



総 説

## 海洋環境モニタリングにおける海鳥の役割とその保全

風間健太郎<sup>1</sup>・伊藤元裕<sup>1</sup>・新妻靖章<sup>2,\*</sup>・桜井泰憲<sup>1</sup>・高田秀重<sup>3</sup>・  
William J. Sydeman<sup>4</sup>・John P. Croxall<sup>5</sup>・綿貫 豊<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院水産科学院 〒041-8611 北海道函館市港町 3-1-1

<sup>2</sup> 名城大学農学部 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501

<sup>3</sup> 東京農工大学農学部 〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8

<sup>4</sup> Farallon Institute for Advanced Ecosystem Research, P.O. Box 750756, Petaluma, CA 94975 USA

<sup>5</sup> Bird Life International Global Seabird Programme, Wellbrook Court, Girton Road, Cambridge CB3 0NA, UK

(2009年11月28日受付; 2010年1月27日受理)

キーワード: 海鳥, 海洋環境, 混獲, 保全, モニタリング.

日本鳥学会誌

*Japanese Journal of  
Ornithology*

© The Ornithological Society  
of Japan 2010

Kentaro Kazama<sup>1</sup>, Motohiro Ito<sup>1</sup>, Yasuaki Niizuma<sup>2,\*</sup>, Yasunori Sakurai<sup>1</sup>, Hideshige Takada<sup>3</sup>, William J. Sydeman<sup>4</sup>, John P. Croxall<sup>5</sup>, Yutaka Watanuki<sup>1</sup>. 2010. Seabirds as indicators of the state of the marine environment and its conservation. *Jpn. J. Ornithol.* 59: 38–54.

**Abstract.** For sustainable use of marine resources, ecosystem based management is essential. However, collecting and integrating all the information needed is difficult. Thus it is important to use effective indicators of marine ecosystem change. Seabirds are believed to be useful biological indicators of marine ecosystem changes and marine pollution. In this paper, we review: 1) the responses of seabird to climate driven marine ecosystem changes, 2) the usefulness of seabirds as indicators of marine pollution and its potential effect on seabirds, 3) the status and conservation of albatrosses, focusing on the reduction of long-line by-catch. We review the seabird monitoring program globally and propose a seabird monitoring and network in Japan.

**Key words:** Seabird, Marine environment, Bycatch, Conservation, Monitoring.

<sup>1</sup> *Laboratory of Marine Ecology, Graduate school of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato-cho, Hakodate, 041-8611, Japan.*

<sup>2</sup> *Laboratory of Environmental Zoology, Faculty of Agriculture, Meijo University, 1-501 Shiogamaguti, Tenpaku-ku, Nagoya 468-8502, Japan.*

<sup>3</sup> *Laboratory of Organic Geochemistry (LOG), Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan.*

<sup>4</sup> *Farallon Institute for Advanced Ecosystem Research, P.O. Box 750756, Petaluma, CA 94975 USA.*

<sup>5</sup> *Bird Life International Global Seabird Programme, Wellbrook Court, Girton Road, Cambridge CB3 0NA, UK.*

### はじめに

人類は、海洋において漁業をはじめとするさまざまな経済活動を行い、海洋からさまざまな恩恵

を受けてきた。それら人間活動の結果、大型魚類の資源減少や漂流ゴミ、油流出、PCB やプラスチックなどによる海洋汚染、多くの海洋生物種の個体数減少といった問題が発生し、これらはいまだ拡大を続けている(来生 2007)。

人類が持続的に海洋を利用するためには、生態

\* E-mail: niizuma@meijo-u.ac.jp

系マネジメントの概念が重要である。生態系マネジメントとは、単に希少あるいは有用な動植物種のみを個別に保護・管理するのではなく、それら生物種の生息環境全体（生態系）をその不均一性と変動性あるいは不確実性を考慮した上で、モニタリングとフィードバックを繰り返す順応的な保全の考え方である（柿澤 2000）。

#### 1) 海洋生態系変化および汚染のモニターとしての海鳥

政策決定者が生態系マネジメントを実行する時、具体的には生物資源の生息域や資源量を評価したり、捕獲あるいは利用上限枠を定めたりする時、生態系の動態について最新の情報に常に気を配る必要がある（Botsford *et al.* 1997）。しかしながら、その最新情報を得るためには、特に海洋においては多くの経費、時間および労力が必要である。そこで、簡便に得られる海洋生態系変化の指標データが必要とされる。海洋生態系の高次捕食者の一つである海鳥は、海洋生態系変動の生物指標としてよく使われる（Cairns 1987, Furness & Greenwood 1993, Furness & Camphuysen 1997, Hilty & Merenlender 2000, Parsons *et al.* 2008, Weimerskirchi 2002）。繁殖期においては、これまでさまざまな外部環境要因と海鳥の繁殖成功率、餌（給餌物・量）、生残率、行動（繁殖時期、給餌頻度、採餌範囲など）、雛の成長速度、繁殖個体数やその変動、ボディコンディション、生理学的パラメータなどとの関係が示され、これら海鳥の繁殖状況、行動あるいは餌の情報は、餌資源変動や生態系構造変化の総合的かつ簡便な指標になりうることを示されている（Furness & Greenwood 1993, Hilty & Merenlender 2000, Kitaysky *et al.* 2007, Parsons *et al.* 2008, および Cairns 1987, Furness & Camphuysen 1997, Weimerskirchi 2002 による総説）。また、非繁殖期における渡りの時期や分布は、その時期における餌資源の分布や密度などに応じて変わることがよく知られている（Hunt *et al.* 1996, Shaffer *et al.* 2006）。広い範囲に分布する種では、複数の繁殖地における繁殖に関するモニター調査や、複数のエリアにおける渡りに関する調査を同時に行うことによって、例えば北太平洋や南極海全域といった広域の海洋生態系変動やその地理的変異をモニターすることができる（Reid & Croxall 2001, Weimerskirchi 2002, Croxall 2006）、これらの調査を数十年という長期間で行うことで、中長期的な気候変化に応じた餌資源量や分布の変化といった

生態系の変動を理解することができる（Croxall 2006）。また、生態系変動に対する海鳥の応答は種によって異なる（Wilson 1991, Oedekoven *et al.* 2001, Weimerskirchi 2002, Einoder 2009, 綿貫 2010）ため、利用する餌生物の栄養段階が異なる複数の海鳥種が同所的に繁殖したり、同じ海域を渡りのルートに利用したりする場合などでは、それらの種ごとの繁殖や渡りについての情報を得ることで、周辺海域の総合的なモニターが可能である（McLaren 1982, Camphuysen *et al.* 2006）。

海鳥は、海洋環境汚染の発生状況あるいはそれが生態系におよぼす影響の指標としても有効であることが指摘されている（Furness & Camphuysen 1997, Helgason *et al.* 2008, Pereira *et al.* 2009）。海岸に漂着した海鳥死体の体外部、特に羽などへの油の付着によって、汚染の有無あるいはその生態系への影響の時間的あるいは空間的な差異がわかる（Furness & Camphuysen 1997, Ford 2006）。油汚染などの発生状況やそれが生態系に与える影響を知るために、海岸に漂着した海鳥の死体を拾い歩く調査（海岸漂着海鳥調査，“Beached bird survey”）の手法は古くから確立され、世界中で利用されてきた（Furness & Camphuysen 1997, Ford 2006）。近年では、それら死体の外部情報から油汚染の発生状況を知るだけでなく、漂着した海鳥を解剖し、生理状態などの内部状態から海洋の異常を探ったり（Oka & Okuyama 2000, 新妻ら 2001）、各組織・器官に蓄積された汚染物質量を測ることで、海洋汚染の時空間的パターンを理解したりする試みもされている（Furness & Camphuysen 1997, Teuten *et al.* 2009）。

#### 2) 人間活動による海鳥個体数の減少

生物量が多く（綿貫 2010）、海洋生態系の重要な構成員の一つである海鳥は、人間活動の影響によってその個体数を大きく減少させている。世界に生息する 350 種ほどの海鳥のうち 90 種ほどが IUCN（国際自然保護連合）のレッドリストに載っている（IUCN）。

海鳥は、食料や羽毛として古来より人類に利用されてきた。縄文人にとって海鳥はかなり重要な食料であつたらしい。イヌイットは海鳥の卵を食料として採取し、親鳥の羽毛を衣服の装飾に用いた。こういった生活のための食料や衣類としての小規模な利用が海鳥の絶滅に関与したかははっきりしないが、大規模な商業的利用が海鳥の絶滅を招いた例が知られている。オオウミガラス *Pinguicula*

*nus impennis* は、17世紀まではスペイン、カナダ沿岸からアイスランドを含む北大西洋の広い範囲に繁殖地があった (Nettleship & Evans 1985) が、18世紀の大航海時代に食料としてあるいは油をとるために盛んに捕殺されその数は急減し、1844年アイスランドのエルデイ岩礁において、博物館の標本用にと2羽の成鳥が採取され、卵が壊されたのを最後に絶滅した。わが国の鳥島で繁殖しているアホウドリ *Phoebastria albatrus* はかろうじて絶滅をまぬがれたが、1800年代後半羽毛業者によって毎年十数万羽が殺され羽毛が100トン単位で輸出され、1949年には絶滅したと考えられていた (長谷川 2003)。

近代になり、このような大規模で盛んな海鳥の狩猟や採集は行われなくなったが、かわりに、漁業による海鳥類の混獲が、それらの個体数減少の原因となっている。1970~1980年代には北太平洋で大規模なサケ・マス遠洋流し網 (外洋において、幅12m長さ10kmから20kmの魚網を潮流や風力にまかせて流し、サケ・マスを絡めて捕獲する漁法) 行われ、年間10~20万個体程度から50万個体程度の海鳥がそれに絡まって混獲された (Ogi 1984, 藤田・樋口 1991)。それもふまえて、北太平洋における遠洋流し網は国連決議によって1992年に禁止となった。その後、わが国は、オホーツク海などのロシアの200海里排他的経済水域内において入漁料を払って、サケ・マス流し網漁業を毎年合法的に行っている。その漁業によってこの海域で混獲された海鳥は、1993~1997年の5年間でミズナギドリ類34万羽、ウミガラス類20万羽、エトピリカ *Fratercula cirrhata* 11万羽などとされている (Artyukhin & Burkanov 2000)。南米のフォークランド諸島周辺での157日間のトロール漁 (長さ25mほどの袋状の魚網を船で曳いて航行することで魚を捕獲する漁法) で、1,500羽以上の海鳥が混獲された報告があるが、その実態は不明な点が多くより詳しい調査が必要とされている (Sullivan *et al.* 2006)。南米アルゼンチン沖では、延縄漁 (船から1本の長い幹縄とそこに付けた多数の枝縄を流し、枝縄の先端に付いた釣り針で魚を釣獲する漁法で、幹縄は長いもので100kmを超える) により、アホウドリ類を含む海鳥が年間最大で12,284羽混獲されている (Schiavini *et al.* 1998)。混獲は、これら混獲された動物の個体数変動にも影響し、時としてそれらの生物種を絶滅の危機に追いやることもあることが次第に認識され始めている (Ogi 2008, Cury & Miserey 2008)。そのため、

これらを防ぐ国際的な取り組みが必要とされている。

### 3) 日本における海鳥

日本は四方を海洋に囲まれた島国であり、食料の多くを海洋に依存するだけでなく、文化的あるいは商業的にも海洋との関わりは特に強い。我が国では、2007年4月に公布された海洋基本法には200海里経済水域内と沿岸地域の総合的管理がうたわれている (海洋政策研究団 2007)。沿岸地域を含む海洋の総合的管理とは、持続可能な経済活動の発展と海洋環境の保全の両立、つまり生態系マネジメントを意味するだろう。これを達成するために、我が国周辺における海洋生態系の動態を監視することが必要とされる。

海鳥類は、魚を捕獲するためにそれらが集まることで、魚群の来集、種類、およびその移動を知らせるため、漁業者にとっては古くから身近な存在であった (百瀬 1995, 高橋 2000)。しかし、他国と比べて海鳥の繁殖パラメータや渡りデータの収集体制は整っておらず、海鳥が海洋環境変動の指標として有用であること、またその利用法についても理解は不十分である。海岸漂着海鳥調査は比較的盛んに行われている地域もあるが (油汚染国際ワークショップ実行委員会ら 2006)、全国的に見ればその手法や得られたデータの解釈について人々の理解は十分であるとは言いがたい。食料として水産資源を多く利用する我が国では、世界中の海で漁業活動を行っている (水産庁)。日本の遠洋漁業、特に延縄漁によってアホウドリ類の混獲が高頻度に行われており、国際的にもその対策が強く求められていることを認識する必要がある。

本総説では、まず、海鳥が果たす生態系変動の生物指標としての役割やその重要性を示すため、第一に、海鳥の繁殖に関する情報と気候変化や漁業活動による海洋生態系変動との関係を示し、海鳥がそれら変動のよい指標になることを示す。二番目として、海鳥が海洋油汚染やその他の化学物質汚染の発生や被害の拡大状況を表す指標となることを示す。次に、人間活動、とりわけ漁業活動が海鳥に多くの脅威をもたらしていることを示すため、アホウドリ類が混獲によりその個体数を大きく減少させていることを例としてあげ、その保全策について紹介する。さらに、我が国における海鳥の現状を示し、その保全のためにモニタリングが不可欠であることを示す。最後に、海鳥保全

ネットワークの形成およびデータベース構築の必要性について述べる。

#### 海鳥を利用した海洋生態系変動モニタリング

気象衛星などによって、気候などの物理的環境の変化は広域的かつ連続的に測定されているが、それらの観測データは直接海洋生態系の変動を反映するわけではない。生態系マネジメントにおける生態系変動の監視では、環境の変化による人間の利用対象生物（漁獲対象種や商業的有用種）の動態を知ることが目的に行われるため、それらの指標として物理データよりも生物データを利用するのが妥当である。特に生態系において高次の栄養段階に位置する生物は、その時空間スケールにおいて起こった全ての生態系変動の影響を反映し得る。大型魚類、海鳥や海棲哺乳類は、沿岸から外洋までの広大な範囲を採餌や繁殖のために利用する、海洋生態系において高次の栄養段階に位置し、さまざまな餌生物を利用するため、海洋生態系全体の変化の影響を受けやすいといった理由から、海洋生態系変動の指標として優れている。なかでも海鳥は他の海洋高次捕食者に比べ観察しやすく、また集団で営巣するため、安い経費で短期間の内に多くの個体の繁殖状況や餌の情報を得ることができるなど、海洋生態系変動の指標として数多くの利点を保有する（Furness & Camphuysen 1997, Mössner & Ballschmitter 1997, Beckmen *et al.* 1999, Piatt *et al.* 2007, Durant *et al.* 2009 による総説）。

これらの利点を示す事例について紹介しよう。気候変化による海洋生態系変動の例として有名なものが、海洋レジーム・シフトである。海洋レジーム・シフトは、10 から数 10 年の長いスケールで北太平洋全域においておこる水温の位相変化とそれに伴う海洋生態系変動である（青木ら 2005, 川崎ら 2007）。レジーム・シフトによって北太平洋は、海水温が温暖なレジーム期と寒冷なレジーム期とを交互に繰り返している（Yasunaka & Hanawa 2002, Sakurai 2007）。レジーム・シフトはさまざまな生物の成長や再生産に影響し、これらの生物の資源量を変動させたり生態系全体の構造を変化させたりする（Sakurai 2007）。北太平洋西部では、レジーム・シフトによって優占魚種がマイワシ類 *Sardinops spp.* に代表される冷海性魚種からカタクチイワシ類 *Engraulis spp.* に代表される暖海性魚種に入れかわる魚種交替がおこった（Chaves *et al.* 2003, 青木ら 2005）。これら餌生物の変動や生態

系構造の変化を高次捕食者はよく反映する。北太平洋西部におけるミンククジラ *Balaenoptera acutorostrata* では温暖レジーム期の時はマサバ *Scomber japonicus* やカタクチイワシ *E. japonicus* を食べるのに、寒冷レジーム期になると餌中のマイワシ *S. melanostictus* の割合が増える。北太平洋親潮域（特に陸奥湾）では、マダラ *Gadus macrocephalus* の漁獲量が寒冷レジーム期から温暖レジーム期への移行に伴い 70% 以上減少した（Chaves *et al.* 2003, 青木ら 2005, Sakurai 2007）。海鳥では、北海道天売島に繁殖するウトウ *Cerorhinca monocerata* の育雛期における餌が、1980 年代前半にはマイワシであったが、1980 年代後半からカタクチイワシへと急激に切り替わり、周辺海域における魚種交替をよく反映した（綿貫 1998, Deguchi *et al.* 2004）。アラスカ湾では、温暖レジーム期から寒冷レジーム期への以降にともない、5 種の海鳥の餌が、カラフトシシャモ *Mallotus villosus* からスケトウダラ *Theragra chalcogramma* へと急激に切り替わり、同海域における優占魚種や生態系構造の変化をよく反映した（Piatt *et al.* 2007 による総説）。

海洋生態系変動は、物理環境の変化だけでなく人間活動（漁業）によって引き起こされる場合もある（Boyd *et al.* 2006, Montevecchi 2002）。海鳥は、漁業によるある特定の魚類資源の減少が高次捕食者に及ぼす影響の指標にもなる。北海では、過剰な商業的漁業（対象：イカナゴ *Ammodytes marinus*）が海洋生態系に与える影響を、ミツコビカモメ *Rissa tridactyla* の繁殖成功から計り知ることができる（Frederiksen *et al.* 2004）。同海域では、それら商業的漁業による資源の枯渇防止のため、2000 年よりイカナゴ漁が禁止された。禁漁以降、ミツコビカモメの繁殖成績は、禁漁前の 2 倍ほど高くなり、それらの漁業がイカナゴの資源量だけでなくそれを餌とする高次動物にも間接的に深刻な影響をおよぼすことが明らかとなった（Frederiksen *et al.* 2004）。南アフリカや中南米沿岸においても、特定魚種への商業的な過剰漁獲が、ケープシロカツオドリ *Morus capensis*、その他のカツオドリ類やウ類の個体数激減の一因になることが知られている（Montevecchi 2002 による総説）。

ここまで、海鳥を生物指標に用いる有用性を示してきたが、海鳥を生物指標として使用する場合は、注意しなければならないこともある。Durant *et al.* (2009) は、海鳥を用いる際の考慮すべき点として主に以下の 4 つをあげている。海鳥の繁殖パラ

メータは複数の環境要因や生物的要因（捕食や寄生）の影響を受ける。そのため、海鳥の繁殖パラメータが生態系の変動をよく反映するからと言って、逆に海鳥の繁殖パラメータに何かしらの変化が起こった時に常に生態系に変動が生じているわけではない。生態系の構造によっては、海鳥による捕食圧が生態系変動の主要因となることがあり、その場合海鳥は指標としてふさわしくない。

生態系の変動と海鳥の繁殖パラメータとの間にタイムラグがある。生態系変動に対し個体が可塑的応答をすることがある。これらは、海鳥を指標にする際に、以下の点について考慮すべきことを示している。海鳥が何れの時空間スケールにおける何れの要因の指標となるかを明確にしなくてはならない。そのためには、事前に海鳥の繁殖生態や採餌生態についての基礎的知見を得てその種が指標としてふさわしいかどうかを判断する必要がある。指標として使う際には適切な個体数を用いなくてはならない。しかしながら、これらの点に注意さえすれば、海鳥は非常に優れた生態系変動の指標となる。

#### 海鳥を利用した海洋汚染のモニタリング

海鳥は、生態系変動の指標だけでなく、海洋における油汚染、重金属汚染あるいはPCBなどの微量化学物質による汚染の指標にもなる (Furness & Camphuysen 1997, Cifuentes *et al.* 2003, Helgason *et al.* 2008)。海洋油汚染の主な原因は、タンカーやパイプラインからの油の流出、海中油田などからの自然状態における油の染み出し、陸上起源の油の河川からの流入、海底油田掘削時や油田施設施工時の油の流出などがあげられる (Furness & Camphuysen 1997)。このうち、パイプラインの損傷やタンカー座礁など以外の、事故などの原因がよくわからない油汚染のモニターとして海鳥は有用である。ヨーロッパでは、油が付着した海鳥についての報告が、19世紀終わりからされている (Gray 1871, Mothersole 1910)。船舶の往来の多い海域であるカナダのニューファンドランド島の周辺では、船からの違法な油の投棄による汚染で多くのウミガラス *Uria aalge*、ハシブトウミガラス *U. lomvia* やヒメウミスズメ *Alle alle* が死体として漂着したことが示されている (Wiese & Ryan 2003, Wiese & Robertson 2004)。海洋における油汚染は航空機によるセンサスによっても監視できるが、航空センサスはこういった海岸漂着海鳥調査よりもずっと多くの経費がかかる上、例えば北太平洋全体と

いった広範囲をいっせいに調査する際には海岸漂着海鳥調査の方がより実用性が高い (Furness & Camphuysen 1997)。したがって、海洋における油汚染の監視や、その生態系へのリスク評価において、海岸漂着海鳥調査は簡便で大変有効な手段といえる。民間レベルでの海岸漂着海鳥調査実施の重要性については、最終章で詳しく述べる。

海岸に漂着した海鳥の羽を分析することで、食物連鎖を通じて海鳥の体内に蓄積されたカドミウムや水銀などの重金属の量を測定することができ、海洋生態系の重金属による汚染状況を知ることができる (Dahlmann *et al.* 1994, Camphuysen 1995, Furness & Camphuysen 1997)。イギリス南西部およびアイルランドでは、ニシツノメドリ *F. arctica* の羽に蓄積された水銀の濃度がこの100年間に大幅に上昇しており、海洋生態系の水銀汚染が近年深刻化していることが明らかになっている (Thompson *et al.* 1992b, Furness & Camphuysen 1997)。アイスランド北西部、スコットランド東部、シェットランド諸島、ノルウェー北東部において、フルマカモメ *Fulmarus glacialis*、ミツユビカモメ、オオハシウミガラス *Alca torda*、ハシブトウミガラス、ウミガラス、ニシツノメドリの羽に蓄積された水銀濃度が測定され、いずれの種においてもアイスランド北西部で高い濃度の水銀が検出されている (Thompson *et al.* 1992a, Furness *et al.* 1994, Furness & Camphuysen 1997)。この結果は、海洋の水銀汚染は必ずしも工業化が進んだ地域で深刻化するわけではなく、水銀による海洋生態系汚染には大気や海流による物質輸送・循環が影響していることを示唆している (Furness & Camphuysen 1997)。

近年、油汚染や水銀汚染に加え、ポリ塩化ビフェニル (PCBs) などの残留性有機汚染物質 (Persistent Organic Pollutants: POPs) による海洋汚染が深刻化している (Borga *et al.* 2005, 日本水産学会 2007)。海洋生態系の高次捕食者である海鳥は、それらの汚染の指標にもなりうる (Cifuentes *et al.* 2003, Helgason *et al.* 2008)。北海と大西洋北東部で繁殖するシロカツオドリ *M. bassanus* において、卵に含有されるPCBsの濃度が14年にわたって計測され、近年これら物質による海洋汚染の深刻化やその地域間での差が明らかとなった (Pereira *et al.* 2009)。これらの測定は採血や卵の採取など、海鳥にいくらかの負担を強いることになるが、近年では、鳥を殺傷することなく鳥体内の汚染物質濃度をモニターするために、尾腺ワックスを使っ

た汚染物質の計測法が確立されている (Yamashita *et al.* 2007). 尾腺ワックスとは、尾腺から分泌される脂質で、主に脂溶性の汚染物質が溶けている。この手法を用いて、北極から南極までの広範囲に生息する海鳥 14 種 (66 個体) の尾腺ワックスが採集され、体内の残留性有機汚染物質濃度が測定されている (高田秀重 未発表)。その結果、全ての種から POPs が検出され、汚染が地球全体に広がっていることが確認された。

プラスチックの生産量は近年爆発的に増加し (根本ら 1995)、海洋のプラスチック汚染が深刻化している (Day & Shaw 1987, 小城ら 1999)。海洋生物、特に海鳥がプラスチックを摂食していることは多くの論文で報告されている (Laist 1997, Auman *et al.* 1998, 小城)。近年では、海鳥が摂食しているプラスチックの量や種類を、その生息海域のプラスチック汚染の指標として利用する試みがなされている (山下 麗 私信)。

プラスチック摂食による野生動物への影響としては、これまでプラスチックによる消化管の閉塞 (Baird & Hooker 2000)、潰瘍 (Fry *et al.* 1987)、あるいは内部器官の穿孔 (Mascarenhas *et al.* 2004) などの物理的な影響が問題とされてきた。しかし、海洋プラスチックゴミ、特にレジンペレット (プラスチック製品の中間材料) にはさまざまな有害化学物質が含まれていることが最近の研究から明らかになり、それらに起因する生化学的な影響も懸念されている (Teuten *et al.* 2009)。レジンペレットは、輸送や加工の過程で環境に漏出し、世界の海に広がっている (小城ら 1999)。近年、レジンペレットの表面から PCBs、炭化水素類、有機塩素系農薬 (DDTs, HCHs)、臭素系難燃剤 (PBDEs)、フェノール系環境ホルモン (ノニルフェノール、ビスフェノール A) が数 ng/g~数 µg/g のレベルで検出されている (Mato *et al.* 2001, 間藤ら 2002, Endo *et al.* 2005, Karapanagioti & Klontza 2008)。これら有害化学物質は、プラスチックの表面の親油性のために周辺海水中から吸着して濃縮されたものと、もともとプラスチックの生産・加工時に配合された添加剤に由来するものと考えられている (Endo *et al.* 2005, Karapanagioti & Klontza 2008)。これらの有害化学物質がプラスチックを摂食した生物組織へ移行し、生物に悪影響を与えることが懸念されている (Teuten *et al.* 2009)。

海洋中のレジンペレットからそれを摂食した海鳥への汚染物質の移行を調べるために、オオミズナギドリ *Calonectris leucomelas* の雛へのレジンペ

レットの摂食実験が行われた (Teuten *et al.* 2009)。この実験では、東京湾で採取された比較的高濃度の PCBs を含有するレジンペレットが、実験の初日のみ餌 (イカナゴ) と混ぜて雛に与えられ、その後の実験期間 (42 日間) は餌のみが与えられた。その結果、東京湾のレジンペレットを摂食させた実験区では実験のはじめの 7 日目で尾脂腺油中の PCB 濃度が増加した個体がいづつか認められたが、コントロール区 (レジンペレットの摂食以外は実験区と同様の餌量が与えられ、同様の処置がなされた雛) ではそのような増加は認められなかった。また、海鳥の雛が餌経路でも有害化学物質に曝露されていることが示唆されており (Teuten *et al.* 2009)、これは地球生態系全体が有害化学物質で汚染されていることの危険性を示している。

#### 漁業による混獲と海鳥の保全： アホウドリ類を例として

アホウドリ類は、ワタリアホウドリ属 *Diomedea*、キタアホウドリ属 *Phoebastria*、モリモーク属 *Thalassarche* とハイイロアホウドリ属 *Phoebastria* の 4 属の 24 種からなる (Robertson & Nunn 1998)。これらアホウドリ類の全 24 種が IUCN のレッドリストに入っており、海鳥の中でもアホウドリ類は絶滅の危険性が特に懸念されるグループである。アホウドリ類の繁殖地の多くは、南半球の離島にあり、数は少ないが北太平洋にも存在し (Warham 1990)、アホウドリ類が繁殖する国は 11 ヶ国ある。日本には固有種であるアホウドリを含め 3 種のアホウドリ類が繁殖する。アホウドリは、先に述べた通り、一度絶滅が報告されたほどに数を減らした。また、クロアシアホウドリ *Phoebastria nigripes*、コアホウドリ *Diomedea immutabilis* も日本国内における繁殖地は、小笠原諸島の一部や鳥島に限られ、その繁殖個体数も少ない (Brooke 2004)。そのため、日本はアホウドリ類の保全を進めていく上では重要な国の一つである。

アホウドリ類は、海表面のイカ類や魚類などを、表面に浮いてついばんだり空中から飛び込んだりして食べるほか、浅い潜水をしたり、投棄された残飯などをあさったりする (Shealer 2002, Prince & Morgan 1987)。人工衛星をつかったアルゴシステムや装着型ジオロケーターによる追跡によって (Croxall 1997, Phillips *et al.* 2004)、亜南極のバード島で繁殖するマユグロアホウドリ *Thalassarche melanophrys* は、2 つの海流の境界に位置し生物生産量が非常に高く漁業が盛んに行われる海洋の

フロント領域で、ハイガシラアホウドリ *Phoebastria fusca* は、大陸棚で採食し (Prince *et al.* 1998)、後者は繁殖終了後に南半球全域を利用することなどが明らかとなった (Croxall *et al.* 2005)。ここでは、アホウドリ類の個体数激減の原因とその対策について紹介する。

### 1) アホウドリ類の現状

アホウドリ類は世界の多くの繁殖地において繁殖数を減らしている (Gales 1998)。サウス・ジョージア島で繁殖するワタリアホウドリ *Diomedea exulans* は、1960–1997 年までは、年間 1% の減少率が、1998–2004 年では年 4% を超える減少率となった (Croxall *et al.* 1990, Poncet *et al.* 2006)。ハイガシラアホウドリでは年約 3%、マユグロアホウドリでは年 4% を超える減少率であった (Poncet *et al.* 2006)。このサウス・ジョージアでの繁殖数減少の原因であるアホウドリ類の親鳥と亜成鳥の生存率の低下は、特に、ブラジル、ウルグアイとアルゼンチン沖でのマグロ延縄によって、混獲されていることに原因があった (Croxall *et al.* 1998, Neves & Olmos 1998, Schiavini *et al.* 1998, Stagi *et al.* 1988, Phillips *et al.* 2008)。他の海域でもアホウドリ類の延縄による混獲が大きな問題となっている。オーストラリアの漁業許可海域における 1992 年 4 月から 1995 年 3 月の期間に日本延縄漁船により、9,388 羽の海鳥が混獲され、78% がアホウドリ類であった (Klaer & Polacheck 1997)。ニュージーランド海域においては、日本マグロ延縄漁船によって、1988–1992 年の期間で 9,279 羽の海鳥が混獲され、アホウドリ類とミズナギドリ類の割合が高かった (Murray *et al.* 1993)。Brothers (1991) は、南氷洋において日本の延縄漁船により少なくとも年間 44,000 羽のアホウドリ類が混獲されているとしている。北太平洋でも、年間 100,000 羽のクロアシアホウドリが混獲されている (Schiavini *et al.* 1998, Lewison & Crowder 2003)。世界でどれだけのアホウドリ類が混獲によって殺されているのか正確な数字は分からないが、延縄漁により年間 300,000 羽以上の海鳥が殺され、アホウドリ類は 100,000 羽含まれるとされている (Brothers *et al.* 1999, Gales 1998, Lewison & Crowder 2003)。

こうしたことから、アホウドリ類の主な死亡原因の一つは、サウス・ジョージアにおけるワタリアホウドリ、ハイガシラアホウドリ、およびマユグロアホウドリの繁殖数減少の例で示された通り、延縄漁による混獲にあると考えられる。アホウド

リ類は、クラッチサイズが 1 であり、多くは 2 年に 1 回しか繁殖しないが、その寿命は 50 年以上と長い (Croxall *et al.* 1998)。このように、アホウドリ類はほかの海鳥に比べ、寿命が長く繁殖速度が遅い (Croxall 1987, Weimerskirch 2002) ので、個体数が減少しているもっと大きな原因は、親鳥と亜成鳥の生存率の低下である。しがって、混獲の問題を解決しなければ、アホウドリ類はいつか地球上から絶滅してしまう恐れがある。また、南氷洋では、マゼランアイナメ *Dissostichus eleginoides* の IUU 漁船 (Illegal, Unreported and Unregulated: 違法・無報告・無規制の略で、国際的な資源管理の枠組みを逃れて操業する漁船) によって混獲されていることも報告されており (Nel & Taylor 2003)、その管理や規制の困難さがうかがえる。日本国内で繁殖するアホウドリは、国際自然保護連合の絶滅危惧 II 類に指定されているが、伊豆諸島の鳥島では順調に繁殖数を回復させている (長谷川 2003)。しかし、本種の海上での死亡原因となる混獲についてはわが国の取り組みは不十分である (出口 2009)。その一方、アメリカでは 1993–2004 年の間、ベーリング海などでのアホウドリの混獲が少なくとも 12 羽あったとされており、底延縄漁業によりアホウドリが 2 年間で 4 羽の混獲があった場合には、漁場を閉鎖するという決定が下されている (NMFS 2006)。

### 2) 延縄による混獲の軽減策

延縄による混獲を防ぐための方法がいくつか提案されている (Brothers *et al.* 1999, Lokkeborg & Robertson 2002, Melvin & Parrish 2002)。アホウドリ類の混獲は、投縄直後の餌が沈まずに海面上を漂う、船尾から数十メートルの範囲でおこる。その範囲から鳥を遠ざけるには、吹き流しを用いるのが効果的な方法である。吹き流しとは、船尾から延縄へ鯉のぼりの吹き流しのようなものを海面へたらし、海鳥が延縄へ侵入できないようにする器具である。吹き流しは、一本であれば、死亡率を 80% 以上削減させることができ、二本では 95% 以上削減させることができる。また、延縄に十分な重りを付け、餌を早く沈ませる方法も有効である。2002 年と 2003 年冬期のニュージーランドのキングクリップ *Genypterus blacodes* 漁において重りをつけた延縄が用いられ、この延縄は重りをつけなかった延縄よりも水深 2 m までは 2.8 倍早く沈降し、水深 20 m までは 2.2 倍早く沈降した (Robertson *et al.* 2006)。その結果、重りをつけた延縄での

操業では、重りをつけなかった延縄での操業時より、ノドジロクロミズナギドリ *Procellaria aequinoctialis* の混獲を 2002 年は 98.7%，2003 年は 93.5%，ハイロミズナギドリ *Puffinus griseus* の混獲を 2003 年に 60.5% 減少させることができた (Robertson *et al.* 2006)。2005 年のアラスカ、ベーリング海におけるマダラ漁では、重りと吹き流しとを組み合わせた延縄が使用され、この延縄での操業時には何もつけていない通常の延縄での操業時よりもカモメ類やフルマカモメ類の混獲を 100%，ミズナギドリ類の混獲を 97% 減らすことができた (Dietrich *et al.* 2008)。トロール漁においてもこの混獲防止の手法が取り入れられている (Bullo 2007)。また、アホウドリ類は昼行性なので夜間に延縄の仕掛けを海に設置する、繁殖中の鳥を守るため漁期を制限する、そしてすべての船団に監視者を乗船させるという取り組みが行われている (Croxall 2008)。サウス・ジョージア島のマゼランアイナメの延縄漁の例では、この取り組みが規制法案として導入される前は、毎年 6,000 羽のアホウドリ類が混獲されていたが、規制後はほとんど混獲されなくなった (Otley *et al.* 2007, Croxall 2008)。

海鳥の混獲を減らすことは、海鳥の保全に効果的であるばかりではない。針から海鳥の死体ははずすという作業を減らすこと、海鳥に餌を奪われなくすること、漁具の維持・管理の手間を減らすことなどといった直接的な漁業者の利益にもなるのである。こういった取り組みは、アジア地域において今後特に重要となる。日本、台湾、韓国の船団は南洋においてマグロ延縄の漁の主要国となっているからである。こういった解決策を他の海域、特に、マグロ漁のさかんな公海と排他的経済水域に適用するためにはどのようにすれば良いのだろうか？ 世界の海洋は、さまざまな漁業管理組織によって海域ごとに管理されているため、まず、どの管理組織がどの海域を管理しているのかを正確に特定する必要がある。そのうえで、国際的な指導者のチームが漁業者に混獲防止予防策の実演をし、海上と沿岸でのトレーニングを行い、この活動を全世界の混獲が多発する海域に適用することが重要である。現在、この活動の適用範囲は、ブラジル、チリ、南アフリカをはじめ、アルゼンチン、ウルグアイ、ナミビアへと広がっている。この活動の成果として、吹き流しの強制使用の規制導入、南アフリカ、アジア船団による混獲上限数の規制導入、国際的認可の普及が進みつつ

ある。また、規制導入後の著しい混獲の減少が認められている (Croxall 2008, Bird Life International a)。

一方で、研究者が行うべきことは、アホウドリ類の移動ルートの把握やデータベースの構築、そしてこれら移動ルートと漁場との重複域の把握の 2 点である。11 カ国から 57 人の科学者が 28 種のデータを持ち寄り、世界のミズナギドリ目の移動ルートデータベースの構築ができた (Bird Life International b)。これにより、アホウドリ類の繁殖期の移動ルートと延縄漁の重複箇所も明らかとなった。これらのデータベースを基に各海域での延縄漁の規制導入についてのガイドラインを示し、アホウドリを含む海鳥に対する漁業影響評価が行われている。マグロ漁が主に行われている公海では、まだ問題はあるが解決のために作業は行われている。

排他的経済水域でも公海と同様の混獲予防策の実施が期待される。公海よりも多くの漁業者によって小規模な漁業が行われている排他的経済水域では、漁業管理者と漁業者との連携がさらに重要となるだろう。

結論として、特定の漁業に特化した混獲予防策というものは確かに存在する。近年、海鳥の渡りルートや海鳥が餌場としてよく利用する海域の特定が進みつつある。混獲予防策は国際的な海洋に関する組織のもとで、必要なことと認められつつある。今後、混獲予防策の施策義務は世界的にきわめて大きくなっていくだろう。

#### 日本における海鳥のモニタリング

ここまで、海鳥は海洋生態系変動や海洋汚染を知るための指標として優れていること、海鳥は人間活動によってその生存が脅かされており、保全が必要であることを示した。この章では、我が国における海鳥の現状を示し、その保全のためにはモニタリングが不可欠であることを示し、多くの人々によって実施が可能なモニタリング手法をいくつか提案する。

海鳥の群は、漁業者にとっては魚群の到来、種類や移動の手がかりとなる。そのため、古くから海鳥類は漁業を行うための大切な存在であった。また、1930 年代初めより、各地において海鳥の繁殖地や越冬海域が天然記念物とされ保護されてきた (渡邊 2006)。しかしながら、日本には約 70 種の海鳥が生息するが (日本鳥学会 2000)、その内 23 種が何らかのレベルで環境省のレッドデータ

ブックに掲載されている（環境省）。例えば、半世紀前には4万羽を越えるウミガラスが天売島に繁殖していたとされているが、現在では僅かに10数羽が繁殖するのみである（北海道海鳥センター）。この繁殖数の減少の原因については、日本海のサケ・マス流し網による混獲が考えられているが、その詳細は今となっては明らかではない（Osa & Watanuki 2002）。適切にモニタリングを行ってれば、海鳥の保全や管理に関する提言を素早く提案することができるはずである。

海鳥の繁殖に関する長期間のモニタリングは世界中で行われている。一つの国において数十種の子鳥の繁殖状況が数十箇所ですべて同時に継続してモニタリングされている例も数多くある（表1）。アメリカでは、アメリカ内務省魚類野生生物局（USFWS）が中心となり、アラスカ地域だけでも、21箇所において19種類の海鳥の繁殖モニタリング（繁殖個体数、繁殖成績および海鳥の餌生物）が20年間以上行われている（Dragoo *et al.* 2001）。また、カリフォルニア海流の流域にある3つの海鳥繁殖地では、USFWSの協力のもと民間調査会社であるPRBOが中心となり、11種類の繁殖モニタリング（繁殖成績および海鳥の餌生物）が30年以上続けられている（Sydeman *et al.* 2001）。Lewis *et al.* (2001)によれば、イギリスおよびアイルランドには、シロカツオドリだけでも17箇所の繁殖モニタリングサイトがあり、最も古いところでは本種の繁殖個体数が100年以上記録されている。イギリス環境研究機構に属する生態水理研究所（CEH）では、スコットランドのメイ島を拠点にウミガラス、ニシツノメドリ、ミツユビカモメの繁殖モニタリングが30年以上継続されており、海鳥の繁殖と海洋環境および餌生物資源変動との関連に関する報告が数多くなされている（Frederiksen *et al.* 2004, Wanless *et al.* 2004, Wanless *et al.* 2005）。南極地域においても、各国の南極観測隊が運営する多数の繁殖モニタリングサイトがあり、ペンギン類やアホドリ類などの海鳥の個体数、繁殖成績、海鳥の餌生物等が30年以上モニタリングされている（Barbraud & Weimerskirch 2001, Micol & Jouventin 2001, Ride & Croxall 2001, Croxall *et al.* 2002）。カナダやノルウェーにおいても、政府機関の協力の下、30年以上にわたりエトピリカ、アメリカウミスズメ *Ptychoramphus aleuticus*、ウトウ、ウミガラス、ニシツノメドリ等の繁殖モニタリングが継続して行われている（Bertram *et al.* 2001, Durant *et al.* 2003, Gjerdrum *et al.* 2003）。

海外の海鳥繁殖モニタリングの多くは、各国の政府機関が中心となり進められているが、現場で作業に当たるのは大学職員、大学院生とそのアシスタントに加え、民間調査会社、ボランティア等である場合が多い。アメリカでは政府機関であるNational Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) によって進められている海鳥繁殖モニタリングプログラムに多くの民間人、特にアマチュアバードウォッチャーやボランティアの人々が参加している（金澤 智 私信）。アメリカでは、長期の海鳥繁殖モニタリングの意義は、海鳥の生態に関する基礎科学的知見あるいは海洋生態系の理解や環境保全管理に重要な情報を得ることに限らない。NOAAのプログラムのように野生動物に興味を持つ多くの民間の人々が繁殖モニタリングに参加することによって、自分の興味や趣味を国家事業としての生態系保全に活かす機会となる（金澤 智 私信）。また、モニタリングプログラムに参加した経験がキャリアとみなされることで、これらの人々が他の保全事業への参加しやすくなったり政府機関への就職の機会が増えたりすることもある（金澤 智 私信）。

一方、日本においては、海鳥の繁殖モニタリングは、鳥の研究を職業としている大学の教員や将来研究者を目指している学生のみによって行われている。日本の政府や行政が主導となつての海鳥繁殖モニタリングの体制づくりは全く進んでおらず、専門家でない民間の人々が海鳥の繁殖モニタリングに参加することは困難な状況にある。というのも、これらの繁殖モニタリングは、長期間無人島に滞在したり、繁殖期の経過を観察したりする必要があり、誰でも手軽に参加できるものではないからである。そのため、我が国において海鳥のネットワークを作るためには、研究者による繁殖モニタリングだけでなく、アマチュアバードウォッチャーやボランティアの方も参加できる海鳥の分布や出現個体数に関するモニタリング手法を提案する必要がある。ここでは、市民が誰でも参加できる2つの海鳥モニタリング手法を提案する。海岸漂着海鳥調査や海岸からの海鳥類ウォッチング、およびフェリーを用いた海上センサスである。

海岸漂着海鳥調査は市民が容易に参加できるため、世界中で行われている（Newman *et al.* 2007a）。海鳥の死亡要因には、油汚染、混獲（Robertson & Gales 1998, Melvin & Parrish 2002）、化学物質汚染（Borgå *et al.* 2001, Burger & Gochfeld 2004）、プ

表 1. 世界の海鳥モニタリングの現状.  
 Table 1. The status of seabird monitoring in the world.  
 世界の各国および地域のモニタリングサイト数, 対象種数, 継続年数, 調査主体を示す.  
 Numbers of seabird monitoring sites, species, period (in years) of monitoring, and organization.

国 Countries & Areas	サイト数 Sites	種数 Species	継続年数 Year	調査主体 Organizations	出典 Reference
アメリカ・カナダ USA & Canada	190	54	1~37年	USFWS*1, CWS*2, NOAA*3, USGS*4, PRBO	North America Bird Monitoring Database
イギリス U.K.	81	25	>20年	JNCC*5, CEH*6, NTS*7, RSPB*8, SG*9, SOTEAG*10	Mavor <i>et al.</i> 2008
南極域(南極大陸, 南極・ 亜南極海域を含む)	14	6	25年	CCAMLR*11, 各国観測隊	Agnew 1997
Antarctic & sub-Antarctic region					
ノルウェー Norway	26	12	4~21年	CCAMLR, Antarctic survey team in each country ノルウェー政府 (SEAPOP 事業)	Anker-Nilssen <i>et al.</i> 1996
南アフリカ South Africa	15	20	>25年	The Norwegian government (SEAPOP) ケープタウン大学 Cape Town Univ.	Avian Demography Unit Taylor 2000
ニュージーランド New Zealand	全土にまたがる 広域エリア The wide area in the country	94	25~55年	ニュージーランド政府 The New Zealand government	
オーストラリア Australia	>5	13	17~21年	バーズ・オブ・オーストラリア Birds Australia	Birds Australia 2008
日本 Japan	1	6	23年	北海道大学, 天売海鳥研究室 Hokkaido Univ., Teuri Seabird Lab.	北海道環境科学研究所センター 1995

\*1 アメリカ魚類野生生物局 (U.S. Fish and Wildlife Service), \*2 カナダ野生動物保護局 (Canadian Wildlife Service), \*3 アメリカ海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration), \*4 アメリカ地質調査所 (U.S. Geological Survey), \*5 Joint Nature Conservation Committee, \*6 イギリス環境研究機構生態水理研究所 (Centre for Ecology and Hydrology), \*7 The National Trust for Scotland, \*8 The Royal Society for the Protection of Birds, \*9 The Steering Group, \*10 Shetland oil Terminal Environmental Advisory Grope, \*11 南極の海洋生物資源の保存に関する委員会 (Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources)

ラスチック摂食 (Auman *et al.* 1998, Burger & Gochfeld 2004) などの人間由来の原因や、気象条件や飢餓 (Nevins *et al.* 2005, Scheffer *et al.* 2005), 病気 (ウイルス, バクテリア, 菌類の感染や寄生虫) (Work & Rameyer 1999, Friend *et al.* 2001, Muzaffar & Jones 2004, Newman *et al.* 2007b), 赤潮などの有毒藻類 (Shumway *et al.* 2003) などの自然由来の原因がある。海岸に漂着した海鳥の死体から、その死亡原因である油の流出, 海洋汚染, 栄養ストレス, 混獲などの重要な情報を得ることができる (Bayer *et al.* 1991, Camphuysen *et al.* 1999, Forney *et al.* 2001, Heubeck 2006, Parrish *et al.* 2007)。漂着した海鳥の死因は、保全のための有用な情報となる (Stephens & Burger 1994, Newman *et al.* 2007b)。

海岸漂着海鳥調査はそのほとんどが民間組織主導で行われ、作業従事者は専門知識を持たないボランティアである場合が多い (Ford 2006, Newman *et al.* 2007a)。地域によって手法や調査努力量や実施頻度が異なったり、調査者によって死体発見率など能力が異なったりすることから、調査の意義や結果の科学的信頼性が議論されている (Ford 2006, Newman *et al.* 2007a)。しかし、これらは工夫したプログラムやマニュアル (COASST), あるいは簡単な訓練によって容易に改善できる。例えば、海鳥の死体の漂着が確認された場合、油が付着している個体としていない個体とをきちんと識別することで、その地域に生息する海鳥個体全体のうち油に汚染された個体の割合が推定でき、その生態系への影響を見積もることが可能である (Piatt & Ford 1996, Helm *et al.* 2006)。

長期間にわたる地道な海岸漂着海鳥調査の実施によって、海鳥が晒されている海洋油汚染のリスクやその保全策の有効性が明らかにされた例がある。1979–1991年に北海周辺で実施された海岸漂着海鳥調査の結果、海岸に漂着したウミガラスのうち、オランダでは88%もの個体に油が付着していたが、シェットランドでは油が付着していた個体は18%であった (Camphuysen & Van Franker 1992, Furness & Camphuysen 1997)。これによって、イギリス海峡や北海南部の大きな商業港や大型船舶の航路周辺では油汚染が深刻で、北海西北部や大西洋では油汚染のリスクが低いことが明らかとなった (Furness & Camphuysen 1997)。さらに、この北海での海岸漂着海鳥調査によって、沿岸では1980年以降、油汚染が局所的に減少してきたことが明らかにされ (Heubeck 1991, Camphuysen 1995,

Seys *et al.* 2002), 行政による塗水 (汚水) 受入施設の建設や油輸送の監視体制の強化といった対策が、油流出による海鳥や海洋生態系汚染の予防に効果的であったことが証明された (Averbeck 1991, Camphuysen 1998, Fleet & Reineking 2000)。

海岸漂着海鳥調査を実施するのと同時に、海岸からの海鳥類の観察を行うことも、容易かつ有効なモニタリングとなる。海岸には多くの海鳥、特にカモメ類が多く出現する。海岸からの観察によって、例えば、それらの国内での新たな生息域や分布の確認ができ (加藤ら 2009), 毎年同じ場所で観察を続ければ、年ごとの出現数や時期の変化など、環境変化との関係も予測できるだろう。

海岸漂着海鳥調査ほど認知はされておらず普及も進んではいないが、フェリーを用いた海鳥の分布や個体数センサスも、海鳥の保全や管理に必要な情報を得る上で有効な方法となりうる。日本環境災害情報センターと日本海鳥グループは、伊勢湾の鳥羽と伊良湖を結ぶフェリー航路を利用して、市民を対象としたワークショップを行い、フェリーを使った海鳥センサスは、海鳥に興味のある人であれば誰でもできる海鳥のモニタリングであることを示している (日本環境災害情報センター 2007)。津軽海峡フェリーの函館–大間航路では、学生を中心とした市民グループにより、2006年10月より月1~2回のセンサスが継続的に行われている。その結果、この海域においてこれまで明らかでなかった、いくつかの希少種を含む多くの海鳥類の出現数や分布のパターンあるいはそれらの変動が明らかになりつつある (倉沢康大・平田和彦私信)。また、学生や大学教員によって、2004年4月から現在まで月1回の鳥羽–伊良湖航路での伊勢湾フェリーを利用したセンサスが行われている。これによって、この海域では毎年5–7種の海鳥が出現し、冬季に出現数が増え、特にオオミズナギドリは出現数が毎年増加していることが明らかになりつつある (日本海鳥グループ 2009)。

#### おわりに

猛禽類を対象とした市民レベルでの個体数や分布の調査が、猛禽類を監視する広域ネットワークに発展したり、保全のためのデータベースとして活用されたりしている例がある。70年以上前に少数の自然愛好家により開始された、アメリカのホークマウンテンでの秋のタカ類の渡りの観察は、現在ではアメリカ大陸各地で定期的に行われる猛禽類観察へと発展し、観察データは猛禽類の個

体群動態の評価に使用されている (Gill 2007) . 海鳥においても同様に, 海岸漂着海鳥調査やフェリーを利用したセンサスが, 監視ネットワークに発展したり, 保全のためのデータベースの構築につながったりすることが期待される. それら2つの海鳥モニタリングの普及のため, 日本海鳥グループは, 市民を対象とした函館-大間航路と鳥羽-伊良湖航路においてフェリーセンサス講習会, 愛知県田原市の海岸にて海岸漂着海鳥調査講習会, 函館にて海岸漂着海鳥調査で回収される海鳥死体の解剖の講習会を実施した. 2009年秋からは, 日本海鳥グループ主催のセンサス講習会に参加された方の中の数名が, 函館-大間航路での定期的なセンサス活動に参加するようになった(倉沢康大・平田和彦 私信). 日本列島沿岸には, 天然記念物を含む海鳥の繁殖地が点在しており, それらの海域は多数の離島間フェリーや長距離フェリーの航路となっている. これらのフェリー航路を活用して海鳥センサスを定期的に, そして継続的に行えば, 国内に生息する多くの海鳥の分布や個体数変動についての情報が網羅的に蓄積できるだろう. 個人や団体が実施したセンサスのデータの情報発信と統合のため, データベースを構築し, 海鳥保全ネットワークの体制を整えることが急がれている. このようなデータベースやネットワークは, タンカー事故などにおける海鳥保全の緊急時の対応を可能とするだけでなく, 地球規模で起こっている温暖化に代表される環境変動のモニターとしても重要な役割を果たすだろう.

本総説は, 第36回太平洋海鳥グループ (Pacific Seabird Group) 年次会議に併せて2009年2月22日に函館にて開催された公開シンポジウム「海鳥の目から海洋を見る」における講演内容をもとに執筆された. シンポジウムの開催にあたり, 函館市および競艇の交付金による日本財団の助成を受けた. 講師招聘費の一部は文部科学省科学研究補助金 (no. 18651111) による. シンポジウムの開催準備および運営に際し, オレゴン州立大学の鈴木康子氏, 北海道大学大学院水産科学院の峠佳菜子氏, 平田和彦氏, 越智大介氏にご協力いただいた. 名古屋市立大学の金澤 智氏には原稿を読んでいただき, 有益なコメントをいただいた. 早矢仕有子氏と1名の匿名査読者および編集者には, 数多くの有益なご指摘をいただいた. これらの方々に深く感謝申し上げる.

## 摘 要

海洋資源を持続的に利用するためには, 生態系を考慮したマネジメントが必須である. そのためには, 生態系を構成する各要素について膨大な情報を収集し統合しなければならない. しかし, それはかなり困難であるので, 効果的な生態系変化のインジケータを使うことが重要である. 海鳥は気候変化にともなう海洋生態系変動, および海洋環境汚染の便利なインジケータであると信じられている. 本論文では, 1) 気候変化による海洋生態系変動に対する海鳥の反応, 2) 海岸に漂着した海鳥の海洋油汚染インジケータとしての有効性と海洋汚染の海鳥に対する潜在的インパクト, 3) アホウドリ類の現状と保全, 特に延縄による混獲についてレビューする. さらに, 4) 世界における海鳥モニタリング活動と我が国における海鳥モニタリングの現状について紹介する. 最後に, 海鳥保全ネットワークの形成に関する提案をする.

## 引用文献

- 青木一郎・二平 章・谷津明彦・山川 卓 (編) (2005) 水産学シリーズ [147] レジームシフトと水産資源管理. 日本水産学会監修. 恒星社厚生閣, 東京. 油汚染国際ワークショップ実行委員会・国際動物福祉基金・日本環境災害情報センター (2006) 油汚染国際ワークショップ in 札幌記録集. 札幌.
- Agnew DJ (1997) Review The CCAMLR Ecosystem Monitoring Programme. *Antarctic Science* 9: 235-242.
- Anker-Nilssen T, Erikstad KE & Lorentsen S-H (1996) Aims and effort in seabird monitoring: an assessment based on Norwegian data. *Wildlife Biol.* 2: 17-26.
- Artyukhin YB & Burkanov VN (2000) Incidental mortality of seabirds in the drift net salmon fishery by Japanese vessels in the Russian Exclusive Economic Zone, 1993-1997. In: Kondratyev AK, Litvinenko NM & Kaiser GW (eds.), *Seabirds of the Russian Far East*: 105-116. Canadian Wildlife Service, Ottawa.
- Auman HJ, Ludwig JP, Giesy JP & Colborn T (1998) Plastic ingestion by Laysan Albatross chicks on Sand Island, Midway Atoll, in 1994 and 1995. In: Robertson G & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 239-244. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton.
- Averbeck C (1991) Ergebnisse des "Beached Bird Survey" der Bun-desrepublik Deutschland im Februar 1990. *Mitteilungen Nord-deutsche Naturschutz Akademie* 2: 50-52.
- Avian Demography Unit (オンライン), (<http://web.uct.ac.za/depts/stats/adu/seabirds.htm>), (入手 2009-10-26).
- Baird RW & Hooker SK (2000) Ingestion of plastic and unusual prey by a juvenile porpoise. *Mar. Pollut. Bull.* 40: 719-720.

- Barbraud C & Weimerskirch H (2001) Emperor penguins and climate change. *Nature* **411**: 183–186.
- Bayer RD, Lowe RW & Loeffel RE (1991) Persistent summer mortalities of Common Murres along the Oregon central coast. *Condor* **91**: 516–525.
- Beckmen KB, Ylitalo GM, Towell RG, Krahn MM, O'Hara TM & Blake JE (1999) Factors affecting organochlorine contaminant concentrations in milk and blood of northern fur seal (*Callorhinus ursinus*) dams and pups from St. George Island, Alaska. *Sci. Total Env.* **231**: 183–200.
- Bertram DF, Mackas DL, McKinnell SM (2001) The seasonal cycle revisited: interannual variation and ecosystem consequences. *Prog. Oceano.* **49**: 283–307.
- BirdLife International (a). Save the albatross. (オンライン) (<http://www.birdlife.org/seabirds/savethealbatross.html>), (入手 2009-10-26).
- BirdLife International (b). Tracking Ocean Wanders (オンライン), (<http://www.birdlife.org/action/science/species/seabirds/tracking.html>), (入手 2009-11-25).
- Birds Australia (2008) *The State of Australia's Birds 2008*. Birds Australia, Victoria.
- Borgå K, Gabrielsen GW & Skaare JU (2001) Biomagnification of organochlorines along a Barents Sea food chain. *Envi. Poll.* **113**: 187–198.
- Borgå K, Gabrielsen GW, Skaare JU, Kleivane L, Norstrom RJ & Fisk A (2005) Why do organochlorine differences between Arctic regions vary among trophic levels? *Environ. Sci. Technol.* **39**: 4343–4352.
- Botsford LW, Castilla JC & Peterson CH (1997) The management of fisheries and marine ecosystems. *Science* **277**: 509–515.
- Boyd IL, Wanless S & Camphuysen CJ (2006) *Top predators in marine ecosystems: their role in monitoring and management*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brooke M (2004) *Albatrosses and Petrels across the World*. Oxford University Press, New York.
- Brothers N (1991) Albatross mortality and associated bait loss in the Japanese longline fishery in the southern ocean. *Biol. Conserv.* **55**: 255–268.
- Brothers NP, Cooper J & Lokkeborg S (1999) The incidental catch of seabirds by longline fisheries: Worldwide review and technical guidelines for mitigation. *FAO Fisheries Circular* **937**.
- Bullo LS (2007) Reducing seabird bycatch in longline, trawl and gillnet fisheries. *Fish and Fisheries* **8**: 31–56.
- Burger J & Gochfeld M (2004) Marine birds as sentinels of environmental pollution. *EcoHealth* **3**: 263–275.
- Cairns DK (1987) Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biol. Oceanogr.* **5**: 261–271.
- Camphuysen CJ (1995) Olieslachtoffers langs de Nederlandse kust als indicatoren van de veruiling van de zee met olie. Beached birds in the Netherlands as indicators of marine oil pollution. *Sula* **9**: 1–90.
- Camphuysen CJ (1998) Beached bird surveys indicate decline in chronic oil pollution in the North Sea. *Mar. Poll. Bull.* **36**: 519–526.
- Camphuysen CJ & Van Franeker JA (1992) *Technical Report of Vogelbescherming 10: The value of beached bird surveys in monitoring marine oil pollution*. Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Vogels, Zeist.
- Camphuysen CJ, Wright PJ, Leopold M, Huppoo O & Reid JB (1999) A review of the causes, and consequences at the population level, of mass mortalities of seabirds. *ICES Coop. Res. Rep.* **232**: 51–66.
- Camphuysen CJ, Scott BE & Wanless S (2006) Distribution and foraging interactions of seabirds and marine mammals in North Sea: multispecies foraging assemblages and habitat-specific feeding strategies. In: Boyd IL, Wanless S & Camphuysen CJ (eds.), *Top Predators in Marine Ecosystems*: 82–97. Cambridge University Press, Cambridge.
- Chaves FP, Ryan J, Lluch-Cota SE & Niquen MC (2003) From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* **299**: 217–221.
- Cifuentes JM, Becker PH, Sommer U, Pacheco P & Schlatter R (2003) Seabird eggs as bioindicators of chemical contamination in Chile *Environ. Pollut.* **126**: 123–137.
- COASST (オンライン), (<http://depts.washington.edu/coasst/>), (入手 2009-11-25).
- Croxall JP (1987) Introduction. In: Croxall JP (ed.), *Seabirds feeding biology and role in marine ecosystems*: 1–5. Cambridge University Press, Cambridge.
- Croxall JP (1997) Research and conservation: a future for albatrosses? In: Robertson R & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 269–290. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Croxall JP (2006) Monitoring predator-prey interactions using multiple predator species: the South Georgia experience. In: Boyd IL, Wanless S & Camphuysen CJ (eds.), *Top Predators in Marine Ecosystems*: 157–176. Cambridge University Press, Cambridge.
- Croxall JP (2008) The role of science and advocacy in the conservation of Southern Ocean albatrosses at sea. *Bird Conservation International* **18**: S13–S29.
- Croxall JP, Prince PA, Rothery P & Wood AG (1998) Population changes in albatrosses at South Georgia. In: Robertson G & Gales R (eds.), *Albatross Biology and Conservation*: 69–83. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Croxall JP, Rothery P, Pickering SPC & Prince PA (1990) Reproductive performance, recruitment and survival of wandering albatrosses *Diomedea exulans* at Bird Island, South Georgia. *J. Anim. Ecol.* **59**: 775–796.
- Croxall JP, Silk JRD, Phillips RA, Afanasyev V & Briggs DR (2005) Global circumnavigations: tracking year-round ranges of nonbreeding albatrosses. *Science* **307**: 249–250.
- Croxall JP, Trathan PN & Murphy EJ (2002) Environmental change and antarctic seabird populations. *Science* **297**: 1510–1514.
- Cury M & Miserey Y (2008) Une mer sans poisons. Calmann Lévy, Parice. (勝川俊雄 監訳・林昌宏 訳 (2009) 魚のいない海. NTT 出版, 東京.)
- Dahlmann G, Timm D, Averbek C, Camphuysen CJ & Skov H (1994) Oiled seabirds—comparative investigations on oiled seabirds and oiled beaches in the Netherlands, Denmark and Germany (1990–1993). *Mar. Poll. Bull.* **28**:

- 305–310.
- Day RH & Shaw DG (1987) Patterns in abundance of pelagic plastic and tar in the North Pacific Ocean, 1976–1985. *Mar. Pollut. Bull.* **18**: 311–316.
- 出口智広 (2009) 絶海の孤島への再導入—アホウドリ—日本の稀少鳥類を守る (山岸哲編): 23–47. 京都大学出版会, 京都.
- Deguchi T, Watanuki Y, Niizuma Y & Nakata A (2004) Interannual variations of the occurrence of epipelagic fish in the diets of the seabirds breeding on Teuri Island, northern Hokkaido, Japan. *Prog. Oceano.* **61**: 267–275.
- Dietrich KS, Melvin EF & Conquest L (2008) Integrated weight longlines with paired streamer lines—Best practice to prevent seabird bycatch in demersal longline fisheries. *Biol. Conserv.* **141**: 1793–1805.
- Dragoo DE, Byrd GV & Irons DB (2001) *Breeding status, population trends and diets of seabirds in Alaska, 2000*. U.S. Fish and Wildlife Service, Homer, Alaska.
- Durant JM, Anker-Nilssen T & Stenseth NC. (2003) Trophic interactions under climate fluctuations: the Atlantic puffins as an example. *Proc. R. Soc. Lond. B.* **270**: 1461–1466.
- Durant JM, Hjermmann DO, Frederiksen M, Charrassin JB, Le Maho Y, Sabarros PS, Crawford RJM & Stenseth NC (2009) Pros and cons of using seabirds as ecological indicators. *Clim. Res.* **39**: 115–129.
- Einoder LD (2009) A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem management. *Fish. Res.* **95**: 6–13.
- Endo S, Takizawa R, Okuda K, Takada H, Chiba K, Kanehiro H, Ogi H, Yamashita R & Date T (2005) Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: variability among individual particles and regional differences. *Mar. Pollut. Bull.* **50**: 1103–1114.
- Fleet DM & Reineking B (2000) Have efforts to clean the marine environment been successful? German beached bird surveys provide an index for oil pollution levels in the southern North Sea. In: Rodriguez CR & Brebbia CA (eds.), *Oil and hydrocarbon spills, modeling, analysis and control II*: 117–126. WIT Press, Southampton & Boston.
- Ford RG (2006) Using beached bird monitoring data for seabird damage assessment: the importance of search interval. *Mar. Ornithol.* **34**: 91–98.
- Forney KA, Benson SR & Cameron GA (2001) Central California gillnet effort and bycatch of sensitive species, 1990–1998. In: Melvin EF & Parrish JK (eds.), *Seabird bycatch trends, roadblocks, and solutions*: 141–160. University of Alaska Sea Grant, Fairbanks.
- Frederiksen M, Wanless S, Harris MP, Rothery P & Wilson LJ (2004) The role of industrial fisheries and oceanographic change in the decline of North Sea black-legged kittiwakes. *J. Appl. Ecol.* **41**: 1129–1139.
- Friend M, McLean RG & Dein JF (2001) Overview of disease emergence in birds: challenges for the twenty-first century. *Auk* **118**: 290–303.
- Fry DM, Fefer SI & Sileo L (1987) Ingestion of plastic by Laysan albatrosses and wedge-tailed shearwaters in the Hawaiian Islands. *Mar. Pollut. Bull.* **18**: 339–343.
- 藤田 剛・樋口広芳 (1991) 北太平洋での漁業による海鳥類の死亡状況. *Strix* **10**: 1–19.
- Furness RW & Camphuysen CJ (1997) Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES J. Mar. Sci.* **54**: 726–737.
- Furness RW & Greenwood JJD (1993) *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman and Hall, London.
- Furness RW, Thompson DR, Stewart FM & Barrett RT (1994) Heavy metal levels in Icelandic seabirds as indicators of pollution. *Munchener Geographische Abhandlung* **B12**: 101–110.
- Gales R (1998) Albatross populations: status and threats. In: Robertson R & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 20–45. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton
- Gill FG (2007) *Ornithology third edition*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Gjerdrum C, Vallee AMJ, St. Clair CC, Bertram DF, Ryder JL & Blackburn GS (2003) Tufted puffin reproduction reveals ocean climate variability. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **100**: 9377–9382.
- Gray R (1871) *Birds of West Scotland*. Murray, Glasgow.
- 長谷川博 (2003) 50羽から5000羽へ アホウドリの完全復活をめざして. どうぶつ社, 東京.
- Helgason LB, Barrett R, Lie E, Polder A, Skaare JU & Gabrielsen GW (2008) Levels and temporal trends (1983–2003) of persistent organic pollutants (POPs) and mercury (Hg) in seabird eggs from Northern Norway. *Environ. Pollut.* **155**: 190–198.
- Helm RC, Ford, RG & Carter HR (2006) The Offshore Pollution Act of 1990 and natural resource damage assessment. *Mar. Ornith.* **34**: 99–108.
- Heubeck M (1991) Oil pollution around Orkney and Shetland, 1976–1983. Oil pollution, beached bird surveys and policy: towards a more effective approach to an old problem. *Sula* **5**: 6–11.
- Heubeck M (2006) The Shetland beached bird survey, 1979–2004. *Mar. Ornithol.* **34**: 123–127.
- Hilty J & Merenlender A (2000) Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biol. Conserv.* **92**: 185–197.
- 北海道環境科学研究センター (1995) ウミガラス等海鳥群生息実態調査報告書 1992~1994. 北海道環境科学研究センター, 札幌.
- 北海道海鳥センター. 天売島の海鳥図鑑. (オンライン), <http://www3.town.haboro.hokkaido.jp/seabird/>, (入手 2009-06-14).
- 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.
- IUCN IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2. (オンライン), (<http://www.iucnredlist.org/>), (入手 2010-01-25).
- 海洋政策研究財団 (編) (2007) 海洋問題入門—海洋の総合管理を学ぶ—. 丸善, 東京.
- 柿澤宏昭 (2000) エコシステムマネジメント. 築地書館, 東京.
- 環境省. 絶滅危惧種情報. (オンライン), (<http://www>

- biodic.go.jp/rdb/rdb\_top.html), (入手 2009-06-14).
- Karapanagioti HK & Klontza I (2008) Testing phenanthrene distribution properties of virgin plastic pellets and plastic eroded pellets found on lesvos island beaches (Greece). *Mar. Environ. Res.* **65**: 283–290.
- 加藤大貴・加藤禎人・池長裕史 (2009) 千葉県三番瀬におけるヒメカモメ *Larus minutus* の観察記録. *日鳥学誌* **58**: 108–111.
- 川崎 健・花輪公雄・谷口 旭・二平 章 (編) (2007) レジーム・シフト—気候変動と生物資源管理—. 成山堂書店, 東京.
- Kitaysky AS, Piatt JF & Wingfield JC (2007) Stress hormones link food availability and population processes in seabirds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **352**: 245–258.
- 來生 新 (2007) 海洋と人間生活. 海洋政策研究財団 (編). 海洋問題入門—海洋の総合的管理を学ぶ—. 丸善株式会社, 東京.
- Klaer N & Polacheck T (1997) By-catch of albatrosses and other seabirds by Japanese longline fishing vessels in the Australian fishing zone from April 1992 to March 1995. *Emu* **97**: 150–167.
- Laist DW (1997) Impacts of marine debris: entanglement of marine life in debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In: Coe JM & Rogers DB (eds.), *Marine debris—sources, impacts and solutions*: 99–140. Springer, Berlin.
- Lewis S, Sherratt TN, Hamer KC & Wanless S (2001) Evidence of intra-specific competition for food in a pelagic seabird. *Nature* **412**: 816–818.
- Lewison RL & Crowder LB (2003) Estimating fishery by-catch and effects on a vulnerable seabird population. *Ecol. Appl.* **13**: 743–753.
- Løkkeborg S & Robertson G (2002) Seabird and longline interactions: effects of a bird-scaring streamer line and line shooter on the incidental capture of northern fulmars *Fulmarus glacialis*. *Biol. Conserv.* **106**: 359–364.
- Mascarenhas R, Santos R & Zeppelini D (2004) Plastic ingestion by sea turtle in Paraiba, Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* **49**: 354–355.
- Mato Y, Isobe T, Takada H, Kanehiro H, Ohtake C & Kaminuma T (2001) Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environ. Sci. Technol.* **35**: 318–324.
- 間藤ゆき枝・高田秀重・Zakaria MP・栗山雄司・兼広春之 (2002) 海岸漂着プラスチック粒 (レジンペレット) 中の有機汚染物質—汚染物質含有量の地域差と樹脂種による相違. *環境科学会誌* **15**: 415–423.
- Mavor RA, Heubeck M, Schmitt S & Parsons M (2008) *UK Nature Conservation No. 31. Seabird numbers and breeding success in Britain and Ireland, 2006*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- McLaren PL (1982) Spring migration and habitat use by seabirds in eastern Lancaster sound and western Baffin-bay. *Arctic* **35**: 88–111.
- Melvin EF & Parrish JK (2002) *Seabird Bycatch Trends, Roadblocks, and Solutions*. University of Alaska Sea Grant, Fairbanks.
- Micol T & Jouventin P (2001) Long-term population trends in seven Antarctic seabirds at Pointe Géologie (Terre Adélie) Human impact compared with environmental change. *Polar Biol.* **24**: 175–185.
- 百瀬淳子 (1995) アビ鳥と人の文化誌. 信山社, 東京.
- Montevicchi WA (2002) Interactions between fisheries and seabirds. In: Schreiber EA & Burger J (eds.), *Biology of Marine Birds*: 527–557. CRC Press, New York.
- Mössner S & Ballschmiter K (1997) Marine mammals as global pollution indicators for organochlorines. *Chemosphere* **34**: 1285–1296.
- Mothersole J (1910) *The Isles of Scilly, their story, their folk and their flowers*. Religious Tract Society, London.
- Murray TE, Bartle JA, Kalish SR & Taylor PR (1993) Incidental capture of seabird by Japanese southern bluefin tuna longline vessels in New Zealand waters, 1988–1992. *Bird Conserv. Int.* **3**: 181–210.
- Muzaffar SB & Jones IL (2004) Parasites and diseases of the auks (Alcidae) of the world and their ecology—a review. *Mar. Ornith.* **32**: 121–146.
- Nel DC & Taylor FE (2003) *Globally threatened seabirds at risk from longline fishing: international conservation responsibilities*. BirdLife International, Stellenbosch.
- 根本 稔・丹後玲子・佐尾和子 (1995) プラスチックを考える. 佐尾和子・丹後玲子・根本 稔 (編), *プラスチックの海: おびやかされる海の生き物たち*: 157–188. 海洋工学研究所出版部, 東京.
- Nettleship DN & Evans PGH (1985) Distribution and status of the Atlantic alcidæ, In: Nettleship DN & Birkhead TR (ed.), *The Atlantic Alcidae: the evolution, distribution and biology of the auks inhabiting the Atlantic Ocean and adjacent water areas*: 53–154. Academic Press, London.
- Neves T & Olmos F (1998) Albatross mortality in fisheries off the coast of Brazil. In: Robertson R & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 214–219. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Nevins H, Harvey JT, Miller M, Jessup D, Lyday S & Roletto J (2005) *Report for the Monterey Bay National Marine Sanctuary: Report on California seabird mortality event, January–May 2005*. BeachCOMBERS, Monterey.
- Newman SH, Chmura A, Converse K, Kilpatrick AM, Patel N, Lammers E & Daszak P (2007b) Aquatic bird disease and mortality as an indicator of changing ecosystem health. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **352**: 299–309.
- Newman SH, Harris RJ & Tseng FS (2007a) Beach surveys past, present, and future: toward a global surveillance network for stranded seabirds. *Mar. Ornith.* **34**: 87–90.
- 日本鳥学会 (2000) 日本鳥類目録改訂第 6 版. 日本鳥学会, 帯広.
- 日本環境災害情報センター (2007) 海鳥の洋上調査ワークショップ報告書. 日本環境災害情報センター, 東京.
- 日本水産学会 (編) (2007) 水産学シリーズ [18] 海洋生物の PCB 汚染. 恒星社厚生閣, 東京.
- 日本海鳥グループ (2009) 市民公開シンポジウム「海鳥の目から海洋をみる」実施報告書. 日本海鳥グループ, 函館.

- 新妻靖章・石川宏治・森 宏枝・荒木葉子・長 雄一・綿貫 豊 (2001) ナホトカ号油流出事故によって死亡したウトウの外部形態と栄養状態に関する報告. *Strix* **19**: 81–89.
- NMFS (2006) *Summary of seabird bycatch in Alaskan groundfish fisheries, through 1993 through 2004*. National Marine Fisheries Service, Seattle.
- North America Bird Monitoring Database (オンライン), <http://www.bsc-eoc.org/nabm/index.jsp?lang=EN&pg=search&browse=proj&start=0&sort=1>, (入手 2009-10-26).
- Oedekoven CS, Ainley DG & Spear LB (2001) Variable responses of seabirds to change in marine climate: California Current, 1985–1994. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **212**: 265–281.
- Ogi H (1984) Seabird mortality incidental to the Japanese salmon gill-net fishery. In: Croxall JP, Evans PGH, Schreiber RW (Eds.), *Status and Conservation of the World's Seabirds*. ICBP Technical Publication No. 2. Paston Press, Norwich.
- 小城春雄: 野生生物等における内分泌攪乱の実態の解明長寿命生物における内分泌攪乱の実態の解明 (オンライン), <http://www.nies.go.jp/archiv-edc/edrep/report/3-1-19-3.htm>, (入手 2009-10-15).
- Ogi H (2008) International and national problems in fisheries seabird by-catch. *J. Dis. Res.* **3**: 187–195.
- 小城春雄・馬場徳寿・石原昭治・柴田康行 (1999) 二種類のニューストンネットによるプラスチック粒子採集と海洋のプラスチック汚染. *北海道大学水産学部研究彙報* **50**: 77–91.
- Oka N & Okuyama M (2000) Nutritional status of dead oiled Rhinoceros Auklets (*Cerorhinca monocerata*) in the southern Japan sea. *Mar. Pollt. Bull.* **40**: 340–347.
- Osa Y & Watanuki Y (2002) Status of seabirds breeding in Hokkaido. *J. Yamasina Inst. Ornithol.* **33**: 107–141.
- Otley HM, Reid TA & Pompert J (2007) Trends in seabird and Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* long-liner interactions in Falkland Island waters, 2002/03 and 2003/04. *Mar. Ornithol.* **35**: 47–55.
- Parrish JK, Bond N, Nevins H, Mantua N, Loeffel R, Peterson WT & Harvey JT (2007) Beached birds and physical forcing in the California Current System. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **352**: 275–288.
- Parsons M, Mitchell I, Butler A, Ratcliffe N, Frederiksen M, Foster S & Reid JB (2008) Seabirds as indicators of the marine environment. *ICES J. Mar. Sci.* **65**: 1520–1526.
- Pereira MG, Walker LA, Best J & Shore RF (2009) Long-term trends in mercury and PCB congener concentrations in gannet (*Morus bassanus*) eggs in Britain. *Environ. Pollut.* **157**: 155–163.
- Phillips R A, Croxall JP, Silk JRD & Briggs DR (2008) Foraging ecology of albatrosses and petrels from South Georgia: two decades of insights from tracking technologies. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* **17**: S6–S21.
- Phillips RA, Silk JRD, Croxall JP, Afanasyev V & Briggs DR (2004) Accuracy of geolocation estimates for flying seabirds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **266**: 265–272.
- Piatt JF & Ford RG (1996) How many seabirds were killed by the *Exxon Valdez* oil spill? *Am. Fish. Soc. Symp.* **18**: 712–719.
- Piatt JF, Sydeman WJ & Wiese F (2007) Introduction: a modern role for seabirds as indicators. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **352**: 199–204.
- Poncet S, Robertson G, Phillips RA, Lawton K, Phalan B, Trathan PN & Croxall JP (2006) Status and distribution of wandering, black-browed and grey-headed albatrosses breeding at South Georgia. *Polar Biol.* **29**: 772–781.
- Prince PA & Morgan RA (1987) Diet and feeding ecology of Procellariiformes. In: Croxall JP (ed.), *Seabirds feeding biology and role in marine ecosystems*: 135–171. Cambridge University Press, New York.
- Prince PA, Croxall JP, Trathan PN & Wood AG (1998) The pelagic distribution of South Georgia albatrosses and their relationships with fisheries. In: Robertson R & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 137–167. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Ride K & Croxall JP (2001) Environmental response of upper trophic-level predators reveals a system change in an Antarctic marine ecosystem. *Proc. R. Soc. Lond. B* **268**: 377–384.
- Robertson G & Gales R (1998) *Albatross Biology and Conservation*. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Robertson CJR & Nunn GB (1998) Towards a new taxonomy for albatrosses. In: Robertson R & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 13–19. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Robertson G, McNeill M, Smith N, Wienecke B, Candy S & Olivier F (2006) Fast sinking (integrated weight) longlines reduce mortality of white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) and sooty shearwaters (*Puffinus griseus*) in demersal longline fisheries. *Biol. Conserv.* **132**: 458–471.
- Sakurai Y (2007) An overview of the Oyashio ecosystem. *Deep Sea res. II* **54**: 2526–2542.
- Scheffer M, Carpenter S & DeYong B (2005) Cascading effects of over fishing marine systems. *Trends Ecol. Evol.* **11**: 579–581.
- Schiavini A, Frere E, Gandini P, Garcia N & Crespo E (1998) Albatross—fisheries interactions in Patagonian shelf waters. In: Robertson R & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 208–213. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Seys J, Offeringa H, Meire P, van Waeyenberge J & Kuijken E (2002) Long-term changes in oil pollution off the Belgian coast: evidence from beached bird monitoring. *Belgian J. Zool.* **132**: 111–118.
- Shaffer SA, Tremblay Y, Weimerskirch H, Scott D, Thompson DR, Sagar PM, Moller H, Taylor GA, Foley DG, Block BA & Costa D (2006) Migratory shearwaters integrate oceanic resources across the Pacific Ocean in an endless summer. *Pro. Natl. Acad. Sci.* **103**: 12799–12802.
- Shealer DA (2002) Foraging behavior and food of seabirds. In: Schreiber EA & Burger J (eds.), *Biology of marine birds*: 137–177, CRC Press, Boca Raton.
- Shumway S, Allien SM & Boersma PD (2003) *Marine birds*

- and harmful algal blooms: sporadic victims or underreported events? *Harmful Algae*. **2**: 1–17.
- Stagi A, Vaz-Ferreira R, Marin Y & Joseph L (1998) The conservation of albatrosses in Uruguayan waters. In: Robertson R & Gales R (eds.), *Albatross biology and conservation*: 220–224. Surrey Beatty & Sons Pty Limited, Chipping Norton.
- Stephens C & Burger AE (1994) A comparison of two methods for surveying mortality of beached birds in British Columbia. *Can. Veterinary J.* **35**: 631–635.
- 水産庁 平成 20 年度水産白書 (オンライン), (<http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h20/index.html>), (入手 2009-10-22).
- Sullivan BJ, Reid TA & Bugoni L (2006) Seabird mortality on factory trawlers in the Falkland Islands and beyond. *Biol. Conserv* **131**: 495–504.
- Sydeman WJ, Hester MM, Thayer JA, Gress F, Martin P & Buffa J (2001) Climate change, reproductive performance and diet composition of marine birds in the southern California Current system, 1969–1997. *Prog. Oceano.* **49**: 309–329.
- 高橋清孝 (2000) 夏から秋に形成される仙台湾の鳥付き漁場. *宮城水セ研報* **16**: 55–59.
- Taylor GA (2000) *Action Plan for Seabird Conservation in New Zealand. Part A: Threatened Seabirds. Threatened Species Occasional Publication No. 16*. Biodiversity Recovery Unit, Department of Conservation. Wellington.
- Teuten EL, Saquing JM, Knappe DRU, Barlaz MA, Jonsson S, Bjorn A, Rowland SJ, Thompson RC, Galloway TS, Yamashita R, Ochi D, Watanuki Y, Moore C, Pham HV, Tana TS, Prudente M, Boonyatumanond R, Zakaria MP, Akkhavong K, Ogata Y, Hirai H, Iwasa S, Mizukawa K, Hagino Y, Imamura A, Saha M & Takada H (2009) Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Phil. Trans. R. Soc. B.* **364**: 2027–2045.
- Thompson DR, Furness RW & Barrett RT (1992a) Mercury concentrations in seabirds from colonies in the Northeast Atlantic. *Archives Env. Contamin. Toxicol.* **23**: 383–389.
- Thompson DR, Furness RW & Walsh PM (1992b) Historical changes in mercury concentrations in the marine ecosystem of the north and north-east Atlantic Ocean as indicated by seabird feathers. *J. Appl. Ecol.* **29**: 79–84.
- Wanless S, Harris MP, Redman P & Speakman JR (2005) Low energy values of fish as a probable cause of a major seabird breeding failure in the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **294**: 1–8.
- Wanless S, Wright PJ, Harris MP & Elston DA (2004) Evidence for decrease in size of lesser sandeels *Ammodytes marinus* in a North Sea aggregation over a 30-yr period. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **279**: 237–246.
- Warham J (1990) *The petrels their ecology and breeding system*. Academic Press, London.
- 渡邊洋之 (2006) 捕鯨問題の歴史社会学—近現代日本におけるクジラと人間—. 東信堂, 東京.
- 綿貫 豊 (1998) 魚資源とウトウの採食生態 / 多様な時間スケールにおける反応. *海洋* **30**(5): 249–254.
- 綿貫 豊 (2010) *海鳥の行動と生態—その海洋生活への適応—*生物研究社, 東京.
- Weimerskirch H (2002) Seabird demography and its relationship with the marine environment. In: Schreiber EA & Burger J (eds.), *Biology of Marine Birds*: 115–135. CRC Press, Boca Raton.
- Wiese FK & Robertson GJ (2004) Assessing seabird mortality from chronic oil discharges at sea. *J. Wildl. Manage.* **68**: 627–638.
- Wiese KW & Ryan PC (2003) The extent of chronic marine oil pollution in southeastern Newfoundland waters assessed through beached bird surveys 1984–1999. *Mar. Poll. Bull.* **46**: 1090–1101.
- Wilson UW (1991) Responses of three seabird species to El Niño events and other warm episodes on the Washington coast, 1979–1990. *Condor* **93**: 853–858.
- Work TM & Rameyer RA (1999) Mass stranding of Wedgetailed Shearwater chicks in Hawaii. *J. Wildlife Diseases.* **35**: 487–495.
- Yamashita R, Takada H, Murakami M, Fukuwaka M & Watanuki Y (2007) Evaluation of noninvasive approach for monitoring PCB pollution of seabirds using preen gland oil. *Environ. Sci. Technol.* **41**: 4901–4906.
- Yasunaka S & Hanawa K (2002) Regime Shifts found in the Northern Hemisphere SST field. *J. Meteorol. Soc. Jap.* **80**: 119–135.