— 原 著 論 文 —

秋季の北太平洋北海道東部海域における潜水採食性および 表面採食性海鳥の採食ハビタット利用

伊藤元裕^{1,*}・綿貫 豊¹

¹ 北海道大学水産科学院 資源生物学講座 資源生態学領域 〒041-8611 函館市港町
3-1-1

(2008年4月23日受付；2008年5月15日受理)

キーワード：親潮，採食ハビタット，潜水採食性海鳥，津軽暖流，表面採食性海鳥。

日本鳥学会誌

Japanese Journal of
Ornithology

© The Ornithological Society
of Japan 2008

Motohiro Ito^{1,*}, Yutaka Watanuki¹. 2008. Foraging habitat of diving and surface-feeding seabirds in the North Pacific, off eastern Hokkaido, Japan in autumn. Jpn. J. Ornithol. 57: 140–147.

Abstract. The coastal area off eastern Hokkaido, Japan, in the North Pacific, is an important foraging area for many seabird species in autumn. To understand the distribution of seabirds, in the shelf, slope and basin off eastern Hokkaido, ship-based censuses were carried out over three days from 27 to 29 September, 2003, on board the T/S Oshoro Maru (Hokkaido University, Fisheries Science). The warm ($>19^{\circ}\text{C}$) Tsugaru Current affects the western area off Cape Erimo, while cold ($<14^{\circ}\text{C}$) Oyashio Current affects the eastern area off the same cape. The density of seabirds sitting on the sea was high in the shelf and slope (including frontal area) areas influenced by the cold current where the primary productivity is usually high. Within these areas, densities of diving seabirds (Rhinoceros Auklet *Cerorhinca monocerata* and *Puffinus* spp) were high in the shelf area, whereas densities of surface feeders (Streaked Shearwater *Calonectris leucomelas* and Laysan Albatrosses *Diomedea immutabilis*) were high in the slope area.

Key words: Oyashio Cold Current, Feeding habitats, Divers, Tsugaru Warm Current, Surface feeders.

¹ Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minato-cho 3-1-1, Hakodate, 041-8611, Japan.

はじめに

海鳥は海洋に一樣に分布するのではなく，1次生産が高いフロントや湧昇域，または餌が集まる海嶺付近など特殊な海域に集中することが知られている (Hunt & Harrison 1990, Coyle *et al.* 1992, Decker & Hunt 1996, Hunt *et al.* 1996). また，海鳥は種によって餌や採餌行動が異なるため (Ashmole 1971)，種毎に好適な採食ハビタットが異なり分布も異なると予想される。Schneider (1997)によると潜水採食者は浅い大陸棚域に，表面採食者

はより深い大陸棚斜面域に分布する傾向がある。海鳥の分布とそれに関わる海洋環境特性を明らかにすることは，海洋生態系における海鳥と餌生物との相互作用を明らかにする上で重要である。

北太平洋の北海道東部海域では，9月～11月に北から親潮，西から津軽暖流が海岸線に沿って流れこみ，これらが襟裳岬の沖で強いフロントを形成する (安田ら 1988)。また，この海域は，水深200 mまではなだらかな大陸棚であり，それ以深は急に深くなる大陸棚斜面となっている。そのため，本海域は秋に比較的狭い範囲において海鳥にとって多様なハビタットを提供している。この時期この海域では，育雛中のオオミズナギドリ

* E-mail: m-ito@fish.hokudai.ac.jp

Calonectris leucomelas (松本 2008) やコシジロウミツバメ *Oceanodroma Leucorhoa* (Niizuma *et al.* 2008) が採餌するのに加え、繁殖を終え南半球から渡ってきたハシボソミズナギドリ *Puffinus tenuirostris* やハイロミズナギドリ *Puffinus griseus* (Ogi *et al.* 1980, Shaffer *et al.* 2006) が数多く生息する。また、アホウドリ科や北海道東部沿岸から千島列島で繁殖したウトウ *Cerorhinca monocerata* などこの海域を採餌域として利用している。しかし、北海道東部海域では、フェリーの航行が夜間になる場合が多く、容易に海鳥の目視調査を行うことができないため、この海域における海鳥の海上分布に関する詳しい報告はなされておらず、これらの種がどのような分布特性をもっているのかほとんど分かっていない (前川・新妻 1996)。

本研究は、海流と海底地形によって海鳥の密度がどう変わるのか明らかにすることを目的とし、船上から海鳥の目視調査を行った。衛星画像情報をつかって海表面水温を調べ、海底地形と水温の情報を併せてハビタットをわけた。本研究では特に、潜水採食者 (ウトウ)、表面-潜水採食者 (*Puffinus* spp; 本調査ではハシボソミズナギドリと

ハイロミズナギドリの識別が困難であった場合が多く、これらをまとめて *Puffinus* spp. としてあつかった) と表面採食者 (オオミズナギドリ、コアホウドリ *Diomedea immutabilis*) のハビタット利用に着目した。

材料と方法

1) 海鳥の目視調査

海鳥の目視調査は、2003 年 9 月 27~29 日の 3 日間、北海道大学水産科学研究所の練習船おしよろ丸によって行った。船は、全行程を通して約 10 ノットで航行した。また、航行中は 1 時間おきに船内に搭載された水温計を用いて海表面水温を記録した。調査海域は北海道苫小牧の沖から釧路の沖にかけての北海道東部海域である (図 1)。合計観察時間は、30 時間であった。観察はアップブリッジで倍率 10 倍の双眼鏡を用いて行った。左舷・右舷いずれかにおいて前方から垂直方向までの 90°・奥行き 200 m 範囲内を観測対象とした。個体数は、100 羽以下の群を 1 羽単位、100~500 羽の群を 10 羽単位、500 羽以上の群を 100 羽単

図 1. 目視調査実施海域と海域区分。実線は、北海道大学水産科学院の練習船おしよろ丸によって行われた目視観測ライン。実線で示した全ての区間で連続観察を行った。細破線は水深 200 m、細実線は、水深 1000 m 等深線をそれぞれ示す。太点線は、津軽暖流水と親潮水とがぶつかるフロントを示す。フロントの西側が津軽暖流域、東側が親潮域。おしよろ丸は、津軽暖流域：74.8 NM、親潮-大陸棚域：50.8 NM、親潮-斜面域：60.5 NM、そして、親潮-深海域：111.1 NM の合計 297.2 NM を航行した。

Fig. 1. Survey transects and division of habitat. Solid line shows survey transects of the T/S Oshoro-maru (Hokkaido University, Fisheries Science). Survey were conducted continuously along all survey transects shown by the solid line. Thin dashed line shows 200 m depth contour and thin solid line shows 1000 m depth contour. Thick dotted line shows oceanic front of Tsugaru Warm Current and Oyashio Cold Current. West of the oceanic front was the Tsugaru Warm Current region and east of the front was the Oyashio Cold Current region. T/S Oshoro-maru cruised 297.2 NM in total (Tsugaru Warm Current region: 74.8 NM, Oyashio-Shelf: 50.8 NM, Oyashio-Slope: 60.5 NM and Oyashio-Basin: 111.1 NM).

位で数え、飛翔個体か水面個体かを区別して一分単位で記録した。採食行動（船からの逃避以外の潜水、水中を覗く、餌をもどす、餌をくわえて飛翔）も可能な限り記録した。飛翔個体は渡りや採食場所の探索など、直接採食と関係のない個体を含むので、本研究では飛翔個体と着水個体着区別し、着水個体を採食に直接関連した個体と仮定した (Hunt & Harrison 1990, Coyle *et al.* 1992, Decker & Hunt 1996, Hunt *et al.* 1996)。実際に本調査でも、着水中の個体において、つばみや潜水などの採食行動が観察された。また、海鳥が複数で同時に出現した場合は、個体間の距離が 100 m 以内であり互いに同調した行動（同一の方向に移動する、同時に採餌するなど）が見られた時、これを群れと定義した。

カモメ類やアホウドリ科など船につきまとう傾向がある種の場合は、同一個体を 2 度数えることを避けるため、連続観察を行い、船の周りを回っていたり、船の後ろへ回り込んだりした場合は記録から除外した。ハシボソミズナギドリなどの列状の群が乱されて船と平行に飛びつづけた場合は、船が列を完全に横切り後方で新たに列が形成されるのを確認した時点で数えるのをやめた。観察された海鳥の数をハビタット毎に集計し、目視調査を行った距離で割ることで、1 マイル毎の海鳥密度 (Birds/NM) とした。

2) 調査地の海洋構造

目視調査を行った日に最も近い 2003 年 9 月 27 日の NOAA 衛星画像 (<http://www.fish.hokudai.ac.jp/info/noaa/index-J.htm>) によって得られた海表面水温から、安田ら (1988) にしたがって津軽暖流域（表面水温 17~22°C）と親潮域（表面水温 17 度以下）に区分した (図 1)。これらが接する襟裳岬沖表面の水温勾配は 10 マイルあたり 7°C と極めて高く、この水温勾配の高い海域を境に高温（約 19°C）の海域を津軽暖流域、低温（14°C 以下）の海域を親潮域とした。衛星画像から得られた海表面水温は、航行中に実際に記録された海表面水温と一致しており、衛星画像から水塊区分を行うことに問題はなかった。Lalli & Parsons (1993) および Nizuma *et al.* (2008) に従って、200 m 以浅を大陸棚域（大陸棚域）、200 m~1000 m を大陸棚斜面域（斜面域）、1000 m 以深を深海域とした。よって、本研究では海域を、大陸棚域、斜面域、深海域に分け、更にそれらを親潮域と津軽暖流域に分けた 6 つのハビタットに区分した (図 1)。

3) 統計

各々の種がどのハビタットでよく見られたか明らかにするため、各ハビタットにおける各種海鳥の実測観測個体数と、それらが全てのハビタットにランダムに分布していたと仮定したときの期待観測個体数に違いがあるかどうかを、 χ^2 検定を用いて調べた。期待観測個体数は、実測観測個体数の合計を、ハビタット毎の目視調査を実施した間の航行距離（図 1）に応じて分配することで算出した。 χ^2 検定において分布に有意な偏りが検出された場合、残差分析を行い、どのハビタットに分布が集中していたのかを調べた。着水個体および飛翔個体ともに 99% 以上が親潮域で出現したため、津軽暖流域は解析から除外した。統計解析には、StatView (ver. 5.0, SAS Ins.) を用いた。

結 果

1) 海鳥の分布

飛翔個体、着水個体含めると、アホウドリ科、ミズナギドリ科、ウミツバメ科、カモメ科、トウゾクカモメ科、ウミスズメ科など 9 科 29 種類が出現した。ウトウ、オオミズナギドリ、*Puffinus* spp., コアホウドリが出現した全種の内 95% 以上をしめており、これらについてハビタット利用の解析をおこなった。

観察されたウトウ、オオミズナギドリ、*Puffinus* spp., コアホウドリは全て成鳥であった。着水個体の一部では、水面をつばむ、一度飛び上がって水面に飛び込む、餌をくわえる、潜水をするといった採餌行動が見られた。これらはしばしば群れを形成しており、ウトウでは最大 32 羽、オオミズナギドリでは 200 羽、*Puffinus* spp. では 300 羽の大きな群れが見られた。コアホウドリの群れは最大でも 11 羽であり、単独で着水している個体が最も多かった。

津軽暖流域では極端に出現数が少なかったため、大陸棚域、斜面域、深海域をまとめて津軽暖流域とした。これら 4 種の着水個体、飛行個体ともに、その密度は親潮域において津軽暖流域よりも高かった (表 1, 2)。

2) ハビタット利用の違い

着水個体では、オオミズナギドリ ($\chi^2=893.6$, $df=2$, $P<0.01$) とコアホウドリ ($\chi^2=10.4$, $df=2$, $P<0.01$) は親潮-斜面域に集中して分布していた

表 1. 各種海鳥の着水個体のハビタット別分布密度 (Birds/NM).

Table 1. Distribution density of seabirds (Birds/NM) sitting on the sea surface in each habitat.

種類 Species	密度(Birds/NM) Density (Birds/NM)			
	津軽暖流域 Tsugaru Warm Current	親潮－大陸棚域 Oyashio-Shelf	親潮－斜面域 Oyashio-Slope	親潮－深海域 Oyashio-Basin
オオミズナギドリ Streaked Shearwater	0.12	4.00	16.06	0.07
コアホウドリ Laysan Albatross	0.01	0.08	0.43	0.17
<i>Puffinus</i> spp.	0.00	6.25	1.11	3.30
<i>Puffinus</i> spp. ウトウ Rhinoceros Auklet	0.00	7.90	0.33	0.00

表 2. 各種海鳥の飛翔個体のハビタット別分布密度 (Birds/NM).

Table 2. Distribution density of seabirds (Birds/NM) flying in each habitat.

種類 Species	密度 (Birds/NM) Density (Birds/NM)			
	津軽暖流域 Tsugaru Warm Current	親潮－大陸棚域 Oyashio-Shelf	親潮－斜面域 Oyashio-Slope	親潮－深海域 Oyashio-Basin
オオミズナギドリ Streaked Shearwater	1.28	11.76	9.05	4.63
コアホウドリ Laysan Albatross	0.00	0.10	0.25	0.26
<i>Puffinus</i> spp. <i>Puffinus</i> spp.	0.00	2.86	4.18	0.73

(χ^2 検定；残差分析；表 3, 図 2). 一方, *Puffinus* spp. ($\chi^2=119.6$, $df=2$, $P<0.01$) とウトウ ($\chi^2=403.4$, $df=2$, $P<0.01$) は親潮－大陸棚域に集中して分布していた (χ^2 検定；残差分析；表 3, 図 2). ウトウは, 親潮－大陸棚域の中でも, 特に襟裳岬付近に形成されるフロントの周囲 30 km 程の浅い (<200 m) 海域にその分布が集中した (図 2). 飛翔個体では, オオミズナギドリ ($\chi^2=202.6$, $df=2$, $P<0.01$) と *Puffinus* spp. ($\chi^2=132.6$, $df=2$, $P<0.01$) は親潮－斜面域および親潮－大陸棚域にその分布が偏っていた (χ^2 検定；残差分析；表 3, 図 3). コアホウドリは海域による分布に偏りは見られなかった ($\chi^2=2.7$, $df=2$, $P=0.26$, 図 3). なお, ウトウの飛翔個体は 2 羽しか観察されなかった.

考 察

繁殖期の場合, 繁殖地周辺においてその分布密度は確率的に高くなる (Kinder *et al.* 1983) ので, 海上の分布密度を比較する場合は繁殖地からの距

離を考慮する必要がある. ウトウは北海道東部沿岸から千島列島にかけて夏に繁殖する (Gaston & Jones 1998). コアホウドリはその大半がハワイ諸島において, 日本周辺では少数が鳥島において冬から初夏にかけて繁殖する (Brooke 2004). *Puffinus* spp. は南半球で繁殖し北西北太平洋で非繁殖期を過ごす. したがって, いずれの種も本調査海域ではハビタット利用に繁殖地からの距離の効果を考慮する必要はない. オオミズナギドリは日本周辺や朝鮮半島などの離島で 9 月から 11 月に育雛し, 伊豆諸島の御蔵島や三陸沖の三貫島の繁殖地から北海道太平洋岸まで採食に来ている (松本 2008). しかし, 調査海域から繁殖地までは数百から数千 km と十分に離れているので, この種についても密度を繁殖地からの距離で補正する必要はないだろう.

いずれの種も着水個体, 飛翔個体ともに 99% 以上が親潮域に分布していた. 親潮の年平均基礎生産量は $160 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ と見積もられるが (Taniguchi

表 3. 残差分析により算出されたハビタット毎の調整された残差.
Table 3. Adjusted residual in each habitat calculated by residual analysis.

状態 Situation	種類 Species	調整された残差 Adjusted residual		
		親潮－大陸棚域 Oyashio-Shelf	親潮－斜面域 Oyashio-Slope	親潮－深海域 Oyashio-Basin
着水 sit	オオミズナギドリ	-3.2*	26.6*	-27.5*
飛翔 fly	Streaked Shearwater	11.1*	3.2*	-13.5*
着水 sit	コアホウドリ	-2.6*	2.6*	-0.7*
飛翔 fly	Laysan Albatross	—	—	—
着水 sit	<i>Puffinus</i> spp.	8.2*	-9.5*	-0.5*
飛翔 fly	<i>Puffinus</i> spp.	3.8*	7.5*	-11.4*
着水 sit	ウトウ	19.4*	-6.1*	-16.7*
飛翔 fly	Rhinoceros Auklet	—	—	—

| 残差 | < 1.96 → * $P < 0.05$, | 残差 | < 2.58 → * $P < 0.01$

図 2. 海鳥 4 種の着水個体の分布. 1 マイル毎の海鳥分布数をバブルチャートで示す. A: オオミズナギドリ, B: コアホウドリ, C: *Puffinus* spp, D: ユトウを示す.

Fig. 2. Distribution of four species of seabirds sitting on the sea surface (birds per nautical mile). A: Streaked Shearwater, B: Laysan Albatross, C: *Puffinus* spp. and D: Rhinoceros Auklet.

1972), これは全大洋の平均生産量の $70 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ (谷口 1991) よりはるかに高い. 襟裳岬以東の道東海域 (親潮域) の動物プランクトン量は, そのバイオマスが激減する 7 月の中旬においても, 襟裳岬以西海域 (津軽暖流域) の約 14 倍もあった

(入江 1990). これに伴って, 海鳥の餌となりうるサケ *Oncorhynchus keta* やスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の稚魚も, 夏季から秋季にかけて生息域を襟裳岬以東の道東海域 (親潮域) に移すことが報告されている (入江 1990, 本田ら 2003).

図3. 海鳥3種の飛翔個体の分布. 1マイル毎の海鳥分布数をバブルチャートで示す. A: オオミズナギドリ, B: コアホウドリ, C: *Puffinus* spp. を示す.

Fig. 3. Distribution of three species of seabirds flying (birds per nautical mile). A: Streaked Shearwater, B: Laysan Albatross and C: *Puffinus* spp.

また、襟裳岬沖のフロント周辺ではウトウが多く観察された。フロント域は一般的に生産性が他の海域と比べて高くなることが知られている (Hunt & Schneider 1987)。一方で、親潮域の中でも、沿岸に比べ秋季の基礎生産量は少ない (荻島 1991) 深海域では鳥の密度が低かった。海鳥は、生産性が高く餌生物が多い海域を採食場所として選んでいるようである。

親潮域内での各種海鳥の分布様式は、飛翔個体と着水個体で異なっていた。着水個体、すなわち採食に関連した個体は、種によって分布が明確に異なっていたが、飛翔個体は、分布が種毎に重複しており、着水個体と比較してどの種も広い海域にまばらに分布していた。これらは、多種の海鳥が広い索餌海域を共有しているにも関わらず、採餌ハビタットは種によって特化していることを示唆する。ウトウは最大約 60 m まで潜水して採餌をする (Burger *et al.* 1993, Kato *et al.* 2003, Kuroki *et al.* 2003)。ハイロミズナギドリは表面採食にくわえ、深さ最大 68 m までの潜水を繰り返して採食する (Shaffer *et al.* 2006)。ハシボソミズナギドリは水

面飛翔採食や水面遊泳採食によってオキアミ類をよく食べるが (Ogi *et al.* 1980), 最大 71 m までの潜水も良く行う (Weimerskirch & Cherel 1998)。これらの潜水者と表面-潜水採食者が大陸棚 (フロント周辺を含む) に見られたことは、過去の観察結果と一致する (Hunt *et al.* 1996, 出口 2003)。ウミガラス *Uria aagle* は、オキアミ *Thysanoessa inermis* や *T. raschii* を利用するため、これらが海流によって巻き上げられる海嶺頂上近傍で特異的に採食することが報告されている (Coyle *et al.* 1992)。潜水採食を行う種が襟裳岬の延長線上のフロント周辺や親潮域の大陸棚上で特異的に採食したのも、生産性が高く餌が豊富であると同時にその海底地形が潜水採餌に適していたからかもしれない。

オオミズナギドリとコアホウドリは主に魚類やイカ類、オキアミ、プランクトンを餌とする表面採食者であり (Ashmole 1971) ほとんど潜水しない (Brooke 2004, 松本 2008)。一般的に大陸棚に沿って海流が流れる斜面域では、栄養塩を多く含んだ底層の海水が表層へ向かって上昇するために生産性が高まり、表層に餌生物が集まることが知

られている (Hunt & Schneider 1987). 北海道東部海域の斜面域において、実際にこうした海水の上昇が起こっているという知見は乏しいが、2003 年 9 月下旬の本海域における温度分布は、大陸棚域と深海域では 14°C であったのに対し、斜面域では 11°C と低く、斜面にそって底層から表層への海水の上昇が起こっていたことを示唆した (Niizuma *et al.* 2008). またオキアミやプランクトンの分布密度は斜面域において最も高く、それらを海表面において捕食するコシジロウミツバメの分布もそこに集中していた (Niizuma *et al.* 2008). 海底からの栄養塩に富む海水の上昇によって生産性が高まるとともに、表層に餌が集まる斜面域は、表面採食者であるオオミズナギドリとコアホウドリにとって好適な餌場であったのだろう。ベーリング海や北海において、海洋への炭素供給は大陸棚域では底層で、大陸棚斜面域では表層で最も高く、その水深での生産性が高まるため、潜水採食者の海鳥は大陸棚域に分布し、表面採食者は斜面域に分布することが示唆されている (Schneider & Hunt 1982, Hunt & Schneider 1987, Schneider 1997). 本研究の結果はこの知見を強く支持する。

まとめると、海鳥の採餌個体は餌が豊富であると予測される親潮海域の大陸棚域（フロント周辺を含む）及び大陸棚斜面域に分布していた。更に、それらの海域の中でも、潜水採食する種は大陸棚域（フロント周辺を含む）に、表面採食をする種は大陸棚斜面域に分布する傾向があった。海鳥は、種によってその採食方法に応じて餌を得やすいハビタットを選択的に採食場所として利用していると考えられた。本研究は、短期の調査航海における観察によるが、過去に別の海域で行われた海鳥の採餌ハビタット利用に関する研究における知見と矛盾せず、本海域における海鳥分布と海洋環境との関係の一部を示すことを可能にした。

本研究を進めるにあたり北海道大学大学院水産科学研究院練習船おしよろ丸目黒敏美船長ならびに士官、乗組員の皆様にお世話になった。データ解析について総合研究大学院大学国立極地研究所國分互彦氏にご協力をいただいた。また目視観測では北海道大学水産学部海洋生物資源科学科学生にご支援いただいた。本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金（16108002 代表岸）によった。

摘 要

秋季の北太平洋の北海道東部海域は様々な種の

海鳥の重要な採餌海域である。この海域の大陸棚、大陸棚斜面および深海域において海鳥の分布を明らかにするために、2003 年 9 月 27～29 日の 3 日間、北海道大学水産科学院練習船おしよろ丸によって目視観測を行った。襟裳岬西方は津軽暖流域 (>19°C) であり、東方は親潮域 (<14°C) であった。海鳥の採餌個体数密度は、一次生産が高く餌が豊富であると予測される親潮海域の大陸棚域（フロント域を含む）及び大陸棚斜面域で高かった。これらの海域の中でも、潜水採食種（ウトウ、*Puffinus* spp.）はフロント域や大陸棚で密度が高く、表面採食種（オオミズナギドリ、コアホウドリ）は大陸棚斜面域で密度が高かった。

引用文献

- Ashmole NP (1971) Sea bird ecology and the marine environment. In: Farner D and King JR (Editors), *Avian Biology vol. 1*, Academic press, New York and London. 223–286.
- Brooke M (2004) *Albatrosses and Petrels across the World*. Oxford University Press, New York.
- Burger AE, Wilson RP, Garnier D & Wilson MPT (1993) Diving depth, diet, and underwater foraging of Rhinoceros Auklets in British Columbia. *Can. J. Zool.* **71** (12): 2528–2540.
- Coyle KO, Hunt GL Jr, Decker MB & Weingartner TJ (1992) Murre foraging, epibenthic sound scattering and tidal advection over a shoal near St. George Island, Bering Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **83**: 1–14.
- Decker MB & Hunt GL Jr (1996) Foraging by murrelets (*Uria* spp.) at tidal fronts surrounding the Pribilof Islands, Alaska, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **139**: 1–10.
- 出口智広 (2003) 海洋環境変動に対するウトウの採餌繁殖生態学的応答とヒナの巣立ちを決めるメカニズム。博士課程学位論文、北海道大学。
- Gaston AJ & Jones IL (1998) *The Auks*. Oxford University Press, New York.
- 本田 聡・志田 修・山村織生 (2003) 沿岸親潮域のスケトウダラとその生活史。沿岸海洋研究 **41**: 39–47.
- Hunt GL Jr, Coyle KO, Hoffman S, Decker MB & Flint EN (1996) Foraging ecology of short-tailed shearwaters near the Pribilof Islands, Bering Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **141**: 1–11.
- Hunt GL Jr & Harrison NM (1990) Foraging habitat and prey taken by least auklets at King Island, Alaska. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **65**: 141–150.
- Hunt GL Jr & Schneider DC (1987) Scale-dependent processes in the physical and biological environment of marine birds. In: Croxall JC (ed.) *Seabirds, feeding biology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, 7–41.
- 入江隆彦 (1990) 海洋生活初期のサケ稚魚の回遊に関する生態学的研究。西水研研報 **68**: 1–142.
- Kato A, Watanuki Y & Naito Y (2003) Foraging behaviour

- of chick-rearing rhinoceros auklet *Cerorhinca monocerata* at Teuri Island, Japan, determined by acceleration-depth recording micro data loggers. *J. Avi. Biol.* **34**: 282–287.
- Kinder TH, Hunt GL Jr, Schneider DC & Schumacher JD (1983) Correlation between seabird and oceanic fronts around the Pribilof Islands, Alaska. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **16**: 309–319.
- Kuroki M, Kato A, Watanuki Y, Niizuma Y, Takahashi A & Naito Y (2003) Diving behavior of an epipelagically feeding alcid, the Rhinoceros Auklet (*Cerorhinca monocerata*). *Can. J. Zool.* **81**: 1249–1256.
- Lalli CM & Parsons TR (1993) *Biological oceanography an introduction*. Elsevier Science Inc., New York.
- 前川 聡・新妻靖章 (1996) 三陸から釧路沖にかけての海鳥の分布と個体数. 我孫子市鳥の博物館調査研究報告 **5**: 115–124.
- 松本 経 (2008) 育雛期におけるオオミズナギドリの長, 短距離採食戦略と海洋環境との関係, 博士課程学位論文, 北海道大学.
- Niizuma Y, Toge K, Manabe Y, Sawada M, Kanbe K, Yamamura O & Watanuki Y (2008) Diet and foraging habitat of Leach's Storm-Petrels Breeding on Daikoku Island, Japan. In: Okada H, Mawatari SF, Suzuki N, Gautam P(eds.), *Origin and evolution of natural diversity, Proceedings of the international symposium "Origin and evolution of natural diversity"*, 1–5 October 2007, Sapporo. 153–159.
- Ogi H, Kubodera T & Nakamura K (1980) The pelagic feeding ecology of the Short-tailed Shearwater *Puffinus tenuirostris* in the Subarctic Pacific Region. 山階鳥研報 **12** (3): 157–182.
- 萩島 隆 (1991) 北海道南東海域におけるマイワシ餌料としてのクロロフィル α 分布. 北水研報告 **55**: 173–184.
- Schneider DC (1997) Habitat selection by marine birds in relation to water depth. *IBIS*. **139**: 175–177.
- Schneider DC & Hunt GL Jr (1982) Carbon flux to seabirds in water with different mixing regimes in the southern Bering Sea. *Mar. Biol.* **67**: 337–344.
- Shaffer SA, Tremblay Y, Weimerskirch H, Scott D, Thompson DR, Sager PM, Moller H, Taylor GA, Foley DG, Block BA & Costa DP (2006) Migratory shearwaters integrate oceanic resources across the Pacific Ocean in an endless summer. *PNAS*. **103** (34): 12799–12802.
- 谷口 旭 (1991) 親潮域の浮魚餌料環境にみられる規則的な季節変動の大きな振幅について. 北水研報告 **55**: 27–34.
- Taniguchi A (1972) Geographical variation of primary production in the Western Pacific Ocean and adjacent seas with reference to the inter-relations between various parameters of primary production. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **19** (1·2): 1–33.
- Weimerskirch H & Cherel Y (1998) Feeding ecology of short-tailed shearwaters: breeding in Tasmania and foraging in the Antarctic? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **167**: 261–274.
- 安田一郎・奥田邦明・平井光行・小川嘉彦・工藤英郎・福島信一・水野恵介 (1988) 秋季津軽暖流の短期変動. 東北研究所研究報告 **50**: 153–191.