活発であった。しかし近年の海水減少に起因する大気場の変化によって、低気圧活動が活発化している。低気圧活動により発生する強風は、海洋表層の成層を破壊し、表層への栄養塩供給の増加をもたらすため、局所的な秋季ブルームの発

生が増加している (Ardyna et al., 2014, 図1)。一方で、秋季ブルームの発生による植物プランクトン分類群の変遷や、二次生産者へのエネルギー転送への寄与は未知である。そこで課題(1)では、秋季低気圧イベント前後の植物プランクトン分類群の変遷と、二次生産者へのエネルギー転送を評価することとした。

研究課題(2) 秋季南部チャクチ海生物学的ホットスポットにおける底層低酸素水塊の形成要因の解明

チャクチ海南部陸棚域に位置するホーブ溪谷周辺海域(北緯 68 度 西経 168.5 度付近)は生物学的ホットスポット (Southern Chukchi Sea Hotspot; SCH) と呼ばれ、基礎生産由来の有機物が海底に直接堆積することで、底生生物の莫大な生物量を支える。堆積した有機物は底生生物によって酸素と共に消費される。そのため SCH では、例年秋季になるにつれ著しく底層酸素濃度が低下し、その値は大きな経年変動を示すことが分かっているが、その原因は分かっていない。本研究では底層溶存酸素濃度の経年変動の主要因は、海底に堆積する基礎生産由来の有機物量の変動であると仮説を立てた。この仮説を検証し、衛星リモートセンシングで観測する基礎生産量の経年変動から底生生物の活動の経年変動の評価を目指した。

3. 研究の方法

研究課題(1)について

2013 年に発生した秋季ブルーム期間前後の植物プランクトン分類群の変遷と、その変化要因について2週間の現場定点観測データ (Fig. A) を元に明らかにした。さらに、増加した植物プランクトンに対する優占種カイアシ類の捕食圧を解析し、秋季ブルームが越冬前のカイアシ類に及ぼす影響について捕食実験により評価した。

研究課題(2)について

現場観測で秋季 SCH 底層にみられる溶存酸素濃度(DO)の経年変動について、衛星リモートセンシングで観測した基礎生産量との関係を明らかにし、その変動プロセスについて生態系モデルを用いて定量的に評価した。

4. 研究成果

研究課題(1)について

定点 (Fig. A) では観測開始時に顕著な2層構造(上層:低塩・高水温, 下層:高塩, 低水温)を形成していた。二度の強風イベント (SWE1, SWE2) に遭遇し、SWE1 では内部波が駆動され、密度躍層の穏やかな破砕が起きていた。SWE2 では風による混合が密度躍層深度まで達し、表層混合層内の水温の低下および塩分の上昇を引き起こした。植物プランクトン色素組成から、観測当初は上層に珪藻類・ハプト藻類・渦鞭毛藻類が混在した群集

(Fig. B 濃灰色), 下層には珪藻類が優占する群集を形成していたが(Fig. B 黒色), SWE1の直後から密度躍層直上にて chl a 濃度の上昇と共に珪藻類の比率が増加した(Fig. B 濃灰色). さらに SWE2 後には表層混合層全体において珪藻類が優占する群集に変化した. 本研究で観測した強風は秋季チャクチ海陸棚域の成層を弱め, 下層から栄養塩を供給するに足るエネルギーを有しており, 小規模秋季ブルームの発生と共に植物プランクトン群集組成の変化を引き起こした. この小規模ブルームによる珪藻類の増加は, 越冬直前の動物プランクトンにとって重要なエネルギーとなる可能性がある. また, HPLC と蛍光スペクトルから推定した植物プランクトン群集分布の時系列変化はよく一致しており(Fig. B, C), 採水を実施しなかった定点周辺の 4 測点についても, 定点と同様に植物プランクトン群集組成の時系列変化を捉えていた. 従って, 定点で観測し海洋環境の変化および植物プランクトン群集組成の変化は, 別の水塊の移流ではなく, 強風に対する海域を代表した変化であると考えられる.

一方で, 動物プランクトン優占種 *Calanus glacialis* C5 について強風イベント前後で 2 度ずつ実施した捕食実験の結果, 植物プランクトンへの捕食圧が有意な変化を見せた. 本結果により, 秋季の局所的な強風イベントは植物プランクトンの増加・群集組成の変化をもたらし, さらに動物プランクトンのエネルギー源として転送されることを示した.

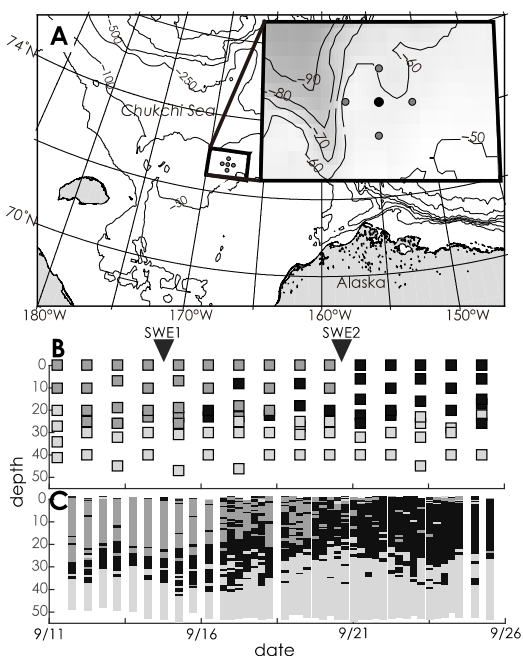


Fig. A) 本研究の観測点位置および拡大図. 定点 (黒点) から東西南北 16 km 地点に 1 日 1 回の CTD および多波長励起蛍光光度計観測を実施した点を設定した (灰色). (B)HPLC, および(C)多波長励起蛍光光度計から推定した色素比に対するクラスター分析により, 3

つに分類された植物プランクトン群集の時系列鉛直分布. 色の違いはクラスターの違いを表す. 黒色矢印はそれぞれ強風を観測した日付を表す.

研究課題(2)について

酸素消費の生物的過程に着目すると, 底層における溶存酸素濃度の消費量は, 水柱で生産され沈降してくる有機物量に比例すると予測される. 衛星を用いて見積もった秋季までの積算基礎生産量と現場の溶存酸素濃度の経年変動の間には有意な負の相関がみられ, 仮説通り基礎生産量の変化が底層への有機物供給や生物活動へ影響することが示唆された(Fig. D). 一方で, この酸素消費過程について理解を深めるため, 水柱 2 層+底層群集を表現した生態系モデルを用いた検証実験を行った. モデルの物理条件としての海水融解時期を変化させた結果, 海水融解時期の早期化 (開放水面期間の増加) と共に基礎生産量は増加した. さらに, 基礎生産量の増加は沈降する有機物量, およびそれをエネルギー源とする底層生物の生物量の増加をもたらし, 底層酸素濃度の消費量が増加することを示した(Fig. E). つまり, 海水融解時期の早期化とそれに伴う基礎生産量の増加によって, 秋季の SCH 底層酸素濃度が低下することがモデルによっても表現された. 本研究により, 秋季の SCH の溶存酸素濃度はその年の底層生物の活動の指標となることが示唆された. また, 近年 SCH 近辺海域で報告されている底層生物の種組成や生物量の変化要因は, 海水融解時期や基礎生産量の変化である可能性を示した.

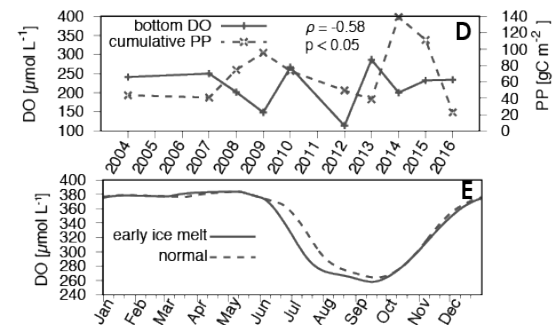


Fig. D) 秋季現場観測で得た SCH 測点の底層酸素濃度 (実線) と衛星観測で得た SCH 測点における春季から秋季の基礎生産量の時間積算値 (破線) の経年変化. (E) 生態系モデルによって表現された海水融解が早い年 (実線) と平年 (破線) における底層溶存酸素濃度の季節変化の比較.

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 5 件)

Amane Fujiwara, Shigeto Nishino, Toru Hirawake, Takashi Kikuchi, Interannual variability of bottom oxygen concentration and primary production in the southern Chukchi Sea biological

hotspot, Arctic Science Summit Week 2017,
2017/4/4, Prague, Czech Republic
Amane Fujiwara, Shigeto Nishino, Kohei
Matsuno, Jonaotaro Onodera, Yusuke
Kawaguchi, Toru Hirawake, Koji Suzuki,
Jun Inoue, Takashi Kikuchi, Monitoring
of in situ phytoplankton community
structure using multi-excitation
chlorophyll fluorometer, Ocean Optics
Conference 2016, 2016/10/27, Victoria,
British Columbia, Canada

Amane Fujiwara, Influence of sea ice
decline on phytoplankton community
structure, Japan-Norway Arctic Science
and Innovation Week 2016, 2016/6/2, 東京
国際交流館, 東京都江東区

藤原周, 西野茂人, 平譚享, 鈴木光次, 小
野寺丈尚太郎, 伊藤史紘, 川口悠介, 菊地
隆, チャクチ海陸棚域における秋季強風イ
ベント前後の植物プランクトン群集組成
の変化, 2016 日本海洋学会春季大会,
2016/3/16, 東京大学本郷キャンパス, 東京
都千代田区

藤原周, 西野茂人, 平譚享, 鈴木光次, 小
野寺丈尚太郎, 伊藤史紘, 川口悠介, 菊地
隆, チャクチ海陸棚域における秋季強風イ
ベント前後の植物プランクトン群集組成
の変化, ブルーアースシンポジウム 16,
2016/3/8, 東京海洋大学品川キャンパス,
東京都品川区

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 周 (FUJIWARA, Amane)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・北極環
境変動総合研究センター・技術研究員

研究者番号: 00756489