

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06192

研究課題名(和文) 沿岸性海鳥類による中深層性マイクロネクトンの捕食実態把握と定量化

研究課題名(英文) Determination and quantification of mesopelagic micronekton predation by coastal seabirds

研究代表者

伊藤 元裕 (Motohiro, Ito)

東洋大学・生命科学部・准教授

研究者番号：80612332

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ウミネコは極東地域で繁殖する沿岸性の昼行性表層漁業カモメである。これまでの研究では、ウミネコは浮魚類を好んで捕食するとされてきた。しかし、本研究では、特に、東北地方2島においてウミネコが深海に生息するハダカイワシ類、エソ類、深海性エビ類などの中深層性マイクロネクトンを継続的に捕食していることを胃内容分析およびDNA分析により明らかにした。GPSの軌跡から、これらの餌は水深800-3000mの大陸棚以深の外洋域で特に夜間に利用したことが示唆された。一方で、こうした海域が繁殖地の付近に存在しない繁殖地では、また、こうした海域を利用しない種では、これらの利用は見られなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中深層性マイクロネクトンは外洋に生息し、数千m程度の深い水深帯と極表層を能動的に移動すると古くから知られており、外洋域の深海から表層への栄養ポンプとして機能する鍵種とではと考えられている。本研究では世界に先駆けて、沿岸性海鳥類が中深層性マイクロネクトンを継続的かつ一定量を利用していくことを発見し定量的に明らかにした。また、これらを利用する種や個体群の特徴や採餌場所を明らかにした。これにより、外洋の深海から沿岸生態系へという栄養的なつながりを明らかにできた。本発見は、深海から沿岸・陸域への栄養供給と物質循環に新たなシナリオを提供し、今後当該分野の研究に大きく寄与すると期待される。

研究成果の概要(英文)：The coastal related seabirds, especially diurnal surface-fishing gulls known to foraged mainly on pelagic fishes. However, we found the substantial and continuous usage of the deep-sea living mesopelagic micronekton species by Black-tailed gulls. We conducted field works at islands in the Nisaijim Island, Iwate, Bentenjima and Taishima Island, Aomori, and Matsumae kojima Island, Hokkaido, Japan. We conducted stomach content and DNA analysis for detailed species identification for the samples. We also obtained GPS tracks from breeding seabirds, simultaneously. In this study, mesopelagic micronekton species such as lanternfish, barracudina Deep-sea Shrimp etc. appeared substantially and continuously from Black tailed gulls in the Nisaijima and Benten Island, where the deep pelagic ocean is close to their breeding colonies. GPS tracks reviled that those gulls often use pelagic area (>800-3000 m) during night. Those might be closely involved to their mesopelagic micronekton use.

研究分野：海洋生態学

キーワード：沿岸性海鳥 中深層性マイクロネクトン ウミネコ 沿岸生態系 ハダカイワシ 夜間採餌 食性分析 GPSロガー

1. 研究開始当初の背景

水深数百から千メートルの中深層に生息する小型の遊泳性生物は、中深層性マイクロネクトンと呼ばれる。これらは、これまで漁獲対象種ではない上、学術調査が難しい外洋の中深層に主要な分布域を持つため、海洋生態系における役割はほとんど調べられてこなかった。しかし、近年の深海調査技術の進歩により、その生物量がこれまで想定されていたよりも膨大であり、動物プランクトンと高次捕食者をつなぐ海洋生態系における重要な鍵種となる構成要素であることが明らかとなりつつある。その中でも、特に外洋域の中深層に広く分布するハダカイワシ類は、その資源量が数十億トン以上にも上ることが近年明らかになった。また、ハダカイワシ類はエネルギー価が高いことから、海洋生態系の高次捕食者、特にクジラ類や鱈脚類などにとって重要な餌生物であると考えられている。更に、これらの魚類は日中には水深が約千メートルにも達する中深層に生息するものの、日周鉛直移動によって夜間に極表層に浮上することから、特に夜間において、表層で採餌を行う外洋性海鳥類にも利用可能となり、重要な餌となっている可能性が指摘されている。

実際に近年、アホウドリ類などの外洋性の大型海鳥類により、中深層性マイクロネクトンがこれまでの想定を越えて高い割合で利用されていることが複数の研究から明らかになりつつあり、その重要性が大きく注目を集めている。しかし、これまで同じ海鳥でありながら、沿岸地域に採餌場を依存しているカモメ類やウミスズメ類等の沿岸性海鳥においては、中深層性マイクロネクトンの採餌は全く報告されておらず、中深層性の餌生物が沿岸生態系に与える影響については、考慮されてこなかった。

ウミネコ *Larus crassirostris* を含めたカモメ科の海鳥やウトウ *Cerorhinca monocerata*、沿岸部を主に利用する表面採餌性であるため、沿岸性の浮き魚が主な餌生物であると考えられてきた。しかし、我々の予備調査において世界で初めて、ウミネコの胃内容物からハダカイワシ類等の中深層性マイクロネクトンを多数発見した。

我が国の沿岸性海鳥類における中深層性マイクロネクトンへの依存度が明らかになるとともに、その採餌方法が解明されることは、沿岸海洋生態系と中深層海洋生態系という時空間的な障壁を越えた沿岸性海鳥類の役割を明らかにする上で重要であるとともに、沿岸性海鳥類を介した海洋の中深層と沿岸域、そして陸域との間の栄養的な繋がりに関する新たな知見をもたらすことが期待される。

2. 研究の目的

本研究では、北部日本海において中深層性魚類の捕食が疑われるウミネコと同所的に生息し潜水も行うウトウについて、その利用餌種を胃内容物分析や DNA 分析を用いて詳細に調べるとともに、GPS ロガーを用いて採餌行動追跡を行う事で、北部日本沿岸に生息する海鳥類における中深層性マイクロネクトンの利用実態とその採餌方法について多角的に定量化することを目的とした。これにより、本研究では、沿岸生態系における中深層性マイクロネクトンの重要性については多角的に明らかにする。

3. 研究の方法

野外調査は、岩手県大槌町二才島、青森県大間町弁天島、むつ市湾網島、北海道松前町松前小島において行った。くくり罟やたも網を用いてウミネコおよびウトウを捕獲し、胃内容

物の吐き戻しや、雛のために持ち帰った餌を収集した。また、踏査によっても繁殖地に落ちていた吐き戻しを収集し、特に、弁天島のウミネコでは、5月及び6月の19時から6時に1時間おきに、それ以外の昼間には任意の時間に複数回の踏査によって吐き戻し餌を収集した。一部の消化が進んでいたサンプルについては、種同定が困難であったため、DNA解析による種同定を行った。ウトウについてはその糞を収集し、そこから餌生物のDNAを抽出して本種が消化した餌種を特定した。全ての種について血液の安定同位体比分析を実施し、その餌に占める中深層性魚類の割合を推定した。

さらに、弁天島、二才島で捕獲したウミネコと弁天島、二才島、松前小島で捕獲したウトウには、その上背にGPSロガーを装着してその採餌域を詳細に記録した。

4. 研究成果

胃内容物分析の結果、弁天島のウミネコの吐き戻しからは魚類、軟体動物、甲殻類、昆虫を含む餌生物が出現した。5月にはマイワシ *Sardinops melanostictus* (IRI%: 93.8%) が、6月にはカタクチイワシ *Engraulis japonicus* が多く出現した (IRI%: 6月前期 63.9%、6月後期 71.8%)。これらに加え、ほとんどの年 (2022 - 2023年) には、セッキハダカ *Stenobranchius nannochir*、ヒカリエソ *Arctozenus risso*、シンカイエビ *Bentheogennema borealis*、ニセテカギイカ *Eogonatus tinro* といった中深層性マイクロネクトンの利用が確認できた。これらの種は、DNA分析による種査定も同時に行い、分析の信頼性を確保した。同様の中深層性魚類は、岩手県二才島のウミネコにおいても多数出現し、その重要度が高かった (IRI: 37%)。

一方で、弁天島よりもより陸奥湾の奥にある鯛島のウミネコや、弁天島、鯛島および松前小島のウトウからは一切、中深層性魚類は出現せず、その主要な餌はマイワシやカタクチイワシといった浮魚であった。また、ウトウの糞から餌生物のDNAを抽出し、ウトウが消化した餌を調べたが、こちらも出現したのはカタクチイワシ、マイワシ、オキアミ (おそらくイワシ類の胃内容物) のみであった。

中深層性魚類が継続的に出現した弁天島においては、昼夜の定期的な踏査によって、時刻による出現する餌生物の違いについて調べた。その結果、昼夜を通して、マイワシやカタクチイワシといった浮魚は常に高頻度で出現する一方、中深層性魚類は、0時から6時の夜中から早朝の時間帯に集中していることが明らかとなった (図1)。

しかし、個体群においても安定同位体比に見る食性では、中深層性魚類の重要度は低く推定された。

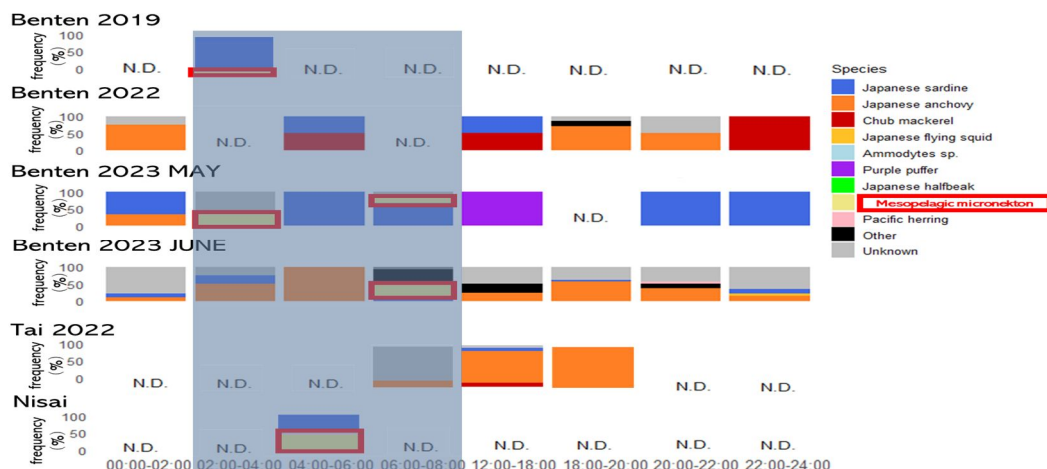


図1. 各島のウミネコにおける出現餌とその出現時刻

ウミネコの GPS データより、どのコロニーにおいても採餌トリップ長は 5 月では短く、6 月前期、後期と季節が進むにつれ長くなった。コロニーからの最大距離は 5 月では短く、6 月前期、後期では長くなる傾向があった。さらに、どのコロニーも出巢時間と帰巢時間から昼間の採餌の割合が高いが夜間にも採餌を行っており、昼間に帰巢するトリップの割合は場所間、季節間での違いは見られなかった。一方で利用海域には大きな違いが見られた。本研究において、中深層性魚類が出現した、二才島と弁天島の個体においてのみ、沿岸域だけでなく、水深 800-3000m の大陸棚外の外洋域も頻繁に採餌域として利用していた (図 2)。

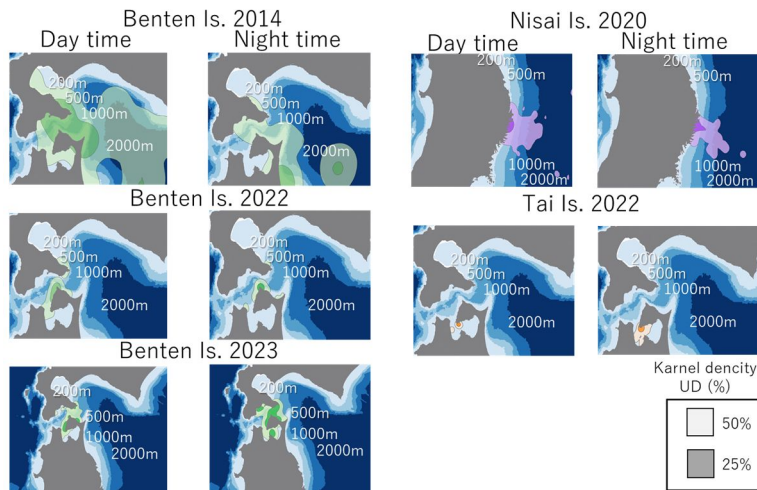


図 2 . 各島のウミネコにおける昼夜別の採餌域 (GPS 行動追跡データ)

ウミネコと同所的に生息し、潜水も行えるウトウは、当初ウミネコよりも中深層性魚類の利用度が高いのではないかと予想したが、予想に反してウトウからは全く中深層性魚類は出現しなかった。また、GPS によるウトウの採餌域追跡の結果、ウトウは、全ての島において夜間採餌をほとんど行わず、その採餌場所は、水深 200m 以浅 (ほとんどが 100m 以浅) の大陸棚域に集中していた。

中深層性マイクロネクトンは、特に大陸棚よりも深い外洋域に主に分布し、昼間は水深数百から数千 m の中深層に生息し、夜間には採餌のために 200 m より浅い表層に移動することが知られている。ウミネコによる捕食がみられたセッキハダカ属のコヒレハダカ *S. leucopsarus* は夜間に水深約 20-100 m まで移動する種である。一方で、シンカイエビは夜間に水深約 800-3,680 m に生息しており、表層までの日周鉛直移動は示さないとされている。本研究の結果から、表層ついでに採餌を行うウミネコが中深層性マイクロネクトンを夜間にその日周鉛直移動を利用して外洋域で採餌している可能性が示唆されたが、シンカイエビ等の利用については、疑問が残る。北部太平洋の大陸棚域では、漁船によるトロールが行われており、その漁業から発生する投棄魚にも中深層性マイクロネクトンが含まれている。こうしたトロールが行われる外洋域が地理的に近く夜間にこの海域を利用できる個体群のウミネコのみが、継続的にこれらを利用していた可能性がある。

本研究は、沿岸性海鳥においても、その繁殖場所の地理的な条件と夜間採餌を行うという性質に関連して、その重要度は必ずしも高くないものの、恒常的に中深層性マイクロネクトンが利用されていることを、初めて明らかにし、外洋の深海から沿岸生態系へという栄養的な繋がりを定量化できた。本発見は、深海から沿岸・陸域への栄養供給と物質循環に新たなシナリオを提供し、今後当該分野の研究に大きく寄与すると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 小澤光莉, 大島康平, 平田和彦, 伊藤元裕	4. 巻 28
2. 論文標題 青森県におけるマガモ <i>Anas platyrhynchos</i> の継続的繁殖：大間町弁天島における繁殖追加記録.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 青森自然誌研究	6. 最初と最後の頁 1 - 4
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 平田和彦, 小澤光莉, 田上陸, 伊藤元裕	4. 巻 26
2. 論文標題 青森県におけるマガモ <i>Anas platyrhynchos</i> の繁殖記録：大間弁天島における抱卵と孵化の状況証拠	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 青森自然誌研究	6. 最初と最後の頁 4 - 5
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9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Teru Kanaida, Hikari Ozawa, Kazuhiko Hirata, Ui Shimabukuro, Motohiro Ito
2. 発表標題 THE HABITAT SELECTION OF BLACK-TAILED GULL DURING BREEDING AND NON-BREEDING PERIODS
3. 学会等名 Pacific Seabird Group 2024 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hikari Ozawa, Nanaka Tojo, Teru Kanaida, Shunsuke Nibe, Kohei Oshima, Ui Shimabukuro, Kazuhiko Hirata, Motohiro Ito
2. 発表標題 THE ECOLOGICAL RESPONSES OF RHINOCEROS AUKLETS ON LONG-TERM AND SHORT-TERM MARINE ENVIRONMENTAL EVENT
3. 学会等名 Pacific Seabird Group 2024 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hikari Ozawa, Motohiro Ito
2. 発表標題 ECOROGICAL RESPONSES TO THE ENVIRONMENTAL CHANGE IN RHINOCEROS AUKLETS BREEDING ON ISLANDS IN THE TSUGARU STRAIT, JAPAN.
3. 学会等名 Pacific Seabird Group 2022 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Motohiro Ito, Hikari Ozawa, Kazuhiro Hirata, Teru Kanaida
2. 発表標題 SUBSTANTIAL AND CONTINUAS USEAGE OF MESOPELAGIC MICRONECTON BY BREEDING BLACK-TAILED GULLS
3. 学会等名 Pacific Seabird Group 2024 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小澤光莉, 東條菜々花, 鳥袋羽衣, 平田和彦, 伊藤元裕
2. 発表標題 津軽海峡周辺で繁殖するウトウの採餌場所選択と繁殖アウトプット
3. 学会等名 バードリサーチ鳥類学大会2023
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津軽海峡周辺で繁殖するウトウの採餌域と繁殖アウトプット
2. 発表標題 小澤光莉, 東條菜々花, 鳥袋羽衣, 平田和彦, 伊藤元裕
3. 学会等名 日本鳥学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小澤光莉, 東條菜々花, 平田和彦, 島袋羽衣, 大島康平, 佐藤信彦, 伊藤元裕
2. 発表標題 津軽海峡で繁殖する海鳥の採餌ハビタットと利用餌
3. 学会等名 日本バイオロギングシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 諏訪浩貴, 佐藤信彦, 渡邊俊, 北川貴士, 伊藤元裕
2. 発表標題 ウミネコの夜間採餌と中深層性マイクロネクトン
3. 学会等名 2020年度日本バイオロギング研究会シンポジウム サテライトワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Motohiro Ito, Hiroki Suwa, Hikari Ozawa, Nobuhiko Sato
2. 発表標題 DIET FROM DEEP-SEA utilization of mesopelagic micronekton by Black-tailed gull
3. 学会等名 Pacific Seabird Group 2021 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>リサーチマップ 伊藤元裕 https://researchmap.jp/ito.motohiro 東洋大学 研究者情報データベース 伊藤元裕 https://ris.toyo.ac.jp/profile/ja.eabcf6fea51e49327ea9633a3592084c.html 東洋大学 研究者情報データベース 伊藤元裕 http://ris.toyo.ac.jp/profile/ja.eabcf6fea51e49327ea9633a3592084c.html?msclkid=8d0dbf5ebc5a11ecbf342e1f42ee33dd ResearchGate Motohiro Ito https://www.researchgate.net/profile/Motohiro-Ito?msclkid=bde58674bc5a11ec8ac08180898d0736</p>
--

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

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