

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12102

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0159

研究課題名（和文）海鳥類を新たな汚染トレーサーとした環境モニタリング手法の開発

研究課題名（英文）Development of novel environmental monitoring techniques using seabirds as bioindicators of marine contaminant

研究代表者

庄子 晶子 (Shoji, Akiko)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：30792080

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,200,000円

研究成果の概要（和文）：海洋生態系の高次捕食者である海鳥類を指標として、海洋汚染物質である水銀の大陸間輸送を検出することを目的に、アラスカ・ミドルトン島と北海道・天売島の海鳥の行動生態調査と、調査で収集した組織の化学分析を実施した。非繁殖期の行動データから、天売島のウトウは八の字状に移動しながら日本近海で越冬しており、ミドルトン島のウトウはカリフォルニア沖から北太平洋旋回内を広く利用していた。環境中に排出される人為的な水銀排出量との関連を解析したところ、環境中への排出量とそこで生息する海鳥類の水銀蓄積量は関連することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、環境中に排出される水銀汚染量と排出源に近い海域を利用する海鳥の体組織内水銀濃度との関連が明らかになり、水銀の輸送メカニズムの理解に寄与する知見を得ることができた。また、空間解析を用いた種間比較の結果から、同じ餌種を利用する場合でも海域の違いが水銀曝露量に影響すること、さらに同じ餌や海域を利用しても種間で曝露量に違いが出ることが明らかになった。これらの結果は、生態系保全地域の設定、汚染ホットスポットの可視化、生体への影響評価などへの応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：To investigate the intercontinental transport of the marine pollutant mercury, we conducted behavioral ecology studies using seabirds, top predators in marine ecosystems, as model organisms. Our research focused on Rhinoceros Auklets from Middleton Island, Alaska, and Teuri Island, Hokkaido. We conducted chemical analyses of tissues collected from the birds. During the non-breeding season, we found that Rhinoceros Auklets from Teuri Island wintered in nearby Japanese waters, exhibiting a figure-eight movement pattern. In contrast, those from Middleton Island extensively utilised regions from offshore California to the North Pacific Gyre. Our analysis revealed a significant correlation between anthropogenic mercury emissions and mercury accumulation in these seabirds. This finding suggests that mercury released into the environment is associated with the levels of mercury found in the resident seabird populations.

研究分野：行動生態学

キーワード：海洋生態学 水銀 海洋汚染 バイオロギング 保全 海鳥

1. 研究開始当初の背景

海鳥類は海洋生態系の高次捕食者であり、環境中の汚染物質や栄養塩を高濃度に蓄積している。近年、越冬海域が異なる個体では、体内への水銀やプラスチックの蓄積量が異なることがわかってきた。こうした遠隔地で蓄積した汚染物質は、海鳥類自身への影響が懸念されるとともに、海鳥類という物質輸送者を通じて、遠く離れた陸上の生態系に影響を及ぼしている可能性が指摘されているが、海鳥を介した汚染物質輸送は追跡が困難であることや評価手法が確立されておらず検証が困難であるためにその詳細は明らかにされていない。日本を含むアジア地域では化石燃料などを発生源とした水銀を大量に大気中に放出しており、大気循環や海流に起因する大陸間輸送によってアジア地域から北米大陸まで運ばれていると指摘されている。その影響は陸上だけでなく海洋にまで及んでおり、現在も世界規模で発生し続けている深刻な環境汚染問題を考えると、我が国からも排出されている汚染物質の適切なモニタリングを行うことは国際社会における責務であるといえる。

水銀は長距離移動性、環境中残留性、生物蓄積性が高い性質を持ち、生物濃縮された有機水銀を含む魚介類を食べることで、人への健康被害が懸念されることから、世界的な削減への取り組みが不可欠である。これまでの水銀循環モデルでは、生物の移動を介した水銀輸送は考慮されてこなかったが、海鳥類などの高次捕食者は人を含む生物体内に吸収されやすいメチル水銀を高濃度で蓄積し、遠く離れた場所まで輸送・排出しているため、その影響が気付きである。これを明らかにするためには、海鳥類の利用海域とそこで取り込まれた水銀量及びその波及効果を特定することが重要であるが、移動能力が高い海鳥類の利用海域と海上でのふるまいを個体レベルで特定する技術がまだ発展途上であり、どう水銀暴露や繁殖への影響を評価することが問題である。また、環境中の水銀濃度はとても低く、環境中に放出された水銀動態を追跡することが困難であるため、海鳥類が蓄積する水銀がどこに由来するかわからないということも、水銀削減に伴う排出先の特定をする上で問題となってくる。

2. 研究の目的

本研究では、本研究ではこれまでの研究で得た知見に基づき、海鳥類を介した汚染物質輸送のプロセスと波及効果を個体群間と種間で比較する。汚染物質の排出量が大きい日本及び排出量は小さいが大陸間輸送先である北米アラスカの海鳥類を対象として、高次捕食者による高濃度汚染物質の輸送メカニズムと輸送先への影響評価を明らかにし、水銀の大陸間輸送による海洋への影響を海鳥類とその餌動物から検出する手法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究はアラスカ州ミドルトン島と北海道天売島で、海外共同研究者より支援を受けて研究対象の育雛期に野外調査を実施した。天売島のウトウ、ミドルトン島のウトウ及びエトピリカに対して、データロガーの取り付けを行った。親鳥が巣にいる時に捕獲し、記録計を装着、放鳥、繁殖期の記録の場合は数週間後に、通年の記録には翌年の同じ時期に再捕獲し、データを回収した。記録計は通年の記録にはジオロケータと浸水記録計、繁殖期の記録にはGPSロガーを使用して記録した。体組織・糞・海水懸濁物・陸上植物・餌動物を水銀測定計で、窒素・炭素安定同位体比を安定同位体比質量分析計で測定した。

機械学習による着水データ分析法を応用し、利用海域における行動パターンを解析した。日照データと移動軌跡データからはカーネル密度推定法を使って繁殖期・非繁殖期の重要エリアを分析した。HP上(AMAP)で公開されている水銀排出量データベースと衛星画像から入手した大気循環と海流データを活用し、行動データと水銀測定及び安定同位体比測定の結果を組み合わせ

せて水銀起源と海鳥類への蓄積量の関係を分析した。これらのデータをもとに、海鳥類を介した水銀物質輸送のプロセスと波及効果を評価した。

4. 研究成果

(1) 天売島で繁殖するウトウは八の字状に移動しながら日本近海で越冬しており、ミドルトン島で繁殖するウトウはカリフォルニア沖から北太平洋旋回を広く利用していたが、天売個体群と同じように八の字状の渡りパターンを示した(図1)。

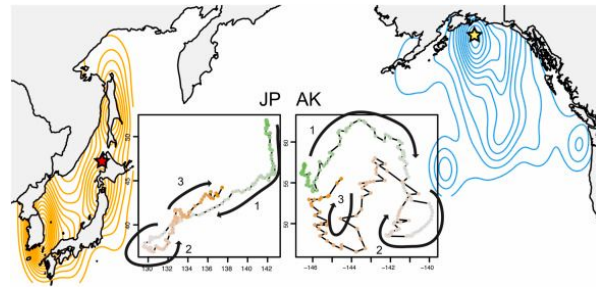


図1 天売島とミドルトン島のウトウ渡りの移動

環境中に排出される水銀推定量を天売島とミドルトン島で比較したところ、天売島周辺のほうが水銀排出量は有意に多かった。ウトウの体内組織における水銀濃度を測定したところ、繁殖地近海での蓄積量を示す血液と尾羽では天売島とミドルトン島個体群で違いはみられなかったが、越冬海域での蓄積量を示す体羽ではミドルトン個体群の方が高かった。これらの結果を統合して環境中に排出される人為的な水銀排出量との関連を解析したところ、環境中への排出量とそこで生息する海鳥類の水銀蓄積量は関連することが明らかとなった。

(2) 環境中に排出される人為的な水銀量がウトウの繁殖や渡り等の活動を通じて陸上の植物に移行する経路の存在が確認され、両個体群のウトウの尾羽中の水銀濃度は同程度だったが、胸の羽根中の水銀濃度ではミドルトン個体群の方が高いことを明らかにした。さらに、異なる時期を反映する組織が、越冬した海域の局所的な人為的な水銀排出量を記録する手法を得た。これらの結果から、海鳥は数千キロメートルにわたって水銀を輸送し、繁殖地となる陸上の植物に移行させていることが示された(図2)。

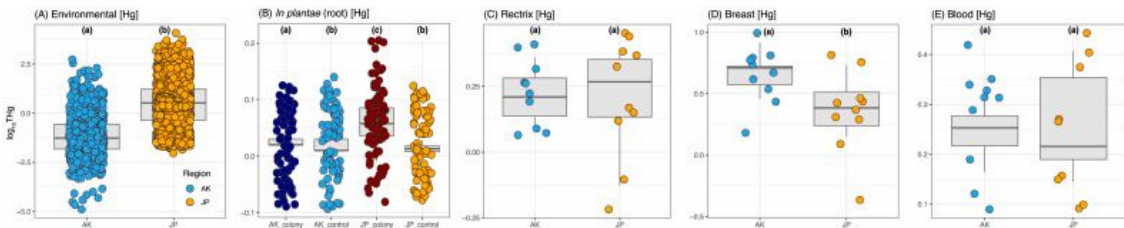


図2 天売島とミドルトン島のウトウ体組織および繁殖地植物中の水銀濃度、ウトウが利用する海域における環境中Hg

(3) ウトウが蓄積する水銀量を異なる海域で採餌を行う個体群間で比較したところ、繁殖期の利用海域によって海鳥に蓄積される水銀は異なることがわかり、それぞれの海域における餌資源状況によって変化することが示唆された。海鳥が輸送する水銀が及ぼす陸上生態系への波及効果を検証したところ、植物根部と一部の節足動物への輸送経路と水銀蓄積が確認された。一方、植物葉部と草食動物には海鳥由来の水銀蓄積が確認されなかったことから、水銀の波及効果は捕食者の食性や生活史に左右されることが示唆された。

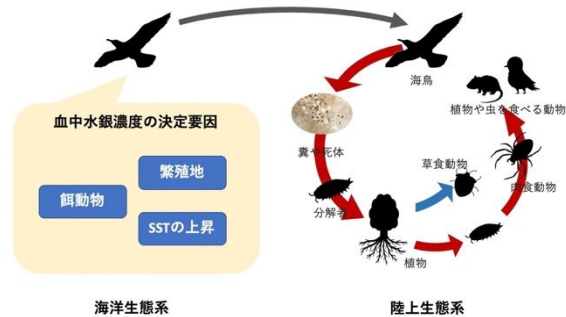


図3 ウトウを介した水銀輸送による波及効果量が決定され、これによって取り込まれた水銀が繁殖地内に排出する糞や死体を通じて陸上生態系の植物や一部の節足動物群へ波及することが明らかになった(図3)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Shoji, A, S Whelan, J Cunningham, S Hatch, Y Niizuma, C Nakajima and KH Elliott	4. 巻 709
2. 論文標題 Ecological niche partitioning in two Pacific puffins	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Marine Ecology-Progress Series	6. 最初と最後の頁 125-139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps14282	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 Kempton J, ...Shoji A, ...Taylor G (13 authors)	4. 巻 NA
2. 論文標題 Optimization of dynamic soaring in a flap-gliding seabird impacts its large-scale distribution at sea.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 NA
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 Shoj, A., K.H. Elliott., Y. Watanuki, N. Basu, S. Whelan, et al.	4. 巻 284
2. 論文標題 Geolocators link marine mercury with levels in wild seabirds throughout their annual cycle: Consequences for trans-ecosystem biotransport	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 117035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2021.117035	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 大門純平, 伊藤元裕, 長谷部真, 庄子晶子, 他	4. 巻 70
2. 論文標題 北海道周辺の4つのウトウ繁殖地における餌および雛の体重の違い	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本鳥学会誌	6. 最初と最後の頁 37-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3838/jjo.70.37	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 -

1. 著者名 Gillies, N., A. Fayet, O. Padget, et al.	4. 巻 10
2. 論文標題 Short-term behavioural impact contrasts with long-term fitness consequences of biologging in a long-lived seabird	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Report	6. 最初と最後の頁 15056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-72199-w	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 Sakai Momoko, Kimura Satoko S., Mizutani Yuichi, Ishikawa Megumi, Ito Takaomi, Arai Nobuaki, Niizuma Yasuaki	4. 巻 e13123
2. 論文標題 Telomere length changes in the Pacific white sided dolphin measured for one and a half years	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Marine Mammal Science	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mms.13123	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 -

1. 著者名 Azumi Sarara, Thiebot Jean-Baptiste, Takahashi Akinori, Okado Jumpei, Nagatani Nao, Niizuma Yasuaki, Moteki Masato, Watanuki Yutaka	4. 巻 165
2. 論文標題 Stomach contents and stable isotope analysis reveal Antarctic prey in short-tailed shearwaters sampled at sea	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Ornithology	6. 最初と最後の頁 263 ~ 267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10336-023-02109-0	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 -

1. 著者名 Marcouillier Leo, Miranda Eliane, Whelan Shannon, Fifield Dave, Hatch Scott, Shoji Akiko, Nakajima Chinatsu, Elliott Kyle	4. 巻 171
2. 論文標題 PIT tagging does not measurably reduce reproductive success in sensitive burrow-nesting seabirds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21203/rs.3.rs-3112880/v1	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 Sozzoni Marcella, Akiko Shoji, et al.	4. 巻 15
2. 論文標題 A Chromosome-Level Reference Genome for the Black-Legged Kittiwake (<i>Rissa tridactyla</i>), a Declining Circumpolar Seabird	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Genome Biology and Evolution	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gbe/evad153	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 Umano S, Mori T, Mikuni K, Niizuma Y	4. 巻 NA
2. 論文標題 Temporal segregation between female Asiatic black bears with unweaned offspring and solitary bears (in press)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Ursus	6. 最初と最後の頁 NA
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 -

1. 著者名 Nagatani N, Shirai M, Okado J, Niizuma Y	4. 巻 NA
2. 論文標題 Daily energy expenditure of chick-rearing Rhinoceros Auklets <i>Cerorhinca monocerata</i> (in press)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Ornithological Science	6. 最初と最後の頁 NA
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 -

1. 著者名 永谷奈央, 新妻靖章, 綿貫豊	4. 巻 NA
2. 論文標題 ウトウ雛における安静時代謝速度 (印刷中)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本鳥学会誌	6. 最初と最後の頁 NA
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 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 Oshima O, P Oliver, A Shoji
2. 発表標題 Responses of Leach ' s storm petrels (Oceanodroma Leucorhoa) to soil of their burrows in Y-maze preference test
3. 学会等名 World Seabird Twitter Conference 8 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ujiie, F and A Shoji
2. 発表標題 The characteristics of breeding sites used by Leach's storm-petrel Oceanodroma leucorhoa at Daikoku Island, Japan
3. 学会等名 World Seabird Twitter Conference 8 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大島康平, 新妻靖章, 庄子晶子
2. 発表標題 ウトウの水銀暴露量の島間比較
3. 学会等名 日本鳥学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 氏家太, 新妻靖章, 庄子晶子
2. 発表標題 日本におけるミサゴの水銀暴露量の推移
3. 学会等名 日本鳥学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 庄子晶子, S Whelan, J Cunningham, 新妻靖章, S Hatch, 中嶋千夏, K Elliott
2. 発表標題 ミドルトン島で繁殖するエトピリカとウトウは棲み分けをしているのか？
3. 学会等名 日本鳥学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nakajima, Chinatsu, Akiko Shoji.
2. 発表標題 Costs of reproduction mediated by oxidative stress in a seabird - experimental study.
3. 学会等名 Pacific Seabird Group Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中嶋千夏, 庄子晶子
2. 発表標題 北海道大黒島のコシジロウミツバメにおける採餌海域の特定.
3. 学会等名 日本鳥学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本和也, 庄子晶子
2. 発表標題 外的要因がウトウ雛の巣立ちタイミングを決定！？
3. 学会等名 日本鳥学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大島康平, Oliver Padget, 庄子晶子
2. 発表標題 コシジロウミツバメの帰巣行動を探る.
3. 学会等名 日本鳥学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nakajima, Chinatsu
2. 発表標題 Linking mercury concentrations with at-sea areas in three species of auks, breeding across the Pacific and Atlantic oceans
3. 学会等名 Pacific Seabird Group Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sakura Lauhoff
2. 発表標題 Comparison of mercury levels in feathers in the northeast region of Japan
3. 学会等名 Pacific Seabird Group Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jumpei Okado
2. 発表標題 Foraging, diet and breeding of Rhinoceros auklets at two colonies in different current systems
3. 学会等名 Pacific Seabird Group Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新妻靖章 et al.
2. 発表標題 ウミネコの羽における水銀と窒素安定同位体比の関係. 日本鳥学会2023年度大会
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺田卓史, 新妻靖章 et al.
2. 発表標題 ウミネコの水銀がストレスや繁殖・行動に及ぼす影響
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大野夏実, 新妻靖章 et al.
2. 発表標題 野生のウミネコのテロメア長は水銀暴露によって短縮する
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 栗原達生, 新妻靖章 et al.
2. 発表標題 オオミズナギドリの中腸プラスチック
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中陳遥香, 新妻靖章 et al.
2. 発表標題 海棲哺乳類のテロメアとその変動要因に関する研究
3. 学会等名 日本哺乳類学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中陳遥香, 新妻靖章 et al.
2. 発表標題 海棲哺乳類のテロメア長とその変動要因に関する研究：慢性ストレス指標としての利用可能性
3. 学会等名 日本野生動物医学会大会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中嶋千夏, 新妻靖章, 庄子晶子 et al.
2. 発表標題 ミツコビカモメの繁殖成績と生理状態の関係：酸化ストレスを指標として
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永谷奈央, 新妻靖章 et al.
2. 発表標題 ウトウ雛における給餌量制限に対する生理的応答
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大島康平, 新妻靖章, 庄子晶子et al.
2. 発表標題 海鳥が媒介する海洋由来水銀の陸上生態系への波及効果
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木龍晟, 新妻靖章, 庄子晶子et al.
2. 発表標題 ミサゴの水銀濃度に影響を及ぼす要因を探る
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本和也, 新妻靖章, 庄子晶子et al.
2. 発表標題 ウトウにおける繁殖コストの違いが親の行動や雛の成長に及ぼす影響
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuya Matsumoto, Yasuaki Niizuma, Akiko Shoji et al.
2. 発表標題 Effects of increasing reproductive costs on behavior and telomere length in the rhinoceros auklet, a long-lived seabird
3. 学会等名 Pacific Seabird Group 51st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kohei Oshima, Yasuaki Niizuma, Akiko Shoji et al.
2. 発表標題 Ecological transfer of mercury from seabirds to terrestrial biological community: insights from rhinoceros auklet breeding grounds.
3. 学会等名 Pacific Seabird Group 51st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Marie Claire Gatt, Akiko Shoji et al.
2. 発表標題 Ecological conditions experienced during reproduction do not affect individual differences in migratory behaviour in a longlived bird
3. 学会等名 14th European Ornithologists' Union Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Joan Ferrer Obiol, Akiko Shoji et al.
2. 発表標題 To migrate or not to migrate: characterising the interplay between genetic and environmental drivers of bird migration
3. 学会等名 Society for Molecular Biology and Evolution 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chinatsu Nakajima, Yasuaki Niizuma, Akiko Shoji et al.
2. 発表標題 Behavioural and reproductive responses to carry-over effects in black-legged kittiwakes: an experimental approach
3. 学会等名 The 8th International Bio-Logging Science Symposium ((国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Futoshi Ujiie, Yasuaki Niizuma, Akiko Shoji et al.
2. 発表標題 Patterns and drivers of mercury concentrations in the North Pacific seabirds
3. 学会等名 The 8th International Bio-Logging Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 庄子晶子 et al.
2. 発表標題 北海道大黒島で繁殖するコシジロウミツバメの利用海域と食性
3. 学会等名 日本鳥学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nakajima C, Shoji A, et al.
2. 発表標題 Costs of reproduction mediated by oxidative stress in a seabird: an experimental study
3. 学会等名 World Seabird Twitter Conference 8 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Matsumoto K, Shoji A, et al.
2. 発表標題 Extrinsic factors affecting the timing of fledging in rhinoceros auklets (<i>Cerorhinca monocerata</i>) on Daikoku Island, Japan
3. 学会等名 World Seabird Twitter Conference 8 (国際学会)
4. 発表年 2022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	新妻 靖章 (Niizuma Yasuaki) (00387763)	名城大学・農学部・教授 (33919)	
研究 分担者	徳永 幸彦 (Tokunaga Yukihiko) (90237074)	筑波大学・生命環境系・准教授 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
カナダ	McGill University	University of Ottawa	Environment Canada	
米国	ISRC			
イタリア	University of Milano			
ノルウェー	NINA			
英国	Cambridge University	Oxford University		
ニュージーランド	New Zealand Government			