

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25281056

研究課題名(和文)新しい移動追跡法を用いた島嶼生態系保全システム構築のための基盤的研究

研究課題名(英文)A fundamental study to construct a conservation system of island ecosystem using new tracking method

研究代表者

河野 裕美 (Kohno, Hiroyoshi)

東海大学・沖縄地域研究センター・教授

研究者番号：30439682

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：6種の海鳥が繁殖する八重山諸島仲ノ神島において、カツオドリの長期個体群動態とその単純モデルのパラメータとなる繁殖成功率(79%)、年生残率(成鳥92%)等を解析した。また、バイオロギングにより成鳥の利用海域(繁殖期：半径100km内、非繁殖期：フィリピン南部～パプアニューギニアおよび黄海)を明らかにした。一方、若鳥期の低生残率(繁殖参加まで28%)の説明のため、幼鳥にセンサを装着したが、帰還個体を再捕獲できなかった。その他にクロアジサシの非繁殖地の利用海域や、オオミスナギドリの体サイズの種内変異を明らかにした。島嶼生態系の保全管理にとって、今後は小型種の利用海域を解明する必要がある。

研究成果の概要(英文)：Nakanokamishima, located in the Yaeyama Islands, is the breeding habitat for six seabird species. The long-term population trends of the Brown Booby and some parameters, being breeding success (79%) and annual survival rate of adult (92%), for the simple model of its trends were analyzed. Based on bio-logging, habitat of breeding was within radius of ca. 100km, and habitats of the non-breeding was from the southern Philippines to Papua New Guinea, or on the Yellow Sea. Although, the logger was attached to fledglings to explain the low survival during young (survival rate before breeding; 28%), we could not recapture them which returned to the island. Furthermore, non-breeding habitat of the Brown Noddy and the geological variation of the body size of the Streaked Shearwater were explained. It is necessary to elucidate the habitats of small species for the conservation of the island ecosystem in the future.

研究分野：海洋生態学

キーワード：島嶼生態系 保全 海鳥 バイオロギング 個体群動態 長期的モニタリング 利用海域

1. 研究開始当初の背景

6千を超える鳥を有する我が国は、その中で独自の生物多様性を育み、さらに海鳥類の繁殖地として特異的な島嶼生態系を構成している島も少なくない。こうした島々には国の天然記念物として指定されるものもあるが、ほとんどが無人島・離島であり、動的側面をモニタリングし続けることは、技術的・金銭的に難しい。そのため、島嶼生態系をモニタリングする簡便で低コストのシステムを構築し、海鳥の個体群動態のメカニズムを明らかにして、保全および今後の海洋開発の指針を示すことが望まれる。

2. 研究の目的

動物搭載型センサを用いて海鳥類を中心とした島嶼生態系の変動を記録し、海鳥の個体群動態を左右するメカニズムを明らかにする。その上で、過去30年以上にわたりモニタリングしてきた長期変動を評価かつ将来予測することにより、島嶼生態系の保全および観光開発の指針を示すことを目的とする。具体的には、国の天然記念物・仲ノ神島海鳥集団繁殖地を対象として、海鳥類の繁殖期・非繁殖期の移動や環境情報を記録する装置を装着する。得られた環境、採餌行動、繁殖生態、移動などの情報を統合し、海鳥の個体群動態の変動を説明する。

3. 研究の方法

本研究は、八重山諸島仲ノ神島海鳥集団繁殖地を対象とした。仲ノ神島には、本海域を分布の北限近隣海域とするカツオドリ、セグロアジサシ、マミジロアジサシ、アナドリといった熱帯性種と、南限海域とするオオミズナギドリが繁殖する。仲ノ神島への渡島は海況の影響を受けて頻度が限られ、2013~2016年の間、毎年10回程度であった。各種別に調査の項目と方法を以下に記す。

カツオドリ

本種は、30年以上の営巣数や繁殖段階のモニタリングを実施してきており、本研究でもそれを継続し、動態解析を行なった。営巣数はルートセンサでカウントし、各年とも3~8月に複数回実施した。成鳥や巣立ち前後の幼鳥に対して、環境照度の記録から位置が推定できるジオロケータ (Mk3006、Biotrack Ltd.、以下、GLS) を装着し、渡りの時期や経路、越冬や分散海域、および着水行動について追跡した。また装着後の記録を遠隔でダウンロード可能なGPSロガー (URIA-420 or URIA-300、EcoTone) が開発されたことを受けて、育雛期中の親鳥に対して本ロガーを装着し、利用海域を解析した。

セグロアジサシ

本種もまた、カツオドリと同様に30年以上の間、個体群動態の記録を続けており、本研究でもそれを継続した。指標としたのは成

鳥数と雛数であり、高密度なコロニーを形成するため、コロニー内を2定点から分割撮影して、写真をもとにカウントした。

オオミズナギドリ

日本列島各地の個体群間での体サイズの相違 (種内変異) を明らかにするため、体各部の計測を行なった。また、成鳥に対してGPS (GiPSy-4、TechnoSmArt) やGLS (Mk3006、Biotrack Ltd.) を装着し、採餌海域と越冬海域を追跡した。

クロアジサシ

本種は島の広範囲におよんで岩棚等に低密度なコロニーを形成する。特定の調査エリアを設けて、成鳥に対してGLS (Mk5040、Biotrack Ltd.) を装着し、渡り経路と越冬海域を追跡した。なお、本種を含めてGPSによるアジサシ類の繁殖期中の採餌海域の特定や、GLSによるクロアジサシ以外のアジサシ類の越冬海域の特定も検討したが、それによる渡島回数の増加や夜間を含めた捕獲作業などが繁殖個体への過度な攪乱に繋がると判断し、見送った。

4. 研究成果

カツオドリ

1985年に調査を開始した当時は200巣前後であったが、その後、年率約6%の増加で、2014年には約1000巣に達した (図1) (Kohno & Mizutani 査読中)。

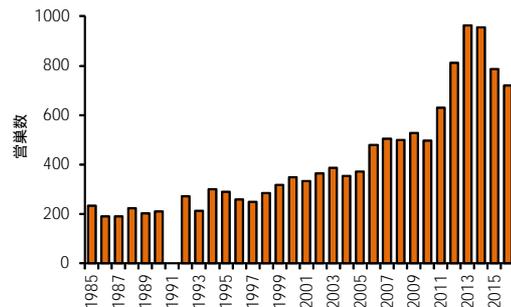


図1 カツオドリの営巣数の変化

1970~1990年代までの繁殖生態や標識の調査の結果を解析したところ、本個体群の繁殖成功率は79%、繁殖開始年齢4~6年で、それまでの生残率28%、成鳥の年生残率92%であった。個体群動態の単純モデルにならない、ある年の営巣数 N_t は前年からの残存営巣数と新規加入営巣数の和として計算する。前年からの営巣数の残存率を成鳥年生残率 S (0.92) と同等とすると、残存営巣数は N_{t-1} と S の積となる。性比(1:1)や移出入0 (実際には別亜種の飛来と繁殖が確認されたため (Kohno & Mizutani 2015)、0ではない) とし、加入個体は翌年につがい形成して繁殖に加わるといった粗い定義をし、新規加入営巣数は N_{t-1} に繁殖成功 f (0.79)、繁殖開始年齢

までの生残率 $sa(0.28)$ として次式に代入した。

$$N_t = (N_{t-1} \cdot S) + (N_{t-1} \cdot f \cdot sa \cdot 0.5)$$

本モデルは当然ながら過大評価が否めないが、年増加率は 3% と算出され、実際の値よりも低かった。従って上述のパラメータいずれかが近年に上昇した可能性がある。

本繁殖地は分布の北限近くにある。雛の外見上の発達状態から週齢を推定し、孵化日や産卵日を算出して、個体群の繁殖期を判断すると (Kohno et al. 2013)、産卵は 12 月から始まり、8 月ころまで続くが、そのピークは毎年 2~4 月にある (図 2)。

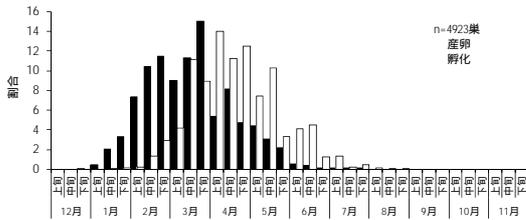


図 2 カツオドリの推定産卵・孵化時期

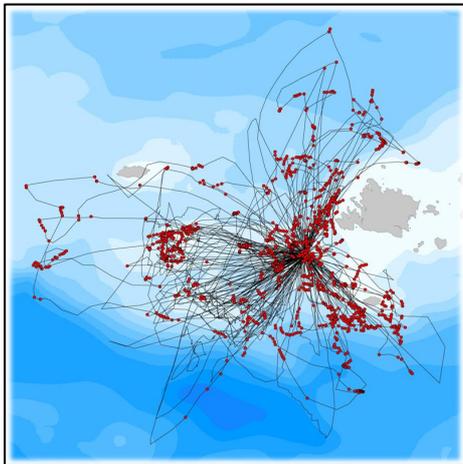


図 3 育雛中のカツオドリの移動軌跡

このピークに産卵した巣の雛の成長様式は、他の個体群と同等であった (Kohno et al. 査読中)。また GPS により育雛中の成鳥の採餌行動と採餌海域を追跡したところ、採餌は 4~5 時間/trip、0~3trip/day で行なわれ、採餌海域は主に半径 40km (最大 100km) であり (図 3) また年や時期による違いも認められなかった。利用海域には水深 0~200m ほどまでの急傾斜や水深 2000~4000m ほどの急傾斜といった海底地形の特徴があった。本個体群の餌生物は、主にトビウオ類のほか、イカ類や表層性小魚類を利用するが、利用頻度の高い海域の一つ (波照間島南沖) では、実際にトビウオ漁が行なわれており、餌生物の分布との関連が示唆された。こうした採餌行動や範囲は、他の個体群とほぼ同等である。繁殖成功率や雛成長も他個体群との相違はなく、少なくとも繁殖期盛期で産卵した場合、台風等のイベントによる大規模な繁殖失敗を除けば、比較的高い雛生産性が望める。

一方、一般的なカツオドリのパラメータと異なるのは、繁殖開始齢までの生残率 (通常 30~40%) であり、本個体群はやや低い。従って、この独立後の若鳥の生残率向上が近年に生じたのかもしれない。本種は巣立ち後から独立まで親鳥が補助的な世話をし、その期間 (以下、PFDP) は比較的長いと言われている。本個体群では主に 2~4 月のピークに産卵された場合でも、ほぼ全ての幼鳥が 11 月までに渡去する (Kohno et al. 査読中)。これは、カツオドリの飛翔行動が風速に影響を受けるため、冬期東アジア季節風 (11~3 月) が渡去の時期を制限するためであろう (Yamamoto et al. 2017)。1980 年代に実施した標識幼鳥の観察に基づけば、本個体群の PFDP は 24~124 日間 (中央値 50 日間) と推定された (Kohno et al. 査読中)。また飼育下の幼鳥ではあるが、巣立ち後 2 ヵ月までは十分な自力採餌ができていないことが分かっている (Yoda et al. 2007)。つまり本個体群の幼鳥には、自力採餌の技術を習得する前に独立する個体が比較的多く含まれ、結果としてその後の生残率が低くなるのかもしれない。

GLS により得られた成鳥の非繁殖期の利用海域は、主にフィリピン南部、ボルネオ島、パプアニューギニアなどのほか、一部は北上して黄海を利用する個体もいた (図 4)。複数年間の記録が得られた成鳥では、いずれも非繁殖期の利用海域は、年による再現性が認められた。一方、独立後の若鳥のその後の生残の可能性について、同様に巣立ち前の幼鳥に GLS を装着して分散・利用海域や、PFDP と生残との関係を追跡したものの、本期間では帰還個体を確認できたものの、再捕獲には至らなかった。しかし、1 個体のみフィリピン南部で死亡・回収され、GLS を得ることができた。本個体は仲ノ神島を離れた後、14 日間かけてスルー海まで南下した (図 5)。その後 37 日間を生存したが、最後の 7 日間に浮遊休息時間が徐々に増して落鳥した。本個体の PFDP は推定 49 日間で中央値と同等であった。

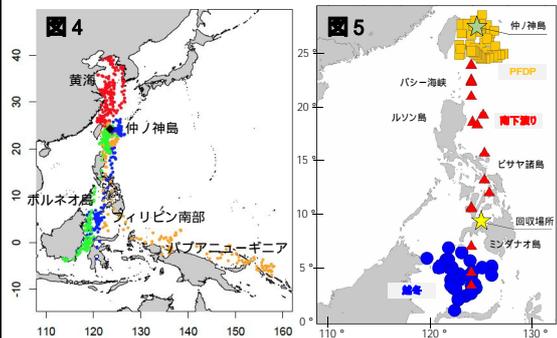


図 4 カツオドリ成鳥の非繁殖期の利用海域例
図 5 カツオドリ若鳥の PFDP から越冬までの移動軌跡

PFDP とその後の生残の可能性を検証するには至らなかったが、今後も帰還個体の再捕

獲は十分に期待でき、引き続き継続する予定である。

では、独立後の生残率の向上がどの様に起こりうるか、ということについて予察する。まず、産卵期が過去 40 年で早まっている可能性が挙げられるが、その明確な傾向は見出せなかった。一方で PFDP 期間中の幼鳥にビデオカメラを装着した先行研究 (Yoda et al. 2011) では、幼鳥が他種を含めた他個体 (特に同種成鳥) を追従することで、飛翔時間を増幅させ、採餌場に到達するなどの社会相互作用を得ていることが示唆された。カツオドリに限らず、この 40 年間で様々な海鳥が個体群を回復させたこと (セグロアジサシ参照) は、PFDP 期および若鳥の分散期に他個体と出会う機会と採餌成功率を増加させ、ひいてはその後の生残の可能性を引き上げたのかもしれない。

これらの検証には、今後、上述の帰還若鳥の GLS の回収・解析に加えて、PFDP 期の野生下幼鳥に対する GPS 装着による採餌場探索行動の発達過程を明らかにする必要があると考えられた。

セグロアジサシ

本種は約 40 年間で成鳥、雛 (幼鳥) とともに約 2 倍に増加し、近年では各々最大 1 万個体と 5 千個体が計数されるようになった (図 6)。

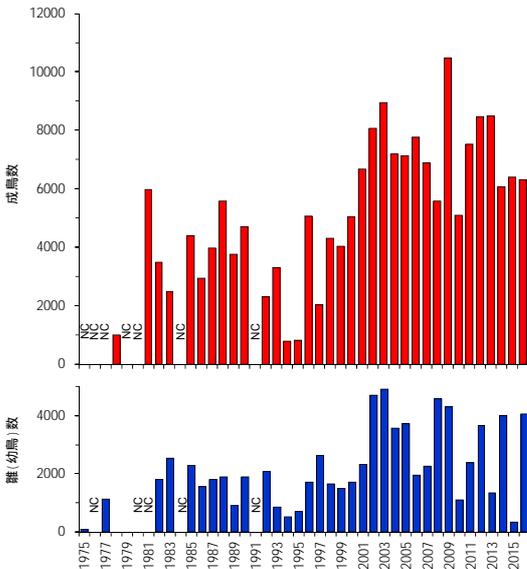


図 6 セグロアジサシの成鳥数と雛数の変化

オオミズナギドリ

南北に広く分布する本種は、低緯度地方ほど体サイズが小さいことが分かり、仲ノ神島の個体群はその中で最も小さかった (Yamamoto et al. 2016)。その適応的意義は、体が小さいほど熱を逃がしやすいといった体温維持に関わるベルグマンの法則を支持する。さらに、小さくなることで翼面荷重が低下し、餌の予測性が低い熱帯海域で飛翔中のエネルギーコストを抑えるという利点もあると予想される。GPS により育雛中の成

鳥の採餌行動と採餌海域を追跡したところ、オオミズナギドリは繁殖地から 150km 以上離れた台湾沿岸域および大陸棚域を利用して (図 7)。胃内容物の吐き戻し調査により、本個体群の餌生物は主にトビウオ類やイカ類であり、沿岸域および大陸棚域でそれらの餌生物の分布密度が高いのかもしれない。GLS により得られた成鳥の非繁殖期の利用海域は、全て南シナ海であった (図 8)。その他の繁殖地のオオミズナギドリでは、主要な越冬海域はパプアニューギニア北方海域およびアラフラ海であり、南シナ海を利用する個体は比較的少ない。仲ノ神島は南シナ海から近いという地理的位置が関係しているのかもしれない。

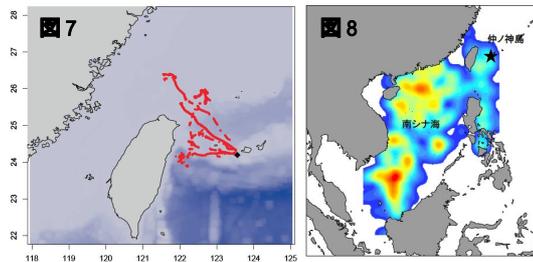


図 7 育雛中のオオミズナギドリの移動軌跡
図 8 オオミズナギドリ成鳥の非繁殖期の利用海域

クロアジサシ

GLS により得られた成鳥の非繁殖期の利用海域は、南シナ海やスルー海であった (図 9)。本研究期間中に再捕獲・回収できた個体数は少なく、重要海域の特定には至らなかったものの、現在も装着個体の生存を多数確認しており、今後もデータの蓄積が期待できる。

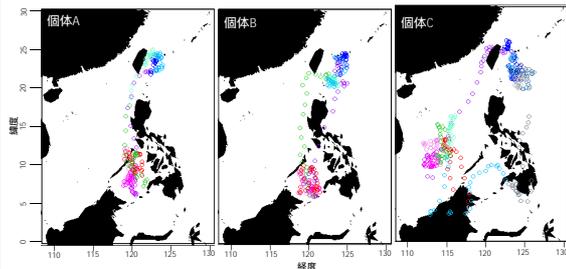


図 9 クロアジサシ成鳥の移動軌跡

以上の様に、本研究では調査機会の限られる仲ノ神島において、包括的な島嶼生態系保全に資することを目的として、個体群動態の長期的モニタリングと併行して、いくつかの種では動物装着型の小型機器類を用いた繁殖・非繁殖期の利用海域について、基礎的データを集積することができた。未解明であった他の種でも早急に同等の情報集積に努める必要がある。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 8 件)

Kohno, H., Yamamoto, T., Mizutani, A., Murakoshi, M., and Yoda, K., Breeding

phenology and chick growth of the Brown Booby *Sula leucogaster* (Sulidae) on Nakanokamishima, Japan. *Ornithological Science*. 査読中

Yamamoto, T., Kohno, H., Mizutani, A., Sato, H., Yamagishi, H., Fujii, Y., Murakoshi, M. and Yoda, K. (2017) Effect of wind on the flight of Brown Booby fledglings. *Ornithological Science*, 16, 17-22. 査読有

河野裕美・水谷晃 (2016) 大水糺鳥 - 外洋性海鳥の研究最前線 - 八重山諸島仲ノ神島. 月刊海洋, 48(9), 421-425. 査読無

Yamamoto, T., Kohno, H., Mizutani, A., Yoda, K., Matsumoto, S., Kawabe, R., Watanabe, S., Oka, N., Sato, K., Yamamoto, M., Sugawa, H., Karino, K., Shiomi, K., Tonehara, T. and Takahashi, A. (2016) Geographical variation in body size of a pelagic seabird, the streaked shearwater *Calonectris leucomelas*. *Journal of Biogeography*, 43, 801-808. 査読有

Kohno, H. and Mizutani, A. (2015) First breeding behavior of Brewster's Brown Booby *Sula leucogaster brewsteri* in Japan. *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology*, 46, 108-118. 査読有

山本誉士・河野裕美・水谷晃・依田憲 (2015) 仲ノ神島におけるオオミズナギドリの巣穴構造と繁殖個体数推定. 山階鳥類学雑誌, 46, 67-81. 査読有

河野裕美・水谷晃・菅原光・村越未来・筒井康太・依田憲 (2013) カツオドリのモニタリング手法の提案 - 雛の羽衣パターンによる齢査定とそれに基づく繁殖期の推定 - . 西表島研究 2012, 東海大学沖縄地域研究センター所報, 29-44. 査読無

Ito, A., Yamashita, R., Takada, H., Yamamoto, T., Shiomi, K., Zavalaga, C., Abe, T., Watanabe, S., Yamamoto, M., Sato, K., Kohno, H., Yoda, K., Iida, T., and Watanuki, Y. (2013) Contaminants in tracked seabirds showing regional patterns of marine pollution. *Environmental Science and Technology*, 47, 7862-7867. 査読有

[学会発表] (計 16 件)

山本誉士・河野裕美・水谷晃・依田憲・カツオドリの繁殖開始時期に影響する要因. 日本鳥学会 2016 年度大会, 2016 年 9

月 16-19 日, 北海道大学, 札幌.

鈴木範星 ダニエル・水谷晃・山本誉士・依田憲・河野裕美. 仲ノ神島における勝島の採餌海域. 日本鳥学会 2016 年度大会, 2016 年 9 月 16-19 日, 北海道大学, 北海道.

河野裕美・水谷晃・山本誉士・依田憲. 仲ノ神島で標識されたカツオドリの若鳥期における回収海域および GLS による 1 個体の南下渡りと落鳥過程. 第 12 回日本バイオロギング研究会シンポジウム, 2016 年 12 月 2 日, 同志社大学, 京都.

鈴木範星 ダニエル・水谷晃・山本誉士・依田憲・河野裕美. 仲ノ神島におけるカツオドリの採餌行動. 第 12 回日本バイオロギング研究会シンポジウム, 2016 年 12 月 2 日, 同志社大学, 京都.

山本誉士・河野裕美・水谷晃・依田憲・松本祥子・河邊玲・渡邊伸一・岡奈理子・佐藤克文・山本麻希・須川恒・狩野清貴・塩見こずえ・米原善成・高橋晃周. 外洋性海鳥の体サイズの種内地理変異. 第 71 回生物地理学会, 2016 年 4 月 16-17 日, 東京大学, 東京.

山本誉士・河野裕美・水谷晃・依田憲・松本祥子・河邊玲・渡邊伸一・岡奈理子・佐藤克文・山本麻希・須川恒・狩野清貴・塩見こずえ・米原善成・高橋晃周. 外洋性海鳥の体サイズの種内地理変異. 日本生態学会 2015 年度大会, 2016 年 3 月 20-24 日, 仙台国際センター, 宮城.

山本誉士・河野裕美・水谷晃・依田憲・松本祥子・河邊玲・渡邊伸一・岡奈理子・佐藤克文・山本麻希・須川恒・狩野清貴・塩見こずえ・米原善成・高橋晃周. 外洋性海鳥の体サイズの種内地理変異. 日本動物行動学会第 34 回大会, 2015 年 11 月 20-22 日, 東京海洋大学, 東京.

山本誉士・河野裕美・水谷晃・依田憲・松本祥子・河邊玲・渡邊伸一・岡奈理子・佐藤克文・山本麻希・須川恒・狩野清貴・塩見こずえ・米原善成・高橋晃周. 外洋性海鳥の体サイズの種内地理変異. 日本鳥学会 2015 年度大会, 2015 年 9 月 18-21 日, 兵庫県立大学, 兵庫.

Kohno, H. and Mizutani, A. The 30-year seabird population trend on Nakanokamishima, in the south Ryukyus, Japan. 26th International Ornithological Congress, 18-24 Aug, 2014, Rikkyo University, Tokyo.

河野裕美・山本誉士・水谷晃・村越未来・依田憲．カツオドリの渡りの複数年記録．第10回日本バイオロギング研究会シンポジウム，2014年10月10日，国際水産海洋総合研究センター，北海道．

水谷晃・辻尾奈都美・山本誉士・依田憲・河野裕美．仲ノ神島におけるクロアジサシ3羽の渡りと越冬海域．第10回日本バイオロギング研究会シンポジウム，2014年10月10日，国際水産海洋総合研究センター，北海道．

河野裕美・水谷晃．仲ノ神島におけるシロガシラカツオドリ *Sula leucogaster brewsteri* の初繁殖．沖縄生物学会第51回大会，2014年5月24-25日，琉球大学，沖縄．

山本誉士・河野裕美・水谷晃・依田憲．仲ノ神島におけるオオミズナギドリの巣穴構造と推定繁殖個体数．沖縄生物学会第51回大会，2014年5月24-25日，琉球大学，沖縄．

河野裕美・水谷晃・村越未来・依田憲・山本誉士．仲ノ神島で繁殖するカツオドリの非繁殖期の利用海域と活動パターン．第9回日本バイオロギング研究会シンポジウム，2013年11月7-8日，東京大学大気海洋研究所，千葉．

河野裕美・水谷晃．仲ノ神島におけるアオツラカツオドリとアカアシカツオドリの飛来状況（1986-2013）．沖縄生物学会第50回大会，琉球大学，沖縄．

Yano, T., Yano, K., Horie, T., Fujinami, Y., Kohno, H., Mizutani, A., Murakoshi, M. and Tanaka, S. Diet composition of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, around Yaeyama island, Okinawa, Japan. 9th Indo-Pacific Fish Conference, 24-28 June, 2013, Okinawa Convention Center, Okinawa.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河野 裕美 (KOHNO, Hiroyoshi)
東海大学沖縄地域研究センター・教授
研究者番号：30439682

(2) 研究分担者

依田 憲 (YODA, Ken)
名古屋大学大学院・環境学研究科・教授
研究者番号：10378606

(3) 研究協力者

山本 誉士 (YAMAMOTO, Takashi)

名古屋大学大学院・環境学研究科・
学振特別研究員 (PD)