

学 位 論 文 題 名

海鳥における自身のためと雛のための餌選択と採餌行動

－ 餌の運搬方法の違いによる採餌戦略 －

学位論文内容の要旨

育雛中の海鳥は、自分自身のための餌と雛のための餌の両方を採食し、巣と餌場とを往復して餌を運ばなくてはならない。巣と餌場の距離が遠い場合、両者の最適化は特に重要な課題であり、親鳥はそれぞれに対し、餌選択と採餌行動を調節していると考えられる。親鳥には、雛に餌を運搬する能力に限界がある。嘴に1匹の餌をくわえて運搬するシングルプレイローダーでは、選択する餌の種類とその大きさが給餌物量と給餌速度を決定する最大の要因になる。そのため雛への給餌速度を最大化するためには、運搬のコストを多く支払ってでも大きな餌を選択するだろう。一方、複数の餌を一度に嘴にくわえて運搬できるマルチプルプレイローダーは、大きい餌を少数捕獲するか小さな餌を多数捕獲することによって雛への給餌速度を最大化することができる。そのため、マルチプルプレイローダーでは、雛のために持ち帰る餌の選択がシングルプレイローダーほど強くないだろう。このように、餌の運搬様式とそれによる制約の違いは、親鳥の餌選択、ひいては採食行動に大きく影響する可能性がある。先行研究において、自身のための餌と雛のための餌が違うと報告されているのは、シングルプレイローダーが多い。

本研究では、ウミスズメ科のシングルプレイローダーであるハシブトウミガラス *Uria lomvia* とマルチプルプレイローダーであるウトウ *Cerorhinca monocerata* とで、自身のための採餌と雛のための採餌における餌選択や採食行動を比較する。それによって、海鳥が自身のためと雛のためという目的の異なった採餌をそれぞれいかに最適化しているか明らかにする。そのため、ハシブトウミガラスとウトウの餌選択と採餌行動を詳細に比較した。また、親鳥が選択した餌のサイズが、雛に与える餌の総重量にどう影響し、結果的にそれが繁殖成績に影響するのか分析した。

ハシブトウミガラスの採餌

育雛中のハシブトウミガラスの調査を南東ベーリング海プリビロフ諸島のセント・ジョージ島で、2006年と2007年に行った。親鳥がくわえてきた餌を直接観察で調べることで雛のための餌の種類と大きさを、親鳥を捕獲しその胃内容物を胃洗浄法で吐かせることで親鳥自身のための餌を、それぞれ明らかにした。また、潜水行動と利用海域を、腹部に装着した超小型データロガーで水圧と水温を連続記録することで分析した。その結果、雛のためには80mm (FL) 以上のスケトウダラ *Theragra Chalcogramma* やカジカ類、ギンポ類、カレイ類などの底生魚といった大きな餌を深く潜り(40–80m) 得ていたが、自身のためには、80mm (FL) 以下の0歳のスケトウダラやオキアミといった小さな餌を浅く(20–40m) 潜り捕獲した。雛に給餌された80mm (FL) 以上のスケトウダラは着底期に相当し、コロニーの周辺海域では、海底付近に多く分布する。また、同様に雛に給餌された他の底生魚も海底付近に多く分布する。一方、親鳥が自身のために捕食した0歳のスケトウダラは表層生活期に相当し、水温躍層が発達する海域においては、表層(30–40m) に分布する。また、同様に親鳥が自身のために捕食したオキアミもフロント域や水温躍層が発達する海域において表層に分布する。このように親鳥は、潜水深度を親鳥自身のための餌と雛のための餌に合わせていると考えられる。採餌効率は、自身のための採餌の方が雛のための採餌よりも数倍高いことが分かった。これらの結果は、ハシブトウミガラスが雛への給餌速度を最大化するために、大きな餌を高い採餌コストを支払って捕獲する一方、自身のためには採餌効率を最大化するために浅い水深において高密度集団を形成する小さな餌を繰り返し利用したことを示唆する。

ウトウの採餌

北海道天売島で、ウトウの調査をハシブトウミガラスと同様な方法で2006年から2008年に行い、自身のための採餌と雛のための採餌について比較した。ウトウでは、雛のための採食バウト長(連続して潜水をおこなう時間)は 1413 ± 593 秒と親鳥自身のための採食(157 ± 27 秒)よりも長かったが、ハシブトウミガラスとは対照的に、親自身および雛のための餌としてイカナゴ *Ammodytes personatus*、ホッケ *Pleurogrammus azonus*、カタクチイワシ *Engraulis japonicus* を利用し、潜水深度にも(平均11–15m) 差は無かった。そのため、親鳥自身のため採餌と雛のための採

餌における採食効率は変わらなかった。

ウトウの雛の餌は育雛期の途中にイカナゴやホッケからカタクチイワシへ急激に切り替わった。水温より採食水塊を推定すると、ウトウはカタクチイワシが採食可能範囲に来遊すると、それが多いと考えられる表面水温の高い(13℃)水塊を能動的に利用していた。カタクチイワシは、エネルギー価が高くウトウの雛の成長に良い影響を与える餌であることが知られている。よってウトウも雛には選択的に良い餌を選んでいるが、結果的にそれが親鳥自身にとっても効率の良い餌であることが示唆された。

ウトウの最適餌サイズ

マルチプルプレイローダーにおいて、大きな餌を運ぶよりも中間のサイズの餌を複数運んだ方が、給餌効率が良くなるかどうかを見るため、天売島における1984年から2009年のウトウのモニタリングデータを使い、餌サイズと1回にくわえてくる餌の総重量との関係や、餌の総重量と雛の成長速度との関係を明らかにした。その結果、ウトウでは、最も大きな餌をくわえてくるよりも、中間的なサイズ(119cm)のカタクチイワシを3匹くわえてくる場合に餌の総重量が最大となった。また、年ごとのウトウの餌に占める最適なサイズのカタクチイワシの割合が大きいほど、ウトウの繁殖成績がよかった。

このようにマルチプルプレイローダーであるウトウは、中程度の大きさの餌を多数捕獲することで雛への給餌速度を比較的に大きくすることができる。そのため、ウトウでは自身のための餌と雛のための餌に違いが見られなかったのかもしれない。

シングル・マルチプルプレイローダーの餌選択

本研究において見られた種間の差が、餌の運搬方法の違いから説明できるのかを、以下の3つの仮定のもとに簡便なモデルを使い検証した。1)シングルプレイローダーは、雛のために出来る限り大きな餌を選ぶ。2)マルチプルプレイローダーは、ウトウで示されたとおり、大きな餌が必ずしも嘴にくわえた餌量を最大化させるわけではなく、中間的な「ちょうどよい」サイズの餌を選ぶことで雛への給餌速度が最大になる。3)親自身のための餌は、運搬の必要がなく採食場所において捕食であることができるため、採餌効率(潜水時間当たりの獲得エネルギー)が最も高い餌が最適

な餌である。餌は大きいほど捕獲が難しくなると考えられるため、餌のサイズが大きいほど採餌効率は低下する。

これらの仮定のもとに、シングルプレイローダーは、雛には出来る限り大きな餌を選び、自身はいつもそれよりも採り易い小さな餌を選ぶことが予想される。そのため、親自身の餌と雛のための餌のサイズや種類は異なるのだと考えられる。一方で、マルチプルローダーも雛への給餌速度を最大化するために、最適な餌を選ぼうとするが、最適な餌サイズは中程度の物になり、その餌の選択幅も広がる。そのためマルチプルローダーでは、親鳥自身にとって最適な餌と雛のために最適な餌のサイズレンジが近くなり、コロニー周辺の海洋環境に応じて親鳥自身のための餌と雛のため餌が異なることもあるが、本研究のように親鳥自身のため餌と雛のため餌が同じこともよく起こり得ると予測される。これまで見てきた本研究の結果は、シングルプレイローダー、マルチプルプレイローダーという餌の運搬方法の違いで説明できることが示唆された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 桜 井 泰 憲

副 査 教 授 齊 藤 誠 一

副 査 准教授 綿 貫 豊

副 査 准教授 新 妻 靖 章 (名城大学)

学 位 論 文 題 名

海鳥における自身のためと雛のための餌選択と採餌行動

－餌の運搬方法の違いによる採餌戦略－

【背景】

育雛中の海鳥は、自分自身のための餌と雛のための餌の両方を採食し、巣と餌場とを往復して餌を運ばなくてはならない。巣と餌場の距離が遠い場合、両者の最適化は特に重要な課題であり、親鳥はそれぞれに対し、餌選択と採餌行動を調節していると考えられる。嘴に1匹の餌をくわえて運搬するシングルプレイローダーは、選択する餌の種類とその大きさが給餌物量と給餌速度を決定する最大の要因になる。そのため雛への給餌速度を最大化するためには、運搬のコストを多く支払ってでも大きな餌を選択するだろう。一方、複数の餌を一度に嘴にくわえて運搬できるマルチプルプレイローダーは、大きい餌を少数捕獲するか小さな餌を多数捕獲することによって雛への給餌速度を最大化することができる。そのため、マルチプルプレイローダーでは、雛のために持ち帰る餌の選択がシングルプレイローダーほど強くないだろう。先行研究において、自身のための餌と雛のための餌が違っていると報告されているのは、シングルプレイローダーが多い。このように、餌の運搬様式とそれによる制約の違いは、親鳥の餌選択、ひいては採食行動に大きく影響する可能性がある。

【目的と方法】

本研究では、シングルプレイローダーであるハシブトウミガラスとマルチプルプレイローダーであるウトウで、自身のための採餌と雛のための採餌における餌選択や採食行動を比較することによって、これら目的の異なった2種類の採餌をそれぞれいかに最適化しているか明らかにする。そのため、ハシブトウミガラスとウトウの餌選択と採餌行動を詳細に比較した。ハシブトウミガラスの調査は、南東ベーリング海プリビロフ諸島のセントジ

ヨージ島で、2006年と2007年に行った。ウトウの調査は、北海道天売島で2004年から2008年に行った。雛に給餌された餌の直接観察によって雛のための餌を、親鳥の胃内容物を胃洗浄法で吐かせることで親鳥自身のための餌を明らかにし、データロガーを装着して親鳥の採餌行動を記録した。

親鳥が選択した餌のサイズが、雛に与える餌の総重量にどう影響し、結果的にそれが繁殖成績に影響するのかを、20年間にわたるウトウのモニタリングデータを使い分析した。

【結果と考察】

ハシブトウミウガラスは、雛のためには、着底期のスケトウダラ（FL>80mm）やカジカ類、ギンポ類、カレイ類などの底生魚といった大きな餌を深く潜り得ていたが、自身のためには、表層生活期の0歳魚スケトウダラ（FL<80mm）やオキアミといった小さな餌を浅く潜り捕獲した。採餌効率は、自身のための採餌の方が雛のための採餌よりも数倍高いことが分かった。ハシブトウミウガラスはシングルプレイローダーであるため、選択した餌サイズが直接的にその給餌速度を規定する。これらの結果は、ハシブトウミウガラスが雛への給餌速度を最大化するために、大きな餌を高い採餌コストを支払って捕獲する一方、自身のためには採餌効率を最大化するために浅い水深において高密度集団を形成する小さな餌を繰り返し利用したことを示唆する。

ウトウは、ハシブトウミウガラスとは対照的に、親自身と雛のための餌や、それらを捕獲した潜水深度には差は無かった。一方で、ウトウの雛の餌は育雛期の途中にイカナゴやホッケからカタクチイワシに急激に切り替わった。水温より採食水塊を推定すると、ウトウはカタクチイワシが採食可能範囲に来遊すると、それらが多いと考えられる表面水温の高い(13℃)水塊を能動的に利用していたようだった。カタクチイワシは、エネルギー価が高くウトウの雛の成長に良い影響を与える餌であることが知られている。よってウトウも雛には選択的に良い餌を選んでいることが示唆された。

ウトウでは、最も大きな餌をくわえてくるよりも、中間的なサイズのカタクチイワシをくわえてくる場合に餌の総重量が最大となった。また、年ごとのウトウの餌に占めるこの最適なサイズのカタクチイワシの割合が大きいほど、ウトウの繁殖成績がよかった。

このようにマルチプルプレイローダーであるウトウは、シングルプレイローダーとは異なり、中程度の大きさの餌を多数捕獲することで雛への給餌速度を比較的に大きくすることができる。そのため、ウトウでは自身のための餌と雛のための餌の違いが見られなかったのかもしれない。

本研究の結果は、海鳥が自身のための採餌と雛のための採餌という目的の異なった2種類の採餌に対して、餌選択と採餌行動を調節することでそれぞれの採餌を最適化していることを示した。また、これら自身のためと雛のための餌選択と採餌行動における意思決定は、シングル・マルチプルプレイローダーという餌の運搬方法の違いによって異なることが初めて明らかとなった。

上記の内容は、いずれも新知見であり、特に親のための採餌と子のための採餌に関する最適採餌理論における詳細な実証研究であるとともに、その分野に対し新たに、生物の餌の運搬方法という観点を加える重要性を示した研究であると高く評価した。審査員一同は申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。