

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H01157

研究課題名（和文）海鳥を標準デバイスとした海洋汚染リスクの広域マッピング法の開発

研究課題名（英文）Large scale mapping of marine pollution risk using seabirds as a standardized sampling device

研究代表者

綿貫 豊（Watanuki, Yutaka）

北海道大学・水産科学研究院・教授

研究者番号：40192819

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,640,000円

研究成果の概要（和文）：海鳥を使って汚染外洋における汚染マップを作製するため、オオミズナギドリ多数個体の越冬場所を特定し、尾羽根の水銀と尾腺ワックスの残留性有機化合物POPsを測定し、その標準化手法を探索した。各個体は、太平洋西部低緯度で、毎年同じ狭いしかし個体間では異なる場所で越冬した。水銀濃度には、アミノ酸別窒素安定同位体比で測った栄養段階の効果はなかったが、オスがメスより高く、これを補正してマップ化すると、水銀汚染は南シナ海で高く沿岸域で高い傾向が示されるとともに、POPsも南シナ海越冬個体で高く、汚染の進行がうかがえた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋の持続的利用のため、外洋の海洋保護区での人間活動影響をモニタリングする必要がある。我が国で最も繁殖数が多い海鳥種の移動を周年追跡して、太平洋西部熱帯の国際水域において、その越冬海域と特性をより多くのサンプルで明らかにできたので、高次捕食者トラッキングデータを外洋域の海洋保護区設定に役立てようとする世界的試みに貢献できる。本研究では、海鳥を繁殖地で調査するだけで、バイアスを補正して、遠く離れた外洋域のメソスケール分解能の汚染マップをつくることができた。これらにより、海鳥を使っての海洋保護区の提案にくわえ、同時にその海域の汚染モニタリングを可能とする技術を提供できる。

研究成果の概要（英文）：or sustainable use of marine resources, monitoring anthropogenic stress in Marine Protected Area is required but difficult to achieve in the international high seas. We identified wintering areas of individual Streaked shearwaters and measured total mercury [Hg] of their tail-feathers and POPs of preen-grand oil. Individuals used the same meso-scale areas in the low-latitude western Pacific high seas across years but showed large between-individual variation. Tropic level did not affect [Hg] but sex did. We mapped sex-corrected [Hg] in relation to the individual wintering areas and found that Hg pollution tended to be higher in South China Sea especially in the coastal areas. POPs pollution also tended to be higher in the South China Sea.

研究分野：海洋生態学

キーワード：海洋汚染 バイオリギング 海洋保護区 水銀 POPs アミノ酸別窒素安定同位体 ストレス指標

1. 研究開始当初の背景

海洋の大部分を占める、人間生活から遠く離れた、外洋域にも漁業、船舶の往来、海底資源開発など人間活動の高い海域があり(Halpern et al. 2008), これらは表層性高次捕食者の種多様性が高い場所でもある(Tittensor et al. 2010)ため、人為ストレスの生物影響が懸念される。海洋生態系を保全し、持続的利用を図るため、海洋保護区を設定し、人為ストレスの影響をモニタリングし、リスク評価することが求められる。保護区の設定にあたっては、生物生産性が高く栄養段階間のエネルギー流が格段に大きい生物学的ホットスポットがその候補となるが、外洋での生物調査は困難である。一方、陸上の大都市から排出された汚染物質は大気・海流により外洋に輸送され(Wania & Mackay 1996), 海洋生物に対する大きな脅威となっており、そのモニタリングが課題である(GESAMP 2015)。海水中の汚染物質濃度は一般に低く検出限界以下であるため、生物増幅(食物連鎖による濃縮)を利用して、沿岸域ではイガイ内臓が使われる(Raum et al. 2007)。外洋ではマグロ類などが利用されるが、移動性が高いのでどの場所で汚染にさらされたのか、生物増幅の標準化をどうするか、生体影響をどう評価するかといった問題がある。

2. 研究の目的

海鳥はオキアミやイワシなど海洋生態系のカギ種を食べ、飛行移動能力が高く餌生物が集まる場所を自ら探すので、生物学的ホットスポットの指標生物として適している(Maxwell et al. 2015, 綿貫他 2018)。また毒物代謝能力に劣るため、汚染物質を蓄積しやすく影響を受けやすい(田辺 2016)。毎年同じ島で集団繁殖するため、捕獲が容易であり、多数個体からバイオロギングによる移動データと体組織サンプルを得ることができる。外洋域の異なる海域を利用し(Lascelles et al. 2016), 越冬期に各個体が利用する場所は狭く、個体間で異なるため、多数個体のデータを使えば、広範囲の重要海域を知ると同時に汚染情報を得ることができる。動物の体組織の化学物質の半減期は、血球や皮膚分泌物では1か月、皮下脂肪や爪では数か月であり(Boecklen et al. 2011), 換羽時期の異なる羽根の化学物質は異なる時期に食べた餌を反映する(Ramos et al. 2009)。こうした特性を生かして(Furness 1993, 綿貫 2016), 海鳥をデバイスとして、外洋において生物学的ホットスポットを抽出し、汚染マップを作ることを目的とした。そのため、①多数の海鳥個体の移動をバイオロギングで追跡し各個体の越冬期の集中利用場所を求め、②越冬期に換羽する尾羽根と1か月程度の暴露を示すと考えられる尾腺ワックスを繁殖地で採取し、その汚染物質濃度を測定した。これらを統合し、③各個体の越冬期の集中利用場所に、栄養段階や性に関して標準化した汚染度を紐づけて、メソスケール解像度の汚染マップを作った。

3. 研究の方法

(1) 換羽と羽根・血球水銀濃度 我が国で最も多数繁殖する典型的な外洋性海鳥であるオオミズナギドリ(*Calonectris leucomelas*)を材料とした。本種では、南シナ海やアラフラ海で越冬する個体の尾羽根の水銀濃度はニューギニア北部海域で越冬する個体より高い(Watanuki et al. 2016)。本種の尾腺ワックスは採取前1か月程の残留性有機汚染物質(POPs)汚染への暴露を反映し(Ito et al. 2013), 全球スケールでのPOPs汚染マップにも利用された(Yamashita et al. 2018)。まず、伸長中の羽根が体内の水銀濃度を反映するか、尾羽根の水銀濃度は越冬中の水銀暴露の指標と考えてよいか調べるため、新潟県粟島えびすが鼻において、繁殖期間に成鳥(テスト個体)の血液と様々な羽根を採取した。羽根と血液サンプルは分析するまで -25°C で保存した。2001年3月20日京都府京丹後市網野町において死体で回収され、愛媛大学沿岸環境科学研究センターの生物環境試料バンクに保管されていたオオミズナギドリ3個体(es-BANK個体)から様々な羽根を採取した。すべての個体において体幹部に伸長中の羽根があるか、飛行羽に換羽中の羽根があるかを記録した。

(2) 捕獲、体組織採取、位置推定 粟島えびすが鼻繁殖地において、2019年~2021年の育雛期初期の9月に雛のいる巣穴を夜間見回り、親鳥を捕獲し、有馬・須川(2004)に従い声で性判定し、足環に取り付けたジオロケーター(Mk3600)を足に装着し巣穴に戻した。足環・ジオロケーター重量はおよそ3g(体重の0.5%)であり、アホウドリ類やミズナギドリ類の行動に影響を与える最小重量(i.e. < 3%)を十分下まわる(Phillips et al. 2003)。その後2020年~2023年、産卵前の5月あるいは育雛期の9月~10月に夜間に巣穴、周辺の地上で再捕獲し、ジオロケーターを回収、データをダウンロードした。その際、尾腺ワックスを濾紙でふき取り採取し、越冬期に換羽する最外側尾羽R6を根元からはさみで切り取り採取し、冷凍保存した。越冬中のストレスを反映する尾羽根の傷(フォルトバー)を記録し、雛の在否も記録した。一部個体については、再捕獲時に新しいジオロケーターを取り付け巣穴に戻し、2年繰り返し追跡・体組織採取を行った。これらは粟島村より鳥獣の捕獲等又は鳥類の卵の採取等許可(2019年第24号, 2020年第19号~21号, 2021年第30号~32号, 2022年第1号~第3号, 2023年第1号)をうけ、北海道大学動物実験倫理委員会(16-0054, 21-0006)の承認のもと実施された。ジオロケ

ーターは照度を 10 分おきに連続 1 年以上記録し、照度の時刻変化から毎日、日の出日の入り時刻をもとめ、日長時間から緯度、グリニッジ標準時に対する太陽正中時刻から経度を得た (Hill 1994, Yamamoto et al. 2010)。本種の繁殖初期と後期にあたる春分・秋分前後は緯度推定が困難だが、本研究では越冬海域特定が目的なので、海表面水温を使った補正はしなかった。毎日の位置の繁殖地からの相対距離が急に変化する二つの変曲点 (越冬地到着と越冬地出発日) を broken stick 法により R で求め (Authier et al., 2012)、その間の期間を各個体の越冬期間とした。その越冬期間における各個体の毎日の位置の 95 %カーネルをその個体の越冬場所とした。

(3) 化学分析 水銀濃度については、羽根は洗浄し、50°Cのオーブンで、血球は凍結乾燥機で乾燥し乾燥重量を測定したのち、日本インスツルメンツ製水銀分析装置(MA-3000)を用いて、加熱、気化した水銀を原子吸光法で測定した。バルク窒素安定同位体比については、同位体比質量分析計によって分析し (土井他 2016)、アミノ酸別窒素安定同位体比については、ガスクロマトグラフィー同位体比質量分析計によって分析した。尾腺ワックスについては主要な POPs である PCBs, DDTs, HCHs を高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計で分析した (Yamashita et al. 2007)。また、鳥類の長期ストレスマーカーとして尾羽根のステロイドホルモンを高速度液体クロマトグラフ質量分析装置 (LC-MS8030, 島津社) で測定した (Sasaki et al. 2021)。

4. 研究成果

(1) 羽根と血球の水銀濃度 テスト個体では、抱卵前期には胸の羽根を、育雛期には背面の羽根を伸長させている個体が多く、繁殖期間中飛行羽の換羽は観察されず、繁殖地に到着する前の es-BANK 個体でも換羽が観察されなかった。オオミズナギドリもオニミズナギドリ

(Ramos et al. 2009) や他のミズナギドリ科と同様、繁殖終了後に風切羽根を最内側 P1 から最外側 P6 の順番で、その後尾羽根を最内側 R1 から最外側 R6 の順番で換羽すると仮定してよいと考えられた。テスト個体の伸長中の背側の羽根の水銀濃度は血球の水銀濃度でよく説明できた(岩崎他 2024)。es-BANK 個体の水銀濃度は繁殖期に換わる体幹部の羽根の方が越冬期に換わる飛行羽根より高く、初列風切羽根についてみれば、最内側 P1 から最外側 P10 の換羽順に従い低下した (岩崎他 2023)。先行研究(Furness et al. 1986)と同様、各羽根の水銀濃度の変化は、換羽による排出の季節的な変化を示すとともに、特に、体内水銀蓄積が最低と考えられる時期に伸長する再外側尾羽根 R6 の水銀濃度は餌による水銀取り込み量の個体差も示していると考えられた (岩崎他 2022 口頭発表)。

(2) 越冬海場所と繰り返し利用 延べ 240 回のジオロケータ装着数のうち 187 回につき再捕獲・回収し、うち 161 回の移動データを得て、118 回で再捕獲時に組織標本を採取できた。各個体はこれまでのオオミズナギドリの研究(Yamamoto et al. 2010, Watanuki et al. 2016)と同様、南シナ海、アラフラ海、ニューギニア北部海域のいずれかで越冬期を過ごした (図 1) が、個体ごとに異なる比較的狭い範囲で越冬期間 (3~4 か月) を過ごすこともわかり、南シナ海では中国沿岸部を集中利用する個体が多く、アラフラ海ではニューギニア沿岸、ニューギニア北部海域では比較的島に近い外洋域を利用する個体が多かった。先行研究と同じ傾向であったこと

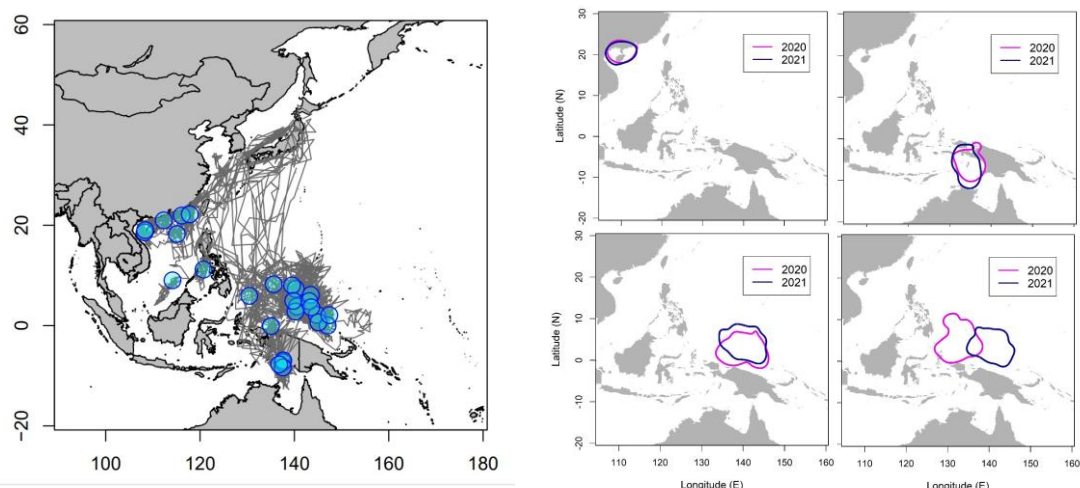


図 1 (左) 2020 年回収個体の各個体の越冬海域。黒いライン移動経路で、水色の丸が各個体の越冬期間中の毎日の位置の重心を中心に直径 500km の円を書いたもの。(右) 2 年繰り返し追跡した各個体の越冬海域の 2 年間の比較。左は典型的な 4 個体の越冬期間の各年の 95%カーネルを示す。右下の個体は忠実度 (面積重複度) が小さい。

から、これらの海域は伝統的にオオミズナギドリの集中利用海域であり、多数のオオミズナギドリの数か月に及ぶ滞在を長年支えている点から、比較的安定した重要海域と言える。2020 年装着個体 100 個体のうち 2021 年には 74 個体を再捕獲し、うち 72 個体には再装着し、2022 年に

そのうち 50 個体を再捕獲した。41 個体から 2 年繰り返し位置データを得て、このうち 3 個体は海域を変えたが、ほとんど (38 個体) は 2 年とも同じ海域を利用した。メソスケールの越冬場所は個体間で異なっている例が多かった (図 1)。うち水銀データのある 40 個体においては、2020/2021 年越冬期換羽尾羽根の水銀濃度と 2021/2022 年換羽尾羽根の水銀濃度は直線関係にあり回帰直線の傾きは 1 との有差はなかった (図 2)。海鳥において、羽根の水銀濃度は伸長時点での血中水銀濃度を反映しており、1 年を通じて食べ物を通して取り込まれた水銀のほとんどは換羽 (60~90%)、糞、卵を通して排出される (Monteiro & Furness 1995; Burger 1993) とされ、本研究の結果からオオミズナギドリでも体内水銀は年をまたいで蓄積がないことが確認できた。多くの個体は比較的狭い同じ場所で毎年越冬するが、一部の個体は場所を変えること、尾羽根の水銀濃度は個体間では大きな差があったが、少なくとも年間で越冬場所を変えない個体では毎年ほぼ同じことがわかった。したがって、尾羽根の水銀濃度の個体差の原因としてメソスケールでの越冬場所が重要であると考えられた (Odagiri et al. 2024 Oral)。

(3) 性と栄養段階の効果 羽根の水銀濃度の性差については、オスが高い例、メスが高い例が知られるが、性差がなかった例も知られている (Furness et al. 1993)。本研究では尾羽根の水銀濃度はオスの方がメスより高かった (図 2)。海鳥では、メスは産卵によって卵へ水銀を移行させるため、羽根の水銀濃度は一般的にメスが低い (Robinson et al. 2012; Ackerman et al. 2020)。オオミズナギドリでは、育雛中に伸長した背面の羽根ではメスのほうがオスより水銀濃度が低かったがそのおよそ 4 か月後に生え変わる風切羽根の水銀濃度に性差は見られなかったため、さらにその後換羽した尾羽根で水銀濃度がオスで高いのは産卵でメスの濃度が下がったせいではない (岩崎他 2024)。尾羽根の水銀濃度の性差の原因ははっきりしなかったが、メスに 0 オスに 1 のダミー変数を与え回帰分析 (図 2)、回帰式からの偏差をもって性差を補正した水銀濃度を得ることができた。鳥類では体内に蓄積した水銀は換羽によりほとんどが排出され、さらに尿、皮膚分泌物によって排出されるため、年齢を重ねてもほとんど体内に水銀が蓄積されることはない (Thompson et al 1991; Becker et al. 2002; Tavares et al 2013)。2 年目の尾羽根の水銀濃度は 1 年目と同じという本研究の結果はこれを支持する。一般に、同じ地域に生息する鳥類でも栄養段階が高い種や個体は生物増幅により水銀濃度が上昇する。栄養段階指標としては体組織中の全窒素の安定同位体比 (バルク $\delta^{15}\text{N}$) が使われる。血中のバルク窒素安定同位体比 $\delta^{15}\text{N}$ が高い個体は血中水銀濃度も高いことが何種かの海鳥で報告されている (Carravieri et al 2018) が、本研究では羽根の窒素安定同位体比と羽根水銀濃度は関係がなかった。さらに、栄養段階をより正確に求めるため、本研究では一部の個体について尾羽根のアミノ酸別窒素安定同位体比をもとめた。鳥類の羽根のアミノ酸別窒素安定同位体比から栄養段階を求める式 (McMahon et al. 2016) をつかってもとめた栄養段階は 3.73 から 4.57 で (4.11±0.04) で水銀濃度には影響しなかった (Odagiri et al. 2023 Oral; 小田桐他 2023 口頭発表)。

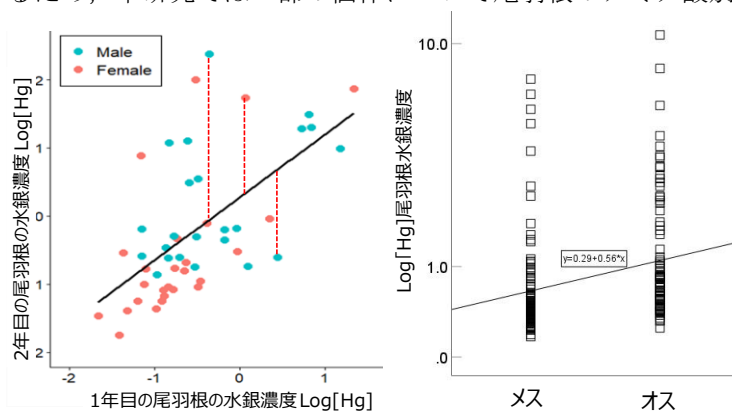


図 2 (左) 2 年繰り返し追跡した個体の尾羽根の水銀濃度の 2 年間の比較。 y (2 年目) = $0.9217x$ (1 年目) + 0.2701 $R^2 = 0.3542$ 傾きは 1 と差がない ($t_{47} = -0.444$, $p = 0.659$) (右) 水銀濃度の性差。オスがメスより高い。

(4) 汚染マップとストレス指標 越冬期間中の各個体の毎日位置の重心に、性で補正した各個体の尾羽根水銀濃度を紐づけマップ化したところ、南シナ海で越冬した個体の尾羽水銀濃度が高く、中でも沿岸域の個体が高く (図 3)、また、ニューギニア北部海域では周囲の個体と比べ特異的に水銀濃度が高い個体があった (小田桐他ポスター発表)。海鳥における水銀の影響として、ストレスホルモンの上昇、繁殖ホルモンの抑制など生理的影響から、繁殖タイミングの遅延、繁殖スキップ、孵化率低下といった個体群影響が報告されている (綿貫 2022)。生存率へ影響が出る羽根の水銀濃度は 5 ppm (Burger & Gochfeld 2002) とする報告があり、本研究では、6% の個体は尾羽根の水銀濃度が 5 ppm を超え、63% の個体は首の羽根の水銀濃度が 5 ppm を超えていた。ミズナギドリ科は長命であり、本研究によりオオミズナギドリ個体は毎年同じ場所で越冬することがわかったため、個体は同じ汚染暴露に繰り返し長年さらされることが示された。本研究により、尾羽根水銀濃度とコルチコステロンには弱い相関関係が見られた。一方、

尾羽根の水銀濃度は尾羽根のフォルトバーのあるなしには影響せず、繁殖期に換羽していた背面の羽根および越冬期換羽した尾羽根の水銀濃度、いずれも繁殖の有無（抱卵していたか）に

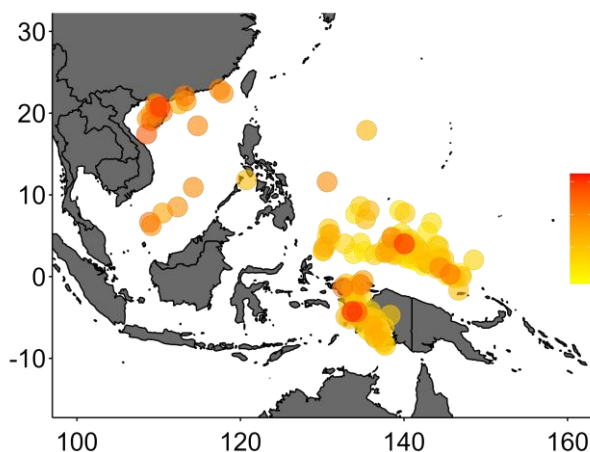


図3 2020年から2022年にジオロケータを装着して得たオオミズナギドリ個体（2年繰り返し追跡個体も独立サンプルとして扱った）の越冬期間における毎日の点の重心を中心とした直径500kmの円にそこで換羽する尾羽根の性を補正した総水銀濃度「Hg」を紐づけて得た水銀汚染マップ

も雛の有無にも影響していなかった（小田桐他2024口頭発表）。水銀は何らかのストレスを与えているかもしれないが、他の汚染物質、気候変化、感染症などの病気、餌不足などもストレス要因となるため強い関連性がみられなかったのかもしれない。

（5）尾脂腺ワックスのPOPs ジオロケータの回収は、繁殖地に戻ってから1カ月前後が経過した産卵前の5月と、繁殖地に戻ってから6カ月前後経過した育雛前期の9月に行われた。5月に再捕獲された個体に比べると9月に再捕獲された個体のPCBs, DDTs, HCHs いずれでも高かった。2021年育雛期9月と越冬後の翌年産卵前5月の両方で再捕獲できた個体と2021年育雛期9月と一年後の2022年育雛期9月の両方で再捕獲できた個体に比べると、前者では9月から翌年5月にかけてPCBs, DDTs, HCHs いずれの濃度も低下し、後者ではPCBsでは逆に多くの個体で1年後の濃度が上昇したが、DDTs, HCHsでは1年後に減少している個体も複数認められた。5月採取サンプルは繁殖期海域（日本周辺海域）での暴露期間がまだ短いので主に越冬期間での汚染暴露を示すと考えられる（二瓶他2023口頭発表）。9月採取サンプルは越冬期間での暴露に繁殖期間の汚染暴露が上乘せされており周年の暴露程度のモニタリングに適していると考えられた。あるいはPCBsでは年齢に伴う体脂質への蓄積を示しているのかもしれない。越冬期間の汚染暴露を反映する5月採取のサンプルだけについて見ると、PCBs, DDTsについては南シナ海越冬個体の濃度はニューギニア北部海域越冬個体より大きく、水銀と同様、南シナ海での汚染の進行がうかがえた。水銀と同様、オスの方がメスよりも濃度が高い傾向はあり、オス、メス分けても海域間の差は認められた。POPsを中心に海鳥を使った汚染モニタリングの有利な点と課題について議論した（高田他2023口頭発表）。

引用文献

Ackerman JT et al. (2020) *Environ Sci & Technol* 54:2878–2891.; 有馬浩史・須川恒 (2004) *日本鳥学会誌* 53: 40–44.; Authier M et al. (2012) *Methods Ecol Evol* 3: 281–290.; Becker et al. (2002) *Environ Pollut* 216:253–263.; Boecklen WJ et al. (2011) *Annu Rev Ecol Evol Syst* 42:411–440.; Burger J (1993) *Rev Environ Toxicol* 5:203–311.; Burger J & Gochfeld M (2002) Effects of chemicals and pollution on seabirds. In: EA Schreiber and J Burger (eds) *Biology of Marine Birds*, CRC Press, pp.485–526.; Carravieri et al. (2018) *Environ Pollut* 237:824–831.; 土井秀幸ほか(2016)安定同位体を用いた餌資源・食物網調査法 共立出版.; Furness RW (1993) Birds as monitors of pollutants. In: RW Furness, JJD Greenwood (eds) *Birds as Monitors of Environmental Change*, Chapman and Hall, London, pp 86–143.; Furness RW et al. (1986) *Mar Pollut Bull* 17:27–30.; GESAMP (2015) *Pollution in the Open Oceans 2009–2013* gesamp.org/site/assets/files/1273/pollution-in-the-open-oceans-en.pdf.; Halpern BS et al. (2012) *Nature* 488: 615–620. Hill RD (1994) Theory of geolocation by light levels. Elephant seals: population ecology, behavior, and physiology 227–236.; Ito A et al. (2013) *Environ Sci & Technol* 47: 7862–7867.; Lascelles BG et al. (2016) *Diversity Distr* doi:10.1111/ddi.12411/Corpus ID:86763407.; McMahon KW et al. (2016) *Ecosphere* 7(12):e01511.; Maxwell SM et al. (2015) *Marine Policy* 58:42–50.; Monteiro LR, Furness RW (1995) *Water Air Soil Pollut* 80:851–870.; Phillips RA et al. (2003) *Auk* 120:1082–1090.; Ramos R et al. (2009) *Ibis* 151:151–159.; Raum K et al. (2007) *Environ Sci & Technol* 41:4580–4586.; Robinson SA et al. (2012) *Environ Sci & Technol* 46:7094–7101.; Sasaki N et al. (2021) *J Vet Med Sci* 83, 1634–1642.; 田辺信介(2016) *生態学会誌* 66:395–398.; Tavares et al (2013) *Environ Pollut* 181:315–320.; Tittensor DP et al. (2010) *Nature*, 466:1098–1101.; Thompson et al. (1991) *J Appl Ecol* 28:672–684.; Wania F, Mackay D (1996) *Environ Sci Technol* 30:390–396A.; Watanuki Y et al. (2016) *Mar Ecol Prog Ser* 546: 263–269.; 綿貫豊 (2016) *生態学会誌* 66:109–1.; 綿貫豊他 (2018) *日本生態学会誌* 68:81–99.; Yamamoto T et al. (2010) *Auk* 127:871–881.; Yamashita R et al. (2007) *Environ Sci & Technol* 41:4901–4906.; Yamashita R et al. (2018) *Arch Environ Contam Toxicol* 75:545–556.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shiho Koyama *, Yuichi Mizutani, Ken Yoda	4. 巻 PartA 258
2. 論文標題 Exhausted with foraging: Foraging behavior is related to oxidative stress in chick-rearing seabirds	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Comparative Biochemistry and Physiology	6. 最初と最後の頁 110984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cbpa.2021.110984	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 岩崎真由・安積紗羅々・石塚真由美・池中良徳・国末達也・綿貫豊	4. 巻 55
2. 論文標題 オオミズナギドリ3個体の各羽根の水銀濃度	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 山階鳥類学雑誌	6. 最初と最後の頁 123-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3312/jyio.55.123	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 岩崎真由・安積紗羅々・石塚真由美・池中良徳・綿貫豊	4. 巻 -
2. 論文標題 オオミズナギドリにおける血球と羽根の水銀濃度	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本鳥学会誌	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 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Watanuki Y, Iwasaki M, Azumi S, Takada H, Ishizuka M, Ikenaka Y, Chikaraish Y, Yoda K
2. 発表標題 Geographical difference of mercury pollution across seas in the western tropical-subtropical Pacific shown by a pelagic seabird
3. 学会等名 PICES 2022 Annual Meeting, 23 Sep 2022 Busan, Korea, Oral (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩崎真由・安積紗羅々・石塚真由美・池中良徳・国末達也・綿貫豊
2. 発表標題 オオミズナギドリの換羽と羽根の水銀濃度
3. 学会等名 日本鳥学会大会, 2022年11月3日から6日, 網走
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Odagiri H, Watanuki Y, Iwasaki M, Azumi S, Thiebot J-B, Takada H, Ishizuka M, Ikenaka Y, Chikaraish Y, Yoda K
2. 発表標題 Feather mercury of a pelagic seabird can be useful indicator of marine pollution
3. 学会等名 W5 PICES 2023 Annual Meeting, 20 Oct Sep, Seattle, USA, Oral (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Odagiri H, Azumi S, Ikenaka Y, Ishizuka M, Chikaraishi Y, Takada T, Yoda Y, Thiebot J.-B., Watanuki Y
2. 発表標題 Consistency of mercury concentrations in tail feathers of Streaked Shearwaters
3. 学会等名 PSG Annual Meeting, Seattle, 2024, 2, 20-24 (Oral) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小田桐光李・岩崎真由・安積沙羅々・Thiebot J-B・高田秀重・石塚真由美・池中良徳・力石嘉人・依田憲・綿貫豊
2. 発表標題 オオミズナギドリの追跡からわかった水銀汚染マップ：性と栄養段階のバイアス
3. 学会等名 海洋学会2023年秋大会 (京都 9月28日)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高田秀重, 山下麗, 水川薫子, 綿貫豊
2. 発表標題 海鳥による地球規模化学物質汚染の監視
3. 学会等名 海洋学会2023年秋大会 (京都 9月28日)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水川薫子, 山下麗, 柏田文美佳, 比企永子, 綿貫豊, 高田秀
2. 発表標題 海鳥のプラスチック添加剤汚染: 尾腺ワックスを用いたグローバルモニタリング
3. 学会等名 海洋学会2023年秋大会 (京都 9月28日)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 二瓶玲香, 柏田文美佳, 水川薫子, 安積紗羅々, 綿貫豊, 高田秀重
2. 発表標題 同一個体の尾腺ワックス分析による渡り鳥の繁殖地および越冬地における汚染物質曝露の解明
3. 学会等名 海洋学会2023年秋大会 (京都 9月28日)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小田桐光李・安積紗羅々・石塚真由美・池中良徳・力石嘉人・高田秀重・依田憲・Thiebot J-B・綿貫豊
2. 発表標題 オオミズナギドリの尾羽を利用した水銀汚染マップの作成
3. 学会等名 第9回北大・部局横断シンポジウム2023.10.11札幌
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小田桐光李
2. 発表標題 オオミズナギドリ の 尾羽を利用した水銀汚染マップの作成
3. 学会等名 2024.3.10 海鳥集会 東大・大気海洋研（共同研究集会）
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 綿貫豊	4. 発行年 2022年
2. 出版社 築地書館	5. 総ページ数 288
3. 書名 海鳥と地球と人間	

〔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	依田 憲 (Yoda Ken) (10378606)	名古屋大学・環境学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	石塚 真由美 (Ishizuka Mayumi) (50332474)	北海道大学・獣医学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	力石 嘉人 (Chikaraish Yoshito) (50455490)	北海道大学・低温科学研究所・教授 (10101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	高田 秀重 (Takada Hideshige) (70187970)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授 (12605)	

	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 協 力 者	池中 良徳 (Ikenaka Yoshinori)		

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2件

国際研究集会 W7 Anthropogenic stressors, mechanisms and potential impacts on Marine Birds and Mammals. PICES Annual Meeting Busan, Korea, 23 Sep 2022	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 W5 Bio-indicators of meso to global scale marine pollution: techniques for integration and standardization, PICES Annual Meeting 20 Oct 2023 Seattle	開催年 2023年～2023年

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