

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 1 日現在

機関番号：33919

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26840151

研究課題名(和文)海鳥の非繁殖期の生息地利用が繁殖期の生理状態や行動に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文)Effect of habitat use of seabirds during the non-breeding season on physiological state and behavior in the following breeding season

研究代表者

風間 健太郎(Kazama, Kentaro)

名城大学・農学部・研究員

研究者番号：60726842

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では位置や行動が通年記録できる動物装着型記録計を用いてウミネコの非繁殖期の分布や採餌頻度を調べ、それらと繁殖開始時の生理状態および繁殖投資量との関連を明らかにし、非繁殖期から繁殖期へのキャリアオーバー効果を明らかにすることで、二つの時期をまたいだ動物の生活史形成の行動・生理学的なプロセスの解明を試みた。

記録計が人為的攪乱等により回収できなかったため、当初計画していた本種の非繁殖の分布や行動の詳細を解明するには至らなかったものの、血液分析と羽の同位体分析により、ウミネコの繁殖投資量は繁殖期初期の抗酸化力により決定すること、抗酸化力には前年非繁殖期の海域利用が影響することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：This study investigated distribution and feeding behaviors of Black-tailed Gulls during non-breeding season by using miniature animal-borne position recorder. Then we investigated links among those distribution/behaviors, physiological condition at the start of subsequent breeding, and reproductive investment, to examine carry-over effect from the non-breeding to breeding season.

Since the recorder could not be recovered due to artificial disturbance etc., we could not investigate detail of the distribution and behavior during non-breeding season as an originally plan. However, blood analysis and stable isotope analysis of feathers revealed that the reproductive investment of the gulls would be determined by the blood antioxidant levels at the start of of the breeding, and the level would be affected by the habitat use during previous non-breeding season.

研究分野：動物生態学

キーワード：繁殖生理 酸化ストレス 抗酸化力 安定同位体 海鳥 環境利用 生活史

1. 研究開始当初の背景

(1) 多回繁殖する動物のライフサイクルは繁殖期と非繁殖期とに明確に区分される。個体のふるまい(分布や行動)もそれぞれの時期で大きく異なるが、一方の時期(例えば非繁殖期)における個体のふるまい方は個体の生理状態を決定し、他方の時期(例えば繁殖期)における個体のふるまい方にも強く影響を及ぼす。こうした非繁殖期と繁殖期をまたいだ影響(“キャリアオーバー効果”)は個体の適応度にも強く影響し、動物の生活史の形成や個体群の動態にも深く関連しうる(文献)。しかしながら、その効果についての研究は、個体のふるまいを通年追跡する調査手法が欠如していたため、これまで十分に行われてこなかった。

(2) 季節的に分布や行動を大きく変え、一年を通じて様々な環境変化を経験する海鳥では、一方の時期のふるまいが他方の繁殖期のふるまいに強いキャリアオーバー効果をもたらすと考えられる。例えば、越冬場所の餌条件や採餌行動により決定されると考えられる海鳥の繁殖直前の生理状態(栄養状態やホルモン濃度)の個体変異や年変動は大きく、こうした生理状態の違いはその後の繁殖行動に強く影響することが知られている(文献)。しかしながら、繁殖を終えて洋上に広く分散した海鳥の分布や行動を継続的に追跡することは極めて困難であり、繁殖直前の個体の生理状態がどのような行動学および生態学的なプロセスを経て決定されるのか、すなわち非繁殖期の個体のふるまいがその後の繁殖行動にキャリアオーバー効果をもたらすメカニズムは全くわかっていない。

(3) 近年、「ジオロケータ」という一年以上駆動する動物装着型の小型の位置・行動記録計が開発され、個体の分布や行動(採餌頻度など)が通年にわたり詳細に記録できるようになった。最近では、このジオロケータを用いて海鳥の非繁殖期の渡り経路や越冬海域、およびその間の採餌行動の詳細が徐々に明らかになりつつある(文献)。

(4) 海鳥の多くは、繁殖期の終わりから非繁殖期の渡りの途中にかけ換羽を行う。各部位の羽の炭素や窒素の安定同位体比は、その部位が生え替わる時の利用環境や餌の栄養段階をそれぞれ反映する(文献)。

(5) ウミネコ *Larus crassirostris* の繁殖行動には大きな個体変異および年変動が存在し、その個体変異や年変動には繁殖開始時の個体の生理状態や栄養状態が関連することが明らかとなっている(文献)。近年、ジオロケータにより本種の渡り経路、越冬海域、および採餌頻度が、個体ごとあるいは年ごとに大きく異なることが明らかとなっている(文献)。本種では越冬期のふるまい

の個体変異や年変動が、個体の生理状態の変化を通じてその後の繁殖行動に強く影響することで、個体ごとの生活史の形成に深く関わっていると期待される。しかし、本種の非繁殖期と繁殖期の生息地利用や行動の関連についてはいまだ明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究では、はじめにジオロケータを用いてウミネコの非繁殖期の生息地利用(分布や採餌頻度)を調べ、羽の同位体比からその期間の採餌域や栄養段階の特性を明らかにする。次に、血液分析から繁殖開始時の生理状態や栄養状態を調べ、それと非繁殖期の生息地利用や採餌特性との関連を明らかにする。さらに、繁殖開始時の生理状態と繁殖投資量(卵体積を指標とする)との関連を調べることで、非繁殖期から繁殖期へのキャリアオーバー効果が生じるメカニズムを明らかにする。さらに、これらの調査を経年的に続け、異なる環境下(年)におけるキャリアオーバー効果の生じ方の違いを調べることで、環境変動が本種の生活史形成に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 2014~2016年に毎年4~8月まで北海道利尻島のウミネコ繁殖地にて野外調査を行った。2014年にはウミネコ22個体に、2015年には15個体にジオロケータを装着した。

(2) 装着の翌年にジオロケータの回収を行った。2015、2016両年において、営巣地の攪乱により機器の回収が実施できなかったため(研究成果参照)別の個体を2015年は18個体、2016年は16個体捕獲し、血液および初列風切羽P3、P5、P7、およびP10を1cmずつ採取した。採取個体の卵径を測定し、卵体積を計算した。性や一腹卵数の影響を除くため、捕獲個体は全て2卵巣のメスとした。

(3) 繁殖開始時の個体の生理状態指標として、採取した血液の酸化度(d-ROMs)と抗酸化力(BAP)をパック式臨床化学分析装置(FREE carpe diem、WISMERLL)を用いて測定した。非繁殖期の採餌海域と栄養段階の特性を調べるために、各羽の炭素および窒素安定同位体比を測定した。

(4) ウミネコの産卵投資量の指標として、体重あたりの合計卵体積(初卵+二番卵)を算出し、それと生理状態指標(酸化度および抗酸化力)との関連を調べた。続いて、生理状態指標を決定する要因を調べるため、各羽の炭素および窒素安定同位体比と生理状態指標との関連を調べた。

4. 研究成果

(1) 2015年および2016年において、調査地のウミネコ営巣地で人間による攪乱(踏み

込みによる駆除)およびガラスによる頻繁な卵捕食が生じた。これらの攪乱を受け、繁殖期間中に営巣が放棄されたり、営巣地が移動したりした。ジオロケータを装着した個体のほとんどは翌年に全年の営巣場所には戻らず、機器の回収は実施できなかった。

(2) ウミネコの産卵投資量は2015年と2016年で違いはなかったが(図1)、血中の酸化度および抗酸化力(平均、範囲)はともに2015年(酸化: 35.4 UCARR、21-81、抗酸化: 705.2 $\mu\text{mol/l}$ 、70-1215)より2016年(酸化: 48.9、20-78、抗酸化: 1908.3、1469-2473)の方が高かった(ともに $p < 0.01$)。各羽の炭素および窒素安定同位体比に年変動はなかった(全て $P > 0.05$)。

(3) 産卵投資量は、両年において血中酸化度とは関連していなかったが($p > 0.05$)、抗酸化力と有意に関連していた(2015および2016年それぞれ $p < 0.01$ 、図1)。

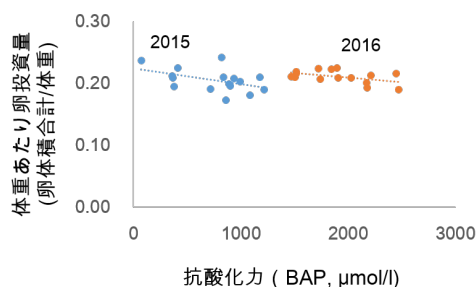


図1. ウミネコの血中抗酸化力と産卵投資量指標の関連。異なる色は異なる年を表す。

これらの結果より、本種メスの繁殖開始時の生理状態は年ごとに異なるものの、産卵投資量が繁殖開始時の抗酸化力によって決定するメカニズムは年により変わらないことが示唆された。一般に、抗酸化力が高いほど個体の生理状態は良好であると言えるが(文献)、本研究では抗酸化力が高く生理状態が良好である個体ほど産卵投資量が小さかった。この理由は判然としないが、長寿命で繁殖機会が多数ある本種の産卵投資戦略、すなわち繁殖投資量と親鳥自身の生理状態維持とのトレードオフは単純でないことを示唆する。

(4) 血中抗酸化力の決定要因を調べるため、各羽の炭素および窒素安定同位体比との関連を検証した結果、抗酸化力は2015年においては初列風切 P7 の炭素同位体比と、2016年においては P5 と有意に関連していた(それぞれ $p < 0.01$ 、図2)。その他の部位の羽の同位体比は、血中抗酸化力および酸化度いずれにも関連していなかった。

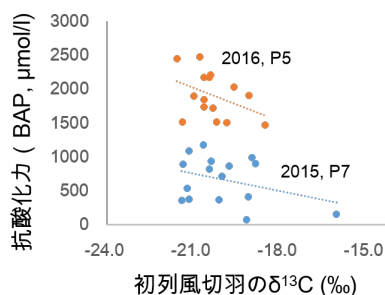


図2. 初列風切羽の炭素安定同位体比(^{13}C)と繁殖開始時の血中抗酸化力との関連。異なる色は各年を表し、2015年は初列風切 P7 と、2016年は P5 との関連を示す。

野外での観察によれば、ウミネコの初列風切羽 P5 は繁殖終了2ヶ月程度後、P7 はそのさらに1ヶ月程度後に換羽すると推測されている(文献)。また、一般に、海鳥の羽の炭素同位体比は、その羽の生え替わり時期の個体の採餌場所の特性(海か陸か、沖合か沿岸か等)を反映する(文献)。本研究の結果より、本種の産卵投資量を決定する血中酸化力には、前年の初秋から初冬にかけての採餌環境利用が影響するが、どの時期の環境利用が最も強く影響するかは年により異なることが示唆された。時期ごとの個体の栄養段階を反映する窒素安定同位体比は抗酸化力とは関連していなかった。本種の産卵投資量には、非繁殖期の餌種よりも、餌の利用可能性や採餌効率と関連するであろう利用環境の方が強く影響したのかもしれない。

(5) 本研究ではジオロケータが回収できなかったため、当初予定していた非繁殖期の個体の詳細で連続的な採餌環境利用を明らかにすることはできなかった。一方、詳細な生理分析により、ウミネコの産卵投資量を決定する生理要因を特定し、その生理要因には繁殖開始よりもかなり前の環境利用が影響していることが明らかとなった。さらには、その影響を及ぼす時期は、年により異なることも明らかにした。本研究は、これまでほとんど研究されてこなかった野外生物の非繁殖期から繁殖期にまたがるキャリアオーバー効果の生理的メカニズムの一端とその変動性について、個体レベルで初めて明らかにした。

<引用文献>

- Harrison XA, et al. Carry-over effects as drivers of fitness differences in animals. *J. Anim. Ecol.* 80, 2010, 4-18.
- Giudici A, et al. Physiological ecology of breeders and sabbaticals in a pelagic seabird. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 389, 2010, 13-17.
- Egevang C, et al. Tracking of Arctic terns *Sterna paradisaea* reveals longest animal migration. *Proc. Nat. Ac. Sci.* 107, 2010, 2078-2081.

Ramos R, et al., Linking isotopic and migratory patterns in a pelagic seabird, *Oecol.* 160, 2009, 97-105.
Kazama K, et al. Factors affecting individual variation in nest defense intensity in colonially breeding Black-tailed Gulls. *Can. J. Zool.* 89, 2011, 938-944.
Kazama K, et al. Movements and activities of male Black-tailed Gulls in breeding and sabbatical years. *J. Avian Biol.* 44, 2013, 603-608.
Costantini D, Springer, *Oxidative stress and hormesis in evolutionary ecology and physiology*, 2014.
Olsen KM, Larsson H, Christopher Helm, *Gulls of Europe, Asia and north America*, 2004.
Lajtha K, Michener RM, Blackwell, *Stable isotopes in ecology and environmental science*, 1994.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

Kazama K, Sato M, Kosugi K. Annual variation in breeding numbers of two gull species in response to regional stock size and local availability of Japanese Sand Lance on Rishiri Island, northern Japan, *Ornithological Science*, 査読有, 15 巻, 2016, 85-94.
DOI: 10.2326/osj.15.85

風間 麻未、田上 正隆、立川 佳晴、風間 健太郎、水族館におけるカワネズミの簡便な飼育方法、*動物園水族館雑誌*、査読有、56 巻、2015、95-102

糸 佑奈、新妻 靖章、風間 健太郎、伊藤 元裕、山下 麗、綿貫 豊、イカナゴとオキアミを給餌したウトウ雛の消化率と成長、*日本鳥学会誌*、査読有、64 巻、2015、219-226
DOI: 10.3838/jjo.64.219

風間 健太郎、鳥類がもたらす生態系サービス：概説、*日本鳥学会誌*、査読有、64 巻、2015、3-23
DOI: 10.3838/jjo.64.3

風間 健太郎、日野 輝明、鳥類がもたらす生態系サービス：序文、*日本鳥学会誌*、査読有、64 巻、2015、1-2
DOI: 10.3838/jjo.64.1

Kazama K, Murano H, Tomita N, Hosoda A,

Niizuma Y, Mizota C, Effects of Tsunami on ornithogenic nitrogen in soils at a Black-tailed Gull colony, *Ornithological Science*, 査読有, 14 巻, 2015, 29-39.
DOI: 10.2326/osj.14.29

Kazama K, The Ornithological Application of Stable Isotope Analysis. *Ornithological Science*, 査読有, 14 巻, 2015, 1-2
DOI: 10.2326/osj.14.1

鈴木 優也、伊藤 元裕、風間 健太郎、新妻 靖章、綿貫 豊、ウトウの卵容積には餌の栄養段階ではなく親の栄養状態が影響する、*日本鳥学会誌*、査読有、63 巻、2014、279-287
DOI: /10.3838/jjo.63.279

Niizuma Y, Tsuchiya K, Kume H, Beesyo T, Kazama K. Nutritional composition and energetic values of Great Cormorant prey species in Japan, *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology*, 査読有, 45 巻, 2014, 93-97.
DOI: 10.3312/jyio.45.93

[学会発表](計 7 件)

風間 健太郎、ウミネコ集団繁殖地の構造と機能、*日本鳥学会 2016 年度大会 黒田 賞受賞記念講演*、2016 年 9 月 18 日、北海道大学、札幌

風間 健太郎、野外鳥類における栄養状態とストレスホルモン、第 26 回日本飼育技術学会大会シンポジウム「飼育下生物の栄養・飼料について考える」、2016 年 3 月 3 日、国立オリンピック記念青少年総合センター、代々木

風間 健太郎、浅井 綾加、風間 麻未、神藤 定生、新妻 靖章、綿貫 豊、ウミネコオスによる産卵前の配偶者防衛行動の効果とコスト、*日本鳥学会 2015 年度大会*、2015 年 9 月 19 日、兵庫県立大学、神戸

Kazama K, Kazama MT, Murano H, Sato M, Niizuma Y, Kosugi K, Mizota C, Fluctuation in nutrient supplying service provided by Black-tailed Gulls to near shore kelp aquaculture with annual change of breeding colony size, *Vth International Wildlife Management Congress*, 28 July 2015, Sapporo, Japan.

風間 健太郎、洋上風力発電が海洋生物に

及ぼす影響：鳥類を中心として、平成 27 年度海洋理工学会春季大会シンポジウム「海洋再生エネルギーの課題」、2015 年 5 月 25 日、東京海洋大学、品川

Kazama K, Murano H, Niizuma Y, Mizota C, Input of ornithogenic nitrogen into paddy fields near a breeding colony of the Great Cormorants, and its contributions for rice crops, 36th International Ornithological Conference. 22 August 2014, Tokyo, JAPAN.

Kazama K, Murano H, Niizuma Y, Mizota C, Ecosystem services provided by seabirds for terrestrial agriculture: Cormorants feces contribute for rice crops at paddy fields near the colony, 41st Pacific Seabird Group Annual Meeting, 22 February 2014, Juneau, USA.

〔図書〕(計 1 件)

風間 健太郎、京都大学学術出版会、鳥類の行動と生理、江口 和洋 (編) 鳥の行動生態学、2016、pp.261-283

6. 研究組織

(1) 研究代表者

風間 健太郎 (KAZAMA, Kentaro)
名城大学・農学部・研究員
研究者番号：60726842

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

新妻 靖章 (NIIZUMA, Yasuaki)
名城大学・農学部・教授
研究者番号：00387763

高橋 晃周 (TAKAHASHI, Akinori)
国立極地研究所・准教授
研究者番号：40413918

橋本 啓史 (HASHIMOTO, Hiroshi)
名城大学・農学部・准教授
研究者番号：30434616