

令和 6 年 6 月 28 日現在

機関番号：72641

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05641

研究課題名（和文）隠蔽種が明らかとなった特別天然記念物アホウドリの生殖隔離に関連する行動学的研究

研究課題名（英文）Behavioral study related to reproductive isolation in the endangered Short-tailed albatross, consists of two species

研究代表者

富田 直樹 (Tomita, Naoki)

公益財団法人山階鳥類研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：90619917

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：隠蔽種が明らかとなったアホウドリ2タイプ（鳥島タイプと尖閣タイプ）が、鳥島に同所的に繁殖している状況を利用して、2タイプ間の非繁殖期の利用海域の違いや、繁殖開始や渡り時期のずれなど交尾前隔離にかかわる生態的要因について、個体レベルで直接検証し、保全単位の再検討を目指す。本研究によって、鳥島タイプと尖閣タイプの非繁殖期の利用海域は分断傾向にあることを明らかにした。また、遺伝子解析によって、鳥島では過去に両タイプ間で交雑は確認されていたが、その頻度は低く、生殖隔離が歴史的に強化されていることを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海鳥では、同じ繁殖集団でも非繁殖地が異なる例が多く、複数の保全単位からなる可能性が高い。アホウドリは一つの保全単位として、絶滅確率などが計算され、それに基づき保全戦略がたてられている。遺伝的特性から二つの保全単位からなる可能性があるが、本研究は生態的特性から二つの単位として扱うべきか検討した。非繁殖地ごとに汚染や混獲などのリスクが大きく異なる場合、同じ繁殖地の集団でも保全単位ごとにこれらのリスクに応じた対策をとる必要が出てくる。これは、保全を必要とする渡り性の鳥類すべてにあてはまる問題であり、応用範囲は広い。

研究成果の概要（英文）：Using the situation where two types of Short-tailed albatrosses (Torishima type and Senkaku type), which were found to be cryptic species, breed sympatrically on Torishima, we aim to directly examine the ecological factors related to pre-mating isolation, such as differences in the areas used by the two types during the non-breeding season, as well as the timing of breeding initiation and migration, at the individual level and reexamine the conservation unit. These studies revealed that the waters used by the Torishima and Senkaku types during the non-breeding season tend to be different. Genetic analysis also revealed that hybridization between the two types has been observed in the past on Torishima Island, but at a low frequency, suggesting that reproductive isolation has been historically enhanced.

研究分野：鳥類生態学，保全生物学

キーワード：アホウドリ 鳥島 尖閣諸島 保全単位 非繁殖期 繁殖タイミング

1. 研究開始当初の背景

生物の保全を行うにあたり種や亜種と同様に、進化的に重要な単位(ESU)や管理の単位(MU)を明確にすることは重要である。今日、海鳥は侵略的外来種などによる営巣地環境の悪化や漁業による混獲などの影響で個体数減少が継続しており、30%以上の種がレッドリストに記載されている。特に、アホウドリ・ミズナギドリ・ウミツバメ科のミズナギドリ目の種では半数以上にのぼる。一方、海鳥は、移動・分散能力が高いため、理屈上は地理的隔離による遺伝的な分化はおこりづらい。しかし、実際は種間・種内の遺伝的変異が大きいことはよく知られている。この要因のひとつとして、あるひとつの繁殖集団内に、非繁殖期の一定期間に滞在する海域が異なるサブグループが複数あり、それらの間の遺伝的交流が何らかの理由で妨げられるためという説(非繁殖期利用海域分断仮説)がある。ミズナギドリ目は、非繁殖期の利用海域が複数あり、各個体は毎年同じ海域で非繁殖期を過ごす。そのため遺伝的な分化が進んでいる可能性が高い。他に、遺伝的交流を妨げる社会的な要因として、交尾前隔離に影響する求愛行動や体サイズの違いも考えられる。そのため、遺伝的分化の生態的要因を解明したうえで、保全のための単位を明確にする必要がある。

2. 研究の目的

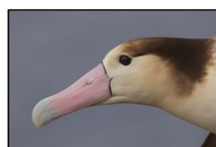
アホウドリは、主に北太平洋の伊豆諸島鳥島と沖縄県尖閣諸島で繁殖する。近年はかつて繁殖地であった小笠原諸島への再導入の成功により新繁殖地の形成が進んでいる。かつて13の島に600万羽が繁殖していたが、羽毛採取を目的とした乱獲により、20世紀初頭には鳥島と尖閣諸島を除き全ての島で絶滅した。国の特別天然記念物および絶滅危惧種に指定された後、保護活動によって総個体数は6,000羽以上に回復した。国際的にも国際保護鳥や危急種に指定されており、世界的にも関心が高い。本種はこれまで保全上ひとつの単位として、わが国では営巣環境改善や新繁殖地の形成、米国では混獲数の制限が行われている。しかし、近年、遺伝子解析(ミトコンドリアDNA)により、鳥島と尖閣諸島に由来するアホウドリは異なる系統の遺伝子型をもち、約60万年前に分化したことが明らかとなった。さらに、両タイプが同所的に繁殖する鳥島では、不完全ながら同類交配が成立している他、非繁殖期の利用海域も異なる傾向にあること(鳥島タイプ:主にベーリング海、尖閣タイプ:主にオホーツク海)が明らかになっている(下図)。

その後、形態的な差も示され、両タイプの鳥は一見よく似ているものの、異なる歴史を持つ別種(=隠蔽種)であると結論づけられた。このように、一連の研究を通してアホウドリ2タイプの交尾前隔離にかかわる生態的要因が分かりつつある。特に、両タイプの非繁殖地の情報は、タイプごとに混獲リスクが違うかなどを考える点でも、保全戦略に大きく影響する問題であり、これを配慮して保全単位をきめる必要がある。そこで、本研究は、アホウドリ2タイプが鳥島に2次的に同所的に繁殖している状況を利用して、繁殖開始や渡り時期のずれにかかわる非繁殖地の違いと求愛行動の違いについて、個体レベルで直接検証し、保全単位の再検討を目指す。

鳥島で繁殖する2タイプのアホウドリ

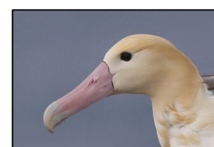
鳥島タイプ

主に鳥島で繁殖
尖閣諸島は不明

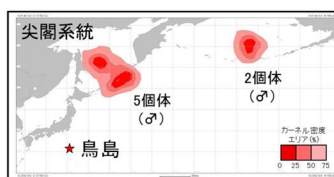
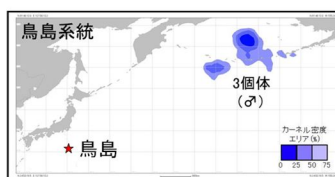


尖閣タイプ

主に尖閣諸島で繁殖
鳥島でも少数繁殖



体サイズ
大 > 小
but
くちばし
短 < 長



非繁殖期(6~9月)の利用海域

3. 研究の方法

本研究は、1) 鳥島の繁殖地内に定点カメラを設置し、これまでの調査から各タイプの巣場所が既知のペアの繁殖地への到着時期(繁殖タイミング)と求愛行動をモニタリングする。2) 小笠原諸島に移送された雛のタイプ(鳥島あるいは尖閣)を遺伝子解析で特定し、既に得られている非繁殖期の利用海域との関係を明らかにする。非繁殖期の分断が先天的に決まっているものかどうかを検討する。3) 尖閣諸島で繁殖するアホウドリが利用することが分かっている海域(青森県下北半島沖や北海道北部沖)で足環標識のないアホウドリの捕獲を行い、衛星追跡型GPSロガーを装着することで、2002年以來まったく調査が行われていない尖閣諸島で繁殖する個体の1年を通じた移動を直接的に調べる。

4. 研究成果

1) 鳥島タイプと尖閣タイプの子島への飛来状況

鳥島の繁殖地におけるアホウドリの飛来状況や抱卵状況をモニタリングするため、2021年2月～2024年3月まで、初寝崎、燕崎、子持山の3ヶ所の繁殖地に自動撮影カメラ(06:00～18:00の毎正時に1枚撮影するように設定)を設置した。この他に、鳥島タイプと尖閣タイプの繁殖地への到着時期(繁殖タイミング)を調べるため、初寝崎に鳥島タイプと尖閣タイプの巣が複数巣撮影できる場所に同様のカメラを設置し、各タイプの鳥島への到着時期を調べた。その結果、2021年10月13日に尖閣タイプの巣のオスが、続いて同巣のメスが10月18日にそれぞれ初帰島した。一方、鳥島タイプの巣では10月16日にオスが、10月23日にメスがそれぞれ初帰島し、タイプ間で帰島日に3～7日間の違いが確認された。

2) 鳥島タイプと尖閣タイプの非繁殖期の利用海域の分析

鳥島タイプと尖閣タイプの交尾前隔離に影響し、遺伝的交流を妨げる要因の一つと考えられる各タイプの異なる非繁殖期の利用海域が、先天的に決まっているかどうかを検討するため、鳥島から小笠原諸島に移送された雛のタイプを遺伝子解析(ミトコンドリアDNA・制御領域2)で特定した。この結果、小笠原諸島に移送された雛の中に尖閣タイプの雛が含まれることを明らかにし、既に得られている非繁殖期の利用海域が個体によって異なることを明らかにした。今後は、遺伝子解析によって明らかとなった各個体の属するタイプと非繁殖期の利用海域との関係を明らかにする予定である。

また、これと関連して両タイプが同所的に繁殖する鳥島において、雛のマイクロサテライトDNAを解析した結果、過去に両タイプ間で交雑は確認されていたが、その頻度は低く、生殖隔離が歴史的に強化されていることを示唆した。この成果は、鳥類研究を対象とした国際誌(Avian Conservation & Ecology)に掲載された。今後は、初寝崎のヒナのマイクロサテライトDNAの解析を行う必要がある。さらに、アホウドリの学名「*Phoebastria albatrus*」は、尖閣タイプのアホウドリが引き継ぐことを記載した論文が、分類学を対象とした国際誌(Zootaxa)に掲載された。

3) 尖閣諸島で繁殖するアホウドリの利用海域

尖閣諸島で繁殖するアホウドリの1年を通じた移動や利用海域、繁殖タイミングを明らかにするため、2023年5月に東北地方太平洋沖で調査を実施した。足環標識の無いアホウドリ2個体の捕獲および衛星追跡型GPSロガーの装着に初めて成功し、2024年3月末時点で追跡を継続している。これらの個体は、DNA解析によって尖閣タイプであることが確認された。2個体ともに非繁殖期は、主にオホーツク海を利用していた。これは鳥島で繁殖する尖閣タイプのアホウドリの利用海域と一致していた。

また、これと関連して両タイプが同所的に繁殖する鳥島において、両タイプ間で非繁殖期の利用海域が異なる傾向にあることを示した成果が、絶滅危惧種研究を対象とした国際誌(Endangered Species Research)に掲載された。

本研究によって、アホウドリ2タイプの交尾前隔離にかかわる生態的要因が明らかになりつつある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tomita N., Sato F., Thiebot J.-B., Nishizawa B., Eda M., Izumi H., Konno S., Konno M., Watanuki Y.	4. 巻 53
2. 論文標題 Incomplete isolation in the nonbreeding areas of two genetically separated but sympatric short-tailed albatross populations	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Endangered Species Research	6. 最初と最後の頁 213-225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/esr01302	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 Eda M., Izumi H., Konno S., Konno M., Watanebe Y., Sato F	4. 巻 18
2. 論文標題 Evidence of historical pairing between two cryptic species of Short-tailed Albatross	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Avian Conservation and Ecology	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) 10.5751/ACE-02353-180103	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 -
1. 著者名 出口智広	4. 巻 54
2. 論文標題 アホウドリ移住計画はどこまで進んだ？	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 山階鳥類学雑誌	6. 最初と最後の頁 55-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3312/jyio.54.55	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 -
1. 著者名 Nishizawa B., Thiebot J.-B., Sato F., Tomita N., Yoda K., Yamashita R., Takada H., Watanuki Y.	4. 巻 11
2. 論文標題 Mapping marine debris encountered by albatrosses tracked over oceanic waters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-90417-x	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 Yamasaki T., Eda M., Richard S., Vladimir L.	4. 巻 5124
2. 論文標題 Neotype designation of the Short-tailed Albatross <i>Phoebastria albatrus</i> (Pallas, 1769) (Aves: Procellariiformes: Diomedidae)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Zootaxa	6. 最初と最後の頁 81~87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11646/zootaxa.5124.1.6	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3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 富田直樹・今野怜・今野美和・澤祐介・佐藤文男
2. 発表標題 鳥島初寝崎のアホウドリ新営巣地の安定と個体群の増大
3. 学会等名 日本鳥学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hayashi H., Nishizawa B., Tomita N., Ochi D.
2. 発表標題 Sex-related variation in the distribution and relation with longline fisheries of Black-footed Albatrosses
3. 学会等名 2024 Pacific Seabird Group 51st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 林はるか・西沢文吾・富田直樹・越智大介
2. 発表標題 クロアシアホウドリと漁船の分布の時空間的重複
3. 学会等名 日本鳥学会
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	江田 真毅 (Eda Masaki) (60452546)	北海道大学・総合博物館・教授 (10101)	
研究分担者	出口 智広 (Deguchi Tomohiro) (60414091)	兵庫県立大学・地域資源マネジメント研究科・准教授 (24506)	

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
---------	---------