

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02705

研究課題名(和文) ベーリング海北部の環境変動と人間活動が高次捕食動物に与える影響の評価

研究課題名(英文) Impacts of environmental change and human activity on marine predators in the Northern Bering Sea

研究代表者

高橋 晃周 (TAKAHASHI, Akinori)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：40413918

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 27,800,000円

研究成果の概要(和文)：ベーリング海北部の環境変動と人間活動が海鳥類に与える影響を評価することを目的に、アラスカ・セントローレンス島の海鳥の行動生態を2016-2019年に調査した。ベーリング海の冬の海氷面積が記録的に少なかった2018、2019年には、海鳥の繁殖成績が極端に低下し、また成鳥の大量死が発生したことが明らかになった。海氷が少ない年には海鳥の血中のストレスホルモン濃度が高くなり、海氷の減少が食物網の変化を通じて海鳥の栄養状態に影響していることが明らかになった。GPS記録計で調査した海鳥の行動範囲は、島周辺に設定された船舶航行を回避すべき区域より大きく、今後の船舶航行増加の影響が懸念されることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ベーリング海北部では近年顕著な環境変動が見られ、また温暖化にともなう人間活動の増加が見込まれているにも関わらず、海鳥などの生態系の高次捕食動物に対する環境影響評価の知見は限られていた。また、海鳥は北極域で暮らす先住民にとって主要な食料源となっていることから、環境変動による海鳥への影響の評価は国際的な社会的関心が高い。近年の海氷の減少が海鳥の繁殖や栄養状態に負の影響を与えていることを明らかにした本研究の成果は、北極域の環境変動にともなう生態系への影響評価に対して学術的・社会的に大きく貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：To assess the impact of environmental change and human activity on seabirds in the northern Bering Sea, we conducted an ecological study of breeding seabirds on St. Lawrence Island, Alaska, during 2016-2019. We found that breeding successes of seabirds were markedly decreased in 2018-2019, in years of historic low winter sea-ice extent in the Bering Sea. A mass mortality of adult birds (especially thick-billed murres) was also observed in the summer of 2018. We also found that nutritional stress levels of seabirds were higher in years of lower winter sea-ice extent, suggesting that sea-ice decline affected the seabird foraging through changes in the regional food web. Foraging ranges of seabirds, determined by bird-borne GPS loggers, were larger than the shipping avoidance area set around the island, which raised the concern about possible effects of increasing ship traffic on breeding seabirds in this region.

研究分野：動物生態学

キーワード：海洋生態 海洋保全 環境変動 動物行動 バイオロギング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

北極域では近年急速な温暖化が進行し、海水面積が顕著に減少している。海水面積の減少にともなう、船舶航行などの人間活動も拡大しつつある。北極海とその周辺海域の中で環境変動や人間活動が生態系に与える影響が最も懸念される海域のひとつが、ベーリング海北部である。この海域は海水減少・水温上昇にともなう、植物プランクトンの生産性の増加や、従来この海域では見られなかった南方性の動物プランクトンや魚類の分布の拡大が観測されている(文献)。またこの海域には北極海と太平洋を繋ぐ唯一の水路であるベーリング海峡があり、ヨーロッパやカナダから北極海を経由してアジアや米大陸西岸へ向かう航路の要所となっている(図1)。こうした物理・生物環境や人間活動の変化は、ベーリング海北部の生態系高次捕食動物(海鳥類・海生哺乳類)に大きな影響を及ぼす可能性がある。しかし、ベーリング海における高次捕食動物研究は、これまでアクセスの容易な南東部海域に集中しており、北部海域での環境変動や人間活動がこれらの動物に与える影響を評価するために必要な生態的知見は乏しかった。

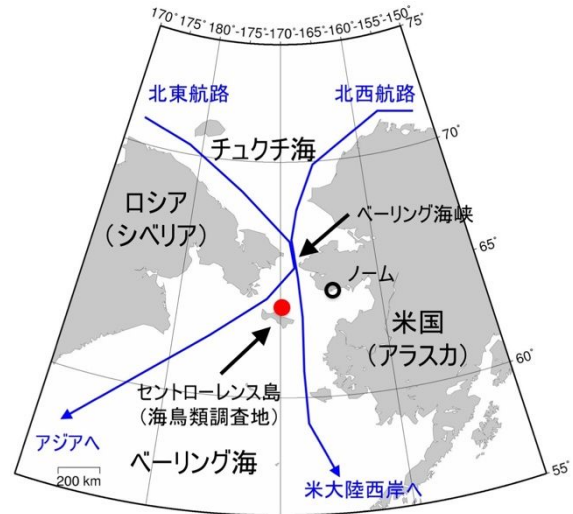


図1. 調査を実施したセントローレンス島の位置

2. 研究の目的

上記の背景をふまえて、本課題では、ベーリング海北部に位置するセントローレンス島で繁殖する海鳥類の行動生態を明らかにし、海水減少などの近年の環境変動と船舶航行などの人間活動が海鳥類に与える影響を評価することを目的とした。

3. 研究の方法

海鳥類の行動生態に関する野外調査を、2016-2019年の6-8月にかけてセントローレンス島で実施した。この島で繁殖する5種の海鳥(ウミガラス、ハシブトウミガラス、ミツユビカモメ、エトロフウミスズメ、コウミスズメ)を研究対象とした。これらの海鳥の繁殖地に調査区を設定し、繁殖成績(雛の巣立ちの成功率や調査プロットごとの繁殖数)を毎年モニターした。また親鳥を捕獲し、GPS記録計や照度記録計(照度から鳥の位置を推定するためのジオロケータ:文献)を装着・回収することで、海鳥の繁殖中の採餌行動圏や渡り・越冬海域を記録した。親鳥の捕獲時に、血液・羽根のサンプルを取得し、安定同位体分析による食性解析や血中のストレスホルモン濃度分析を行った。また捕獲時に親鳥が吐き戻した胃内容物や、雛に与えるために嘴にくわえてきた魚を観察して、餌の種類を調べた。

得られた海鳥の生態データと人工衛星により得られた北極域の海水面積の年変動・季節変動との関係を解析することで、環境変動が海鳥の生態に与える影響を調べた。また、海鳥の採餌行動圏や渡り・越冬海域と、船舶航行等の人間活動との重複を調べた。

4. 研究成果

(1) ベーリング海の海水減少が海鳥類に与える影響

調査を実施した4年のうち、ベーリング海の冬の海水面積は2018年に過去最小値を記録し、2019年も海水が少ない状況が継続した。海水状況と対応するように、海鳥の繁殖成績は2016年、2017年と比べて、2018年、2019年に極端に低下した(図2)。2016年、2017年に50%程度であったエトロフウミスズメ、コウミスズメの巣立ち率は2018年、2019年にはほぼ0%で、繁殖が2年連続で完全に失敗した。海鳥の血液中のストレスホルモン濃度は、冬の海水面積が少ない年ほど高い傾向があり、海水減少が海鳥の餌生物の分布や量の変化を通じて、海鳥の栄養状態・繁殖成績に影響を与えていることが示唆された。また2018年には、ハシブトウミガラスの成鳥が大量に死亡して島の海岸に死体が打ち上がる現象が確認され、栄養の不足にも関連した病気の蔓延が原因ではないかと推測された。

また今回の調査期間においてウミガラス類の餌生物は、ギンボ類等の底生魚が中心であった。1980年代にこの海域のウミガラス類の主要な餌であった海水依存性の魚類ホッキョクダラは出現せず、ウミガラス類の食性が温暖化に関連したベーリング海北部での魚類の長期的な分布変化の影響を受けていることが示唆された。



図2. 調査区でのウミガラスの繁殖状況の年変化

(2) ウミガラス類の渡り・越冬海域の特定とチュクチ海の家氷減少の影響

親鳥に装着した照度記録計の記録から、ハシプトウミガラスとウミガラスが渡り・越冬の期間中にセントローレンス島から2000-4500km程度離れた低緯度海域まで移動することが明らかになった。ハシプトウミガラスは繁殖終了後、一旦北上して9月-10月までをチュクチ海で過ごし、その後南下して2-3月をオホーツク海や日本海で過ごした。一方、ウミガラスはハシプトウミガラスとは渡りの移動パターンが大きく異なり、9-10月をベーリング海南東部で過ごした後、2-3月にはアラスカ湾や北東太平洋で過ごした。両種とも、繁殖期間中は島の海岸の崖で、ときには入り混じって繁殖しているものの、越冬海域は大きく異なることが示された(図3:文献)。

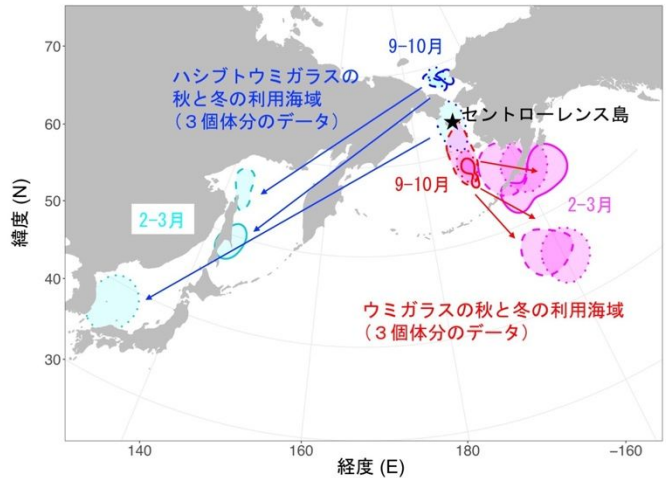


図3. ウミガラス類2種の秋・冬季の利用海域の違い

ハシプトウミガラスの翼の羽根に蓄積されたストレスホルモン濃度は、チュクチ海の秋の家氷面積が小さい年ほど高い傾向があり、チュクチ海の秋の家氷減少がこの時期に換羽を行うハシプトウミガラスの栄養状態に負の影響を与えていることが示唆された。

(3) 海鳥の行動圏と人間活動との重複

親鳥に装着したGPS記録計の記録から、繁殖期間中の海鳥の採餌行動圏は繁殖地から最大で約70kmの距離まで広がっており、国際海事機関(IMO: International Maritime Organization)によって島周辺に設定された、船舶航行を回避すべき区域を越えて移動していた(図4)。今後、船舶航行が増加することで、海鳥の採餌活動への影響が懸念され、島周辺の船舶航行回避区域の設定を拡大することが望まれる。また、ハシプトウミガラスの越冬海域はオホーツク海サハリン北東部の油田開発エリアと重複しており、油汚染等による潜在的な負の影響が懸念される。このように北極域で繁殖する海鳥は、北極域内での人間活動のみならず、渡りの期間中に低緯度域での人間活動の影響も受けることが示唆された。

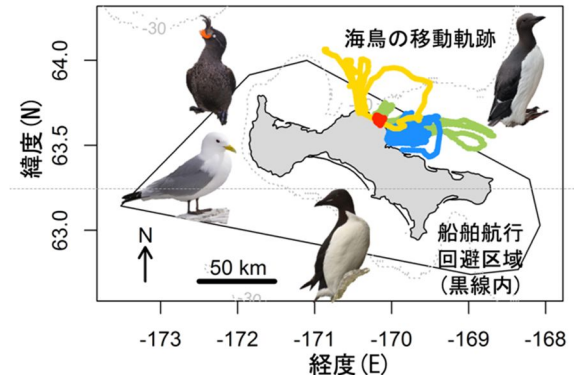


図4. 海鳥4種の採餌行動圏と船舶航行回避区域

(4) 得られた成果の国内外での位置づけとインパクト、今後の展望

本研究の成果は、環境変動や人間活動による生態系への影響が懸念されるベーリング海北部において、動物装着型記録計やストレスホルモン分析等の最新の研究手法をもちいて、海鳥の行動生態や環境変動の影響を詳細に明らかにした初めての研究である。特に、ベーリング海の冬の家氷面積が過去最小値を記録した2018年の前後に実施されており、今後の北極域の家氷減少が生態系に与える影響を予測する上で貴重な研究成果と位置づけられる。海鳥は北極域で暮らす先住民にとって主要な食料源となっていることから、環境変動による海鳥への影響の評価は国際的な社会的関心が高い。本研究の成果は、北極評議会の下に組織された「北極の動植物相の保存に関する作業部会(CAFF: Conservation of Arctic Flora and Fauna)」にも報告を行って高く評価されており、国際的なインパクトも大きい。共同で本研究を実施したアラスカ大学フェアバンクス校の研究チームによって、セントローレンス島での継続的な調査の実施が計画されており(ただし2020年の調査は新型コロナウイルス感染症のために中止)、今後もこの地域での継続的な環境影響評価の実施が期待される。

<引用文献>

Grebmeier & Waslowski (2014) The Pacific Arctic Region: ecosystem status and trends in a rapidly changing environment. 450p, Springer. DOI:10.1007/978-94-017-8863-2
 Takahashi et al. (2020) Polar Science, 印刷中.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 8件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takahashi A, Thiebot JB, Will AP, Tsukamoto S, Merkel B, Kitaysky A	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Breeding together, wintering an ocean apart: foraging ecology of the northern Bering Sea thick-billed and common murres in years of contrasting sea-ice conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Fleishman Abram B., Orben Rachael A., Kokubun Nobuo, Will Alexis, Paredes Rosana, Ackerman Joshua T., Takahashi Akinori, Kitaysky Alexander S., Shaffer Scott A.	4. 巻 53
2. 論文標題 Wintering in the Western Subarctic Pacific Increases Mercury Contamination of Red-Legged Kittiwakes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 13398 ~ 13407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.9b03421	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kokubun N, Takahashi A, Paredes R, Young RC, Sato NN, Yamamoto T, Kikuchi DM, Kitaiskaia E, Ito M, Watanuki Y, Will A, Lauth R, Romano MD, Kitaysky AS	4. 巻 593
2. 論文標題 Inter-annual climate variability affects foraging behavior and nutritional state of thick-billed murres breeding in the southeastern Bering Sea	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 195 ~ 208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps12365	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Orben RA, Kokubun N, Fleishman AB, Will AP, Yamamoto T, Shaffer SA, Paredes R, Takahashi A, Kitaysky AS	4. 巻 593
2. 論文標題 Persistent annual migration patterns of a specialist seabird	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 231 ~ 245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps12459	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Takahashi, A., Will, A., Thiebot, J.B., Tsukamoto, S., Kitaysky, A
2. 発表標題 Responses of breeding seabirds to recent changes in sea ice conditions in the Northern Bering Sea.
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Arctic Research (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Will, A., Thiebot, J.B., Takahashi, A., Kitaysky, A
2. 発表標題 Winter migration and carry-over effects in planktivorous and piscivorous seabirds breeding on St. Lawrence Island.
3. 学会等名 Alaska Marine Science Symposium 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takahashi, A., Thiebot, J.B., Will, A., Tsukamoto, S., Kitaysky, A
2. 発表標題 Breeding together, wintering oceans apart: divergent migratory movements of thick-billed and common murrelets from St Lawrence Island, Northern Bering Sea.
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋晃周
2. 発表標題 北極の環境変動に対する海鳥の応答
3. 学会等名 日本バイオロギング研究会第15回シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Will, A., Thiebot, J.B., Toolie M, Shoogukwruk P, Tsukamoto S, Pillars W, Takahashi, A., Kitaysky, A.
2. 発表標題 No fluffy cakes: Thick-billed murre die off 2018.
3. 学会等名 Pacific Seabird Group Annual Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahashi A
2. 発表標題 Japan's seabird research activity in the Arctic
3. 学会等名 The Circumpolar Seabird Expert Group 21st Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	綿貫 豊 (WATANUKI Yutaka) (40192819)	北海道大学・水産科学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	國分 互彦 (KOKUBUN Nobuo) (90580324)	国立極地研究所・研究教育系・助教 (62611)	
研究分担者	塩見 こずえ (SHIOMI Kozue) (50756947)	国立極地研究所・研究教育系・助教 (62611)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ティエボ ジャンーバティスト (THIEBOT Jean-Baptiste) (70723691)	国立極地研究所・研究教育系・特任研究員 (62611)	
研究協力者	ウィル アレクシス (WILL Alexis)	国立極地研究所・研究教育系・特任研究員 (62611)	
研究協力者	新妻 靖章 (NIIZUMA Yasuaki) (00387763)	名城大学・農学部・教授 (33919)	
研究協力者	キタイスキー アレクサンダー (KITAYSKY Alexander)	アラスカ大学フェアバンクス校・北極生物学研究所・教授	