

海鳥類を指標とした海洋における水銀汚染状況の種間及び島間比較

中嶋 千夏 (筑波大学 生物学類) 指導教員: 庄子 晶子 (筑波大学 生命環境系)

【背景・目的】

水銀は微量金属の一つであり、環境中に放出されると大気循環等を経て、最終的にはその多くは海に沈降する。こうして海洋に入った水銀の一部は、微生物の作用等により毒性の強いメチル水銀 (MeHg) に変化したのち、プランクトンから高次捕食者まで生物濃縮しながら水銀汚染濃度は上昇していく。このため、海洋生態系の高次捕食者である海鳥類は生物増幅した高濃度の水銀を体内に取り込んでいることが知られている。海鳥類の組織中の汚染物質濃度は、海洋環境における汚染の指標として広く用いられており、サンプリングが容易で非致命的であるという理由から羽がよく使われている。近年、鳥の渡り経路を記録するデータロガーの一つである、“ジオロケーター (小型位置記録計、以後 GLS)”が使われるようになり、これまで観察が難しかった海上での行動及び分布を可視化することが可能となった。そこで、海鳥の羽中の水銀濃度を測定し、その利用海域を明らかにすることで、広範な海洋において水銀汚染量を定量化することができる。

海鳥類は主に海上で生活するが、繁殖期になると陸上で巣を作り、一夫一妻でつがいを形成して子育てを行う。本研究では太平洋西側に位置する北海道・天売島、太平洋北側に位置するアラスカ・ミドルトン島、及び大西洋に位置するウェールズ・スコマー島において、ウトウ (*Cerorhinca monocerata*)、エトピリカ (*Fratercula cirrhata*)、ニシツノメドリ (*Fratercula arctica*) の羽に蓄積した水銀濃度を測定した。3 種はチドリ目ウミスズメ科に属する。繁殖中の親鳥を捕獲して羽を採取し、それらに蓄積した水銀濃度を分析した。対象種は繁殖が終了した直後に、翼の風切羽を新しく置き換えることが知られている。水銀は、この羽が生え変わる (換羽) 時に摂取した餌とその 1 ヶ月程度前までの餌中の水銀濃度を反映する。このことから、風切羽は繁殖地周辺の海域の水銀汚染量を反映する。また、体羽は非繁殖期に広い範囲で換羽を行うため、非繁殖期の水銀汚染量を反映する。羽試料は前年に装着した GLS を回収後に採取し、利用海域を可視化した。

海洋における水銀汚染量をマッピングするためには、より広範囲で多くの種を用いて検証する必要がある。先行研究で示されている北太平洋に生息する海鳥類羽中の水銀濃度と利用海域をレビューすることで、水銀汚染量の変動に関わる要因の探索を行う。

【方法】

GLS の装着は全島で 2017 年から行い、2018 年から 2019 年にかけてミドルトン島でウトウとエトピリカ、スコマー島でニシツノメドリ、2018 年から 2020 年にかけて天売島でウトウを捕獲して、GLS の回収及び胸羽、尾羽、風切羽の採集を行った。採集した羽は冷凍保存後に研究室へ持ち帰り、それぞれ水銀濃度の分析を行った。GLS には装着期間中の照度と時間が記録されており、そのデータから日の出と日の入時間を抽出して位置情報を取得した。R パッケージ *twGeos* (version 0.1.2) を用いて日の出と日の入時刻を取り出し、*FLightR* (version 0.5.1) でその時刻における個体の緯度経度を推定した。緯度経度データを基にカーネル密度推定

を使い、非繁殖期寒中の個体の分布 (利用海域) を可視化した。GLS 及び統計の解析は R Studio (version 1.3.959) を使用した。

【結果・考察】

2018 年と 2019 年を平均すると、ミドルトン島で繁殖しているウトウの水銀濃度は乾重量で $2.02 \pm 1.17 \mu\text{g g}^{-1}$ (平均値 \pm 標準偏差、 $N=232$)、エトピリカは $1.46 \pm 0.38 \mu\text{g g}^{-1}$ ($N=54$)、スコマー島のニシツノメドリは $1.99 \pm 2.08 \mu\text{g g}^{-1}$ ($N=79$) であった。また、2018 年から 2020 年の値を平均すると、天売島で繁殖しているウトウの水銀濃度は $1.74 \pm 0.60 \mu\text{g g}^{-1}$ ($N=135$) であった。これらの結果から、同じミドルトン島で繁殖するウトウとエトピリカは種間で水銀濃度が異なることが示された (2018: $p < 0.01$, 2019: $p < 0.05$)。また、2019 年の繁殖期においてミドルトン島と天売島のウトウの水銀濃度にも差があり ($p < 0.05$)、同じ種であっても場所が異なると水銀蓄積量に差があることが示された。さらに、太平洋に分布する海鳥の羽の水銀濃度を先行研究から抽出してレビューを行った結果、繁殖場所及び目名で水銀濃度に違いが見られた。本研究及び先行研究から場所ごと、種ごとで水銀濃度に差があることが分かった。

スコマー島のニシツノメドリの羽から 2018 年に $2.11 \pm 2.18 \mu\text{g g}^{-1}$ 、2019 年に $1.66 \pm 1.78 \mu\text{g g}^{-1}$ の水銀が検出され、2018 年の方が高かった ($p < 0.05$, 図 1)。ニシツノメドリの 2018 年の巣立ち率は 0.62 で例年の平均 0.67 を下回っており、2019 年になると 0.73 に上昇していた。ミドルトン島のウトウにおいても 2018 年の巣立ち率が 0.54、2019 年は 0.61 と、2018 年が悪く、繁殖成績が悪化した年の水銀濃度が高いため ($p < 0.01$, 図 1)、繁殖成績に水銀濃度が関係している可能性がある。

2019 から 2020 年のジオロケーターから得られたデータによると、天売島 (西太平洋) で繁殖するウトウは、繁殖が終わると天売島から北に位置する樺太まで移動し、その後朝鮮半島の沿岸で越冬していた。2018 から 2019 年にかけてスコマー島 (大西洋) で繁殖するニシツノメドリの越冬海域は、スコマー島の北側 (アイスランドの下) または南側 (スペイン周辺) に二分した。ミドルトン島 (北太平洋) のウトウとエトピリカはアラスカ湾周辺、ブリティッシュコロンビア沿岸に分布していた。

今後は水銀濃度と GLS から得られた利用海域を照らし合わせ、海域ごとの水銀濃度を可視化し、更なる考察を行う。

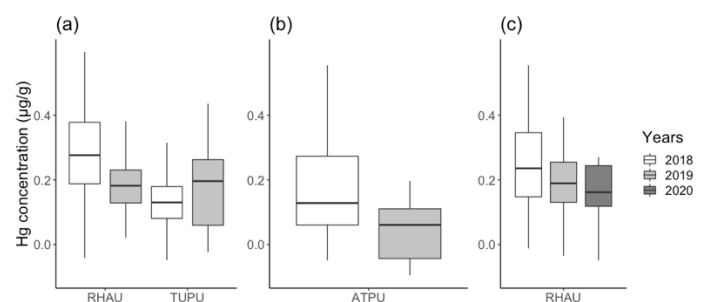


図 1. 対数変換した水銀濃度 ($\mu\text{g/g}$) の種間における年変動 (a) ミドルトン島のウトウ (RHAU) とエトピリカ (TUPU)、(b) スコマー島のニシツノメドリ (ATPU)、(c) 天売島のウトウ