

氏 名 國分 亙彦

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1238 号

学位授与の日付 平成 21 年 3 月 24 日

学位授与の要件 複合科学研究科 極域科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 南極半島域におけるペンギン 2 種の採餌戦略に関する研究

論文審査委員 主 査 教授 福地 光男
准教授 高橋 晃周
教授 神田 啓史
准教授 渡邊 研太郎
准教授 綿貫 豊（北海道大学）
准教授 森 貴久（帝京科学大学）

論文内容の要旨

南極半島域には、近縁な2種のペンギン類、ヒゲペンギン(*Pygoscelis antarctica*)とジェンツーペンギン(*P. papua*)が同所的に生息している。両種は似た体型を持ち、遊泳速度や体重あたりの基礎代謝速度に大きな違いがないこと、共にナンキョクオキアミ(*Euphausia superba*)を主食にすることなど、生理的・生態的に多くの共通点を持つことがわかっている。このような2種が共存している理由として、両種間には採餌場所・潜水行動など採餌生態上の違いがあり、異なる生態的地位を占めているのではないかと予想される。また過去30年にわたる南極半島域のペンギン種ごとの個体数変化データをみると、ヒゲペンギンが減少傾向にある一方、ジェンツーペンギンは増加または安定傾向にあるという違いが見られる。このような個体数変化傾向の違いは、種による生態的地位の違いを反映している可能性がある。ペンギン類の採餌場所や潜水行動は、近年開発された動物装着型のGPS-深度ロガーを用いて3次元的に微細な空間スケール(10-100 m)で計測することが可能である。そこで本研究では、南極半島域で同所的に生息するヒゲペンギンとジェンツーペンギンについて、両種の採餌努力が狭い範囲に集中する育雛期に、GPS-深度ロガーを用いて採餌場所や潜水行動を詳細に計測し、両種間で採餌戦略にどのような違いがあるのか詳しく調べることを目的とする。

2006年12月から2007年1月にかけて、南極半島沖のキングジョージ島・バートン半島にあるヒゲペンギン、ジェンツーペンギンのコロニーで、生態調査を行った。そして育雛中のヒゲペンギン18個体、ジェンツーペンギン14個体から採餌トリップの移動軌跡・潜水データを得た。またこの他に、親鳥が雛に持ち帰った胃内容物のサンプリングを行った。

GPSデータから、水平的な採餌場所を調べると、両種は似た行動範囲内で採餌していた(平均トリップ距離: ヒゲペンギン 16.4 ± 10.1 km, ジェンツーペンギン 12.4 ± 8.7 km)。しかし1 km以下の空間スケールで見ると、潜水の集中していたエリアは、それぞれヒゲペンギンが沿岸(海岸から15 km以内)から沖合(15 km以上)にかけての水深の深い海域、ジェンツーペンギンは沿岸の浅い海域というように分かれる傾向があった。2種の潜水行動をみると、潜水深度に違いは見られなかったものの、潜水中の潜水ボトム滞在時間、潜水ボトム滞在中の深度の上下した回数、潜水効率といった潜水パラメータはいずれもジェンツーペンギンの方が値が大きかった。また海中の表層・中層または底層のいずれを利用していたか調べると、ヒゲペンギンがほとんど全ての潜水(全潜水の95%)で、水深の深い場所で海の表層・中層へ潜っていた一方、ジェンツーペンギンはしばしば(全潜水の26%)水深の浅い場所で底層(水深の80%以上の深さの層)へ潜っていた。さらに、両種の主な餌は共にナンキョクオキアミであったが、ジェンツーペンギンはヒゲペンギンに比べて多くの成熟メスのオキアミを捕食していた。これらの潜水行動や餌の違いは、水平的な採餌場所の違いと、その場所での潜水の仕方の違いを反映していると考えられる。ここで、このように両種の採餌場所の利用の仕方が異なる理由として、両種がそれぞれにとって好適な餌場を異なる方法で利用しているのか、または、どちらかの種が共通のよい餌場を優占的に利用しているのか、という疑問が生じる。このことを確かめるには、ペンギンが効率よく餌を獲っている場所を調べ、両種が実際にその場所をどのような頻度で利用したかを調べる必要がある。

そこで次に、ペンギンの位置データと潜水データを用いて「採餌効率」を計算し、両種の採餌戦略をさらに詳しく解析した。採餌効率は、餌の探索・捕食にかけた時間当たりの餌の捕食回数として計算した。餌の探索・捕食にかけた時間は、半径 500 m の円をペンギンが通過するのにかかった時間として計算し、餌の捕食回数は、その円の中での潜水の潜水ボトム滞在中の深度の上下した総数を指標値として用いた。

ペンギンの行動から算出した採餌効率の空間分布を調べたところ、ヒゲペンギンの採餌効率は、海岸から 4 km 以内の沿岸側と、10 km 以上離れた沖合側の両方の海域で高かった。そしてヒゲペンギンはそのような採餌効率の高い海域を両方利用していた。またどちらの海域でも、水深の深い(>100 m)海域で主に潜水しており、ヒゲペンギンは沿岸から沖合までの広い範囲において、表層・中層の採餌効率が高い海域を利用するという採餌戦略を持っていたと考えられる。一方、ジェンツーペンギンの採餌効率は、海岸から 4 km 以内の沿岸側と、15 km 以上離れた沖合側の両方で高かったものの、実際にはジェンツーペンギンは主に沿岸側のみを利用していた。また沿岸側の海域では、多くの場合、水深の浅い(≤100m)の海域で潜水しており、その中でも特に底層への潜水の採餌効率は高かった。したがって、ジェンツーペンギンは沿岸の浅い海域で底層への潜水を多く行うという採餌戦略を持っていたと考えられる。なお底層への潜水は、表層・中層への潜水と比べて深度が深く、潜水中の潜水ボトム滞在時間が長いという特徴があり、ジェンツーペンギンのみが底層への潜水をしばしば行っていた。

ヒゲペンギンが表層・中層の採餌効率の高い海域をよく利用し、一方でジェンツーペンギンが底層の採餌効率の高い海域をよく利用していたという面で、2 種のペンギンにとって好適な採餌場所は異なっており、彼らはそれぞれにとって好適な餌場を、異なる戦略で利用していたといえることができる。またジェンツーペンギンのみが主に底層ハビタットを利用していた理由は、体重が重く、潜水能力が高いと考えられるジェンツーペンギンの方が、長い潜水時間を必要とする底層への潜水を、より効率的に行うことができるためだと考えられる。

過去に南大洋で調べられた同所的に生息する高次捕食者の採餌生態について総覧すると、種間の採餌生態の違いは、餌の現存量などといった外的要因と、体重や代謝活性といった内的要因の両方の要素によって決定されていると考えられる。特に餌の現存量の低下など、外的要因による制限が強い時には、内的要因の違いによる採餌行動の違いが顕著に現れているように見える。本研究では、ヒゲペンギンとジェンツーペンギンの主な採餌場所は、それぞれ沿岸から沖合にかけての表層、沿岸の底層に分かれていたが、こうした採餌場所の違い(重複度合)は、餌条件などの環境の異なる年間で変化しうるのではないかと考えられる。このことを検証するためには、同じ調査地において環境の異なる年間でデータを取得し、それぞれの種について 3 次元的な採餌場所や餌生物を年間で比較する必要がある。このような年間比較を行うことにより、ペンギン類が種によって異なる採餌戦略を通じて、環境変化に対してどのように応答しているのか、より深く理解することができると期待される。

論文の審査結果の要旨

出願のあった論文は、南極に生息する近縁なペンギン類、ヒゲペンギンとジェンツーペンギンの採餌戦略を明らかにすることを目的としている。これら2種のペンギンは南極半島域で同所的に繁殖し、ともにナンキョクオキアミを主要な餌とするなど多くの生態が共通している。一般に、同所的に生息する高次捕食者は、何らかの形で異なる採餌戦略を持ち、共通する餌資源を分割して利用することで共存を可能にしていると予測されている。これまで、狭い行動圏内に多様なハビタットを含む陸生生物では多くの検証研究が行われてきたが、海洋を3次元的に大きく動き回る海生生物においては、技術的な困難から研究が少なかった。本研究は、動物装着型のGPS-深度ロガーという新しい機器を用いることで技術的困難を克服し、ペンギンの採餌場所、潜水行動を詳細に調べ、南極キングジョージ島において同所的に生息する2種の採餌戦略を比較したものである。

本研究は、まず、両種の採餌場所、潜水行動、餌生物の違いについて解析を行っている。採餌場所については、両種は繁殖地から40km以内という同じ行動圏を利用しながらも、ヒゲペンギンが沿岸から沖合までの水深の深い海域を、ジェンツーペンギンが沿岸の水深の浅い海域を、主に利用していた。潜水行動については、両種の平均潜水深度に違いはないものの、ヒゲペンギンでは95%の潜水が海の表・中層への潜水であったのに対し、ジェンツーペンギンでは26%の潜水が海底へ到達する底潜水であった。また、両種とも餌の98%以上(湿重量比)がナンキョクオキアミだったが、ジェンツーペンギンの方が成熟メスのオキアミを含む割合が高かった。したがって、両種の採餌行動には顕著な違いが見られることが明らかにされた。

次に、本研究は、ペンギンの行動データから時々刻々の採餌効率を算出するという新しい解析手法を導入し、両種の採餌行動の違いがみられた理由について、採餌場所や潜水タイプごとの採餌効率の違いという観点から、詳細な検討を加えている。ヒゲペンギンでは、沿岸と沖合の水深の深い海域に採餌効率の高い場所が見られ、その場所での表・中層潜水の頻度が高かった。ジェンツーペンギンでは、沿岸と沖合に採餌効率の高い場所が見られたが、その中でも沿岸の浅い海域での底潜水の採餌効率が高く、底潜水の頻度も高かった。結果的に、両種の採餌にとって重要な海域はほとんど重複せず、両種のペンギンはそれぞれにとって好適な採餌場所を異なる戦略で利用していたと考察された。また、ジェンツーペンギンのみが沿岸で底潜水を行う戦略をとった理由として、体重が大きいことに起因した、高い潜水能力を持っている可能性が指摘された。これらの結果から、本研究は、ヒゲペンギンが、沿岸と沖合の海域の表・中層を利用するのにに対し、ジェンツーペンギンが沿岸の水深の浅い海域で、底潜水を多く行うという、異なる採餌戦略を持っていると結論づけた。

以上の結果は、ペンギンの採餌場所・潜水行動を高い時空間分解能で調べることで初めて明らかになった新しい成果であり、極域海洋の高次捕食者の採餌戦略や環境応答についての今後の研究に重要な貢献があると考えられる。したがって、審査委員会では、提出された論文が学位論文に値するものと、全員一致で判定した。