〈総説論文: Review article〉

世界における海鳥の油汚染死の歴史的推移と現状

岡 奈理子*・高橋 晃周**・石川 宏治***・綿 貫 豊***, 1)

**The Past and Present Impact of Oil Pollution on
Seabird Mortality World-wide**

Nariko Oka*, Akinori Takahashi**, Kohji Ishikawa***
and Yutaka Watanuki***, 1)

Abstract. The impact of oil pollution on seabirds has been widely reported in the ornithological literature. We reviewed the world-wide mortality of seabirds resulting from oil spills occurring from the 1960s to the present. Oil spills were classified as either 1) accidental, or 2) chronic. Among accidental oil spills from ships, oil terminals or pipelines, oil spills from ships were the commonest, with 43 events. Following the increasing use of supertankers for oil delivery, the spill volume from recent accidental spills sometimes outweighs the total annual spill volumes recorded during the 1970s. The spill volume of an event is only weakly correlated with the degree of impact on seabirds, as has previously been reported, because depending on the time of the year and the location, even a small amount of oil can have a great impact on seabirds, as was the case along the Norwegian coast in 1979. A few studies have estimated the total numbers of seabirds dying by taking into account the proportion of carcasses that sink, and the persistence rate of carcasses along coasts. Many studies have claimed that determining the impact of oil spills on seabird populations is fraught with difficulties, unless information on pre-spill status is available for targeted populations. Sources of chronic oil pollution include the discharge or dumping of oil polluted water or waste oils from ships, oil tanks or pipelines. Although chronic oil pollution has

Received 25 October 1999, Revised 9 November 1999, Accepted 10 November 1999.

* (財)山階鳥類研究所研究部, 〒270-1145 千葉県我孫子市高野山 115.

E-mail: DZD00212@nifty.ne.jp

** 総合研究大学院大学極域科学専攻, 〒173-8515 東京都板橋区加賀 1-9-10 国立極地研究所.

E-mail: akitaka@nipr.ac.jp

*** 北海道大学農学研究科動物生態学教室, 〒060-8589 北海道札幌市北区北 9 条西 9 丁目.

1) E-mail: ywata@res.agr.hokudai.ac.jp

* Research Division, Yamashina Institute for Ornithology, Chiba, 271-1145 Japan.

E-mail: DZD00212@nifty.ne.jp

** Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced Studies, National Institute of Polar Research, Itabashi-ku, Tokyo, 173-8515 Japan. E-mail: akitaka@nipr.ac.jp

*** Department of Ecology and Systematics, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, 060-8589 Japan. 1) E-mail: ywata@res.agr.hokudai.ac.jp

the potential for having serious impacts on seabird populations, it receives far less public attention than conspicuous accidental oil spills. For example, 7,735 seabird carcasses were retrieved after the tanker *Esso Bernicia* spilled near a North Sea oil terminal in 1978, but more than half of these birds had actually died as a result of oil contamination from a chronic spill, and not as a result of the tanker spill. Beached bird surveys, and analysis of oil chemical composition attached to carcasses and beaches have played an important role in recognising the occurrence of chronic oil spill events and determining the source of the oil and, in some cases, in assessing their impacts on seabirds. In order to evaluate the areas, or seabird populations that are vulnerable to oil pollution, basic information on the distribution and ecology of each seabird species is also required. Such information has been lacking, especially for the seabirds that inhabit the seas around Japan. To help seabird populations recover after oil spills, it is necessary to remove those factors preventing a particular population from recovering, such as bycatch at sea, predation at the breeding ground and/or by making improvements to the breeding habitat.

Key words: Oil pollution, Seabird mortality, Impact assessment, Chronic oil pollution, Accidental oil pollution.

キーワード：油汚染，海鳥の死亡，影響評価，日常的油汚染，突発的油汚染。

1. はじめに

油の汚染が海洋生物に及ぼす被害について、個別事例を中心にこれまでさまざまな論文や著作が発表されている（鶴見ら 1999）。世界の石油消費量は 1938 年に 2 億 8 千万 t であったのが、1950 年代には 3 倍の 8 億 7 千万 t になり、1969 年には一桁多い 21 億 5 千万 t、1979 年には 31 億 t に達した後、25 億～30 億 t で推移している（Burger 1997）。この大量消費を背景に、海洋への油の流出量は、毎年約 20 億ガロン（重量換算で 530～680 万 t）にも及ぶと推計され、流出源は Fig. 1 に示すように多岐に及ぶ。この中には、石油鉱脈からの自然流出分の 11% を除く 89% が人為的起源の流出となる（Burger 1997）。流出は石油の生産から消費の各過程で発生し、石油の多量産出国は油田やパイプライン、積み出しターミナルからの流出による生態系の汚染の脅威を抱え、多量消費国は輸送中の海域と、石油産品を一次生産する消費地での汚染の脅威を抱えてきた。世界の大規模な油流出事故件数とその流出量は、1980 年代以降、減少傾向にあり、海洋への油の流出量に占めるタンカーからの事故流出量そのものは、Fig. 1 にみるようにわずかに 4% に過ぎないとされるが、あらたな巨大タンカーの加入により 1 事故での流出量が 1970 年代までの海難事故による年間総流出量に匹敵する事態も引き起こされている（Wernham & Mead 1998）。

海洋での石油の流出事故のこうした趨勢にかかわらず、油の流出量そのものと油に被曝し被害を受ける海鳥個体数との関係は非常に弱いとする結果が Burger (1993a) の研究から示されている。この研究は 1960 年代後半から 1980 年代に発生した海難事故を中心に任意の 45 件の油の流出事故と汚染した海鳥の個体数カウント値、および推定個体数の相互関係を調べ、油の流出量そのものが少ない場合でも海鳥の死亡数が多い、あるいはその逆も発生していることを

Fig. 1. Sources of oil entering the oceans each year (Adapted from Burger 1997).

図 1. 海洋へ毎年流入する油の出所割合 (Burger 1997 を改変).

示している。いいかえれば油の流出が、1年のどの時期に、どの緯度のどのような海域で発生するかで、海鳥が遭遇する被害規模は大きく異なっていることが伺える。梶ヶ谷・岡 (1999) は、油に遭遇しやすく、遭遇で深刻な被害が生じやすい鳥種を、生息域と行動様式から、1) 大陸棚・沿岸潜水採食型鳥類、2) 大陸棚・沿岸海面採食型鳥類、3) 潮間帯表面採食型鳥類、4) 外洋海面/表層採食型鳥類、5) 淡水域鳥類の5グループに区分し、そのなかで1)の「大陸棚・沿岸潜水採食型鳥類」グループが、流出油への被曝で最も被害が大きいことを、体に及ぼす影響とともに総括している。

本総説の目的は、世界各地における1960年代から現在までの油の汚染に起因した海鳥類の死亡状況を整理することにある。海鳥を死亡させる油の主な流出は、1) 非日常的原因と、2) 日常的原因、に二大別される。1) の非日常的原因は、産出地、輸送経路、消費地などでの突発的な油の流出事故であり、これは注目を集めやすいだけに迅速な対応が行われうる。2) の日常的原因は、入港前後の船舶のバラスト水の交換、燃料タンクの洗浄、タンカーの輸送タンクの洗浄などによる流出、油田、貯蔵施設、パイプライン、各種工場などからの漏出があり、直接の就労者以外には気づきにくいだけに、放置されやすく慢性化しやすい。本論文では世界各地で起こった油汚染と鳥の被害について発表された文献資料を渉猟し、場所、汚染源、流出量、海鳥の被害数についてレビューする。1) の「非日常的原因による油汚染」について、詳しい報告があるものはこれを事例として取り上げ、2) の「日常的原因による油汚染」による海鳥の被害の実態と深刻度については、先進工業国が集積する北海沿岸の国々で複数年にわたり調査された結果を紹介する。また、油流出の際に行われる調査、求められる調査、海鳥の死因に占める油汚染の割合に関しても考察した。本論文で扱う鳥の和名、英名、学名は、Appendix 1 に一覧表記した。和名は、山階芳麿 (1986) に拠る。

2. 主に非日常的原因による油汚染：突発的な流出事故

油の流出事故は原油産出地、精製地、消費地、またそれぞれの輸送過程で発生する。なかでも多発し、衆目を集めるのが船舶の海難事故での流出である。Appendix 2 に、1960～1990年

代を中心に海鳥の被害が公表された世界各地での油汚染事例を、汚染地、汚染源、流出油の種類と量、油汚染の被害を受けた海鳥の個体数、推定死亡数について、年代順に示した。海難事故では船名も挙げた。

油の出所は Appendix 2 にみるように、海難事故が最も多く 43 件で、オイルターミナル、戦争、工場起源が各 1 件ずつである。他に出所不明が 8 件、特に起源の記載がないか、起源が区分できなかったものが 5 件あった。油の種類は、記載されているものだけでも最多の原油 11 件に次いで、重油の 9 件で、船舶燃料として記載されているのが 5 件、ディーゼルオイル 3 件、混合油 2 件、ジェット燃料 1 件、植物油 1 件などが報告されている。流出量は、これらの公表資料中、最多が、1991 年のペルシャ湾での湾岸戦争時の 84 万～112 万 t、次いで 1978 年フランス沖での海難事故の 20 万 t、1967 年イギリス海峡での海難事故の 12 万 t、1993 年北海油田沿岸での海難事故の 8 万 5 千 t、1996 年イギリス南西沿岸での海難事故の 7 万 3 千 t、1974 年マゼラン海峡での海難事故の 5 万 t、1989 年アラスカ湾での海難事故の 3 万 6 千 t などの他に、1～2 万 t 級以下の流出は多発している。近年の流出は数千 t 以下の規模の流出事故に、超大量流出が加わる傾向にある。慢性的な油の汚染は北海周辺の国々で重点的に調査され報告されており、南米のアルゼンチン、亜南極のフォークランド諸島での慢性的な汚染被害の報告がある。

Appendix 2 中の汚染海鳥個体数のほとんどは海岸での漂着個体カウント調査の結果である。1 事故で最多なのが、1989 年アラスカ湾での 29,000 羽、1967 年イギリス海峡での 7,800 羽、1971 年サンフランシスコ沿岸での 7,400 羽、1996 年イギリス南西部沿岸での 7,000 羽を筆頭に、数千羽規模が多発している。慢性的汚染でも短期間に北海南岸域で 3 万羽が死亡し、ドイツだけでも死亡数は 1 万羽を超える。イギリスのオイルターミナル周辺海域でも短期間に 4,000 羽の死亡が確認されている。湾岸戦争時には 1 万羽が確認されている。

ごく一部の事例で推定総死亡数が掲げられているが、洋上での被害数調査や漂着実験などが実施され総被害数を推定したものは極めて少ない。この数少ない洋上調査例のうち先駆的といえるのが、タンカー、ハミルトン・トレーダー号 *Hamilton Trader* 事故である (Hope Jones *et al.* 1970)。1969 年 4 月 30 日、アイリッシュ海の英国北西部リバプール沖で起きたこの事故では 700 t の重油が流出し、4,407 羽の油汚染鳥が海岸でカウントもしくは保護収容され、ウミガラスが全体の 91% を占めた。総被害数の推定にあたり、事故 1 週間後の 5 月 7 日に洋上調査が行われた。流出した油で汚染された海域のうち、汚染を代表させるエリアを定め、船舶で航行して洋上調査を実施し、カウントした個体数から生息密度を求めて、汚染地域全体の面積に還元した。さらに、油に汚染した海鳥が海岸に漂着しない割合（消失率）を推定するために事故から 10 日後の 5 月 9 日に、この事故で死亡したウミガラス類計 410 羽に脚環を付け、油汚染が発生した海域で投下し、それらの漂流経路と漂着率を調べた。その結果、投下鳥の 20% にあたる 79 羽が海岸に漂着し、残りが消失した。漂着個体の 65% が海上投下後 1～2 週間以内、97% が 7 週間以内に海岸に漂着している。それ以後の漂着も 3% (2 例) あった。これに基づき、死亡漂流個体は 50% 以上が 11 日間以内に海中に沈降すると推定された。潮流や風の方向、速度などの影響も加味した結果、最低では 5,900 羽、最高では 10,600 羽の推定死亡数を算出した (Hope Jones *et al.* 1970)。こうした実験を通じて得られた推定総死亡数は、海岸での個体数カウント調査だけで推定する死亡数に比べて、信頼性が高まる。Appendix 2 を

一覧する場合、被害鳥の推定値には、海岸のカウント調査だけに基づくものから、少数ではあるが、現場海域でのカウント調査、漂流実験結果などを加味して提出されたものまであり、推定死亡数の算出方法に違いがある点に注意を要する。

2-1. ヨーロッパ

ヨーロッパでは、工業地域が集積する北海周辺海域に、油汚染事故と被害報告が多い（Appendix 2 参照）。英国本島では先述のハミルトン・トレーダー号事故発生 of 2 年前の 1967 年にも、英国海峡でタンカー、トリー・キャニオン号 *Torrey Canyon* の座礁による油流出事故が起きている。119,328t の油が流出し、7,815 羽の海鳥が油に汚染されて回収された。推定被害数は約 30,000 羽で (Bourne *et al.* 1967), 対岸のフランス北部の個体群が被害を受けていたことが報告された。

英国ではこれらを契機に RSPB（王立鳥類保護協会）と海鳥研究グループが中心となり約 2,000 km の海岸を死亡・衰弱鳥をカウントして踏査するビーチパトロールが組織された。事故は夏季に少なく冬季に多いため、毎冬季、月 1 回（最終週末）の定期パトロールが継続された。1971～1980 年の 10 年間に標識鳥 2,156 羽を含む計 15,159 羽の死体を確認された。このような定期パトロールで発見される死体は、油汚染のみならず自然死亡や漁網による溺死など様々な要因で死亡した個体が含まれる。

この海岸踏査で回収された標識鳥に油汚染で死亡した鳥が占めた割合は、ウミガラスが 41% と最も多く、シロカツオドリ 14%, ホンケワタガモ 12%, ヨーロッパヒメウ 8%, カワウ 5% と続き、種間差が大きい。さらに浜辺に漂着した鳥全体に油汚染鳥が占める割合はウミガラスが 59% とやはり高く、シロカツオドリが 28%, ホンケワタガモが 28%, カワウが 17%, ヨーロッパヒメウが 16% と続く。油汚染鳥が標識鳥に占める割合と漂着鳥に占める割合には高い正の相関 ($r=0.99, p<0.01$) が見られている (Baillie & Stowe 1984)。

また区域別（東、西、南に 3 区分）では、漂着鳥に占める油汚染鳥の割合は南海岸で最も高く、ウミガラスでは 89%, シロカツオドリでは 74%, カワウでは 57%, ヨーロッパヒメウでは 45% が油に汚染して発見されている。一方、西海岸では油汚染率が最も高いウミガラスでも 34% で、最低のカワウでは 11% であり、死因が海域で異なることと、海域（南海岸海域）によっては海鳥の最大の死因が油汚染であることが示された。

1980 年代以降も冬季に 4～5 回の割合で 2,000 km の海岸踏査が行われている。その結果 1966–83 年の 17 年間に起きた英国のこれらの海岸域の油汚染事故は、1 件あたり 50 羽以上の油汚染海鳥を回収したものだけで実に計 144 件におよび、最も少ない年で計 2 回、最も多い年では計 16 回発生している。最も高頻度だったのが 100～499 羽が回収される事故で、17 冬季で計 86 回発生した。汚染原因は区分されていないが、これらのなかには慢性的汚染による被害も含まれている。1,000 羽以上が回収された事例も 19 件に達し、5,000 羽以上では 3 件発生し、うち 1 件は 10,000 羽を越えた。総個体数は 17 年間で計 89,213 羽に達する (Stowe & Underwood 1984)。

このうちウミスズメ科鳥類が占める割合は年 15～90%（平均 70%）、油汚染総個体数への割合は 71% を占め、そのうちウミガラスが 26,386 羽で圧倒的多数を占め、次いでオオハシウミガラス 3,480 羽、ハジロウミバト 743 羽、ニシツノメドリ 398 羽が続く。ウミスズメ科鳥類の

種間で生じるこの大差は、ウミガラスとオオハシウミガラス間では、総個体数そのものの差によるとみより、ウミガラスがオオハシウミガラスより英国沿岸で冬季生息する数が多く、漂着率を高めることから生じるとみられている。ニシツノメドリが個体数そのものは多いにもかかわらず油汚染数が少ないのも、同じく冬季の洋上での分布様式の差によるとみられる。ウミスズメ科鳥類に次いで油汚染漂着個体数が多いのが海ガモ類のホンケワタガモ、クロガモ、コオリガモ、ホオジロガモ、ウミアイサであった (Stowe & Underwood 1984)。なお、ヨーロッパでは英語の *auks* で、ウミガラス属、ウミバト属などを含むウミスズメ科 *Alcidae* 鳥類全体を包括的に呼ぶ研究者が多いため、文献に多出する *auks* の語彙を狭義のウミスズメ類だと誤解してはならない。

前述のハミルトン・トレーダー号の事故が起きた北ウェールズ周辺海域では周辺の繁殖地が擁する個体群の生態に関して事故以前のデータがとられていたため、被害を受けた個体のおおよその出身地域を特定できている。油汚染で圧倒的多数が被害を受けたウミガラスでは、翼の羽色から、英国で繁殖する2亜種のうちの1亜種 *Uria aalge albonis* が圧倒的多数（無作為に選んだ被害鳥409羽の87%）を占め、判定がつかない個体を除くと、もう1亜種 *U. a. aalge* はわずかに4%であったと判定された (Hope Jones *et al.* 1970)。

英国本島北方のシェットランド諸島にあるオイルターミナル Sullom Voe Oil Terminal (以下SVT) は、北海油田で産出した油をパイプラインで輸送して備蓄し、製油所へ運ぶタンカーに船積みするための施設で、1977~78年に稼働し始めた。1978年12月30日、SVTに停泊中のタンカー、エッソ・バーニシア号 *Esso Bernicia* から1,174tの重油が流出し、これを受けて海鳥の被害調査が行われた (Heubeck & Richardson 1980, Richardson *et al.* 1982)。1979年の1月から3月の約3ヶ月間で7,735羽の油に汚染した海鳥が回収されたが、そのうちエッソ・バーニシア号事故が起因する油汚染は、羽毛に付着した油の分析から全死亡数の半分以上の3,704羽であった。残りについては日常的油汚染の項目で後述する。

エッソ・バーニシア号由来の油で被害を受けたのはカイツブリ類や海ガモ類、ウ類のような沿岸性の海鳥が多く、なかでも633羽という多数が回収されたハジロウミバトはシェットランド個体群全体の27%にも相当する数であった (Ewins & Tasker 1985)。1966~83年に油汚染の被害で記録された全ての鳥のうち、カワウと、ヨーロッパヒメウの各67%、ハジロウミバトの85%がこの1事故で汚染される大きな被害を生んだ。

英国ウェールズ南西部のペムブロークシャー Pembrokeshire 沖で1996年2月中旬に座礁した巨大タンカー、シー・エンプレス号 *Sea Empress* の事故では流出した原油72,000tと360tの重油が周辺の海域を汚染し、油は入り組んだ海岸線100km余りに漂着した。この汚染で6,923羽の海鳥が死亡/衰弱して回収され、クロガモが最多の4,571羽、次いでウミガラス1,591羽などが被害をうけた (Parr *et al.* 1997)。この事故で鳥類に関しては、直後の実態調査9件、影響調査13件（調査受注団体：British Trust for Ornithology, Wildfowl & Wetlands Trust, Sheffield University, Dyfed Wildlife Trust など計10団体）、油汚染鳥の救護に関連しては、これまでの油汚染リハビリ鳥の放鳥後の生残の検証と、リハビリ手法の資料総括の計2件の、総計24件の調査が単年度から最長4年間にわたって実施され、これらの調査に計31.3万ポンド（1ポンド190円換算で5,947万円）が予算化された (Parr *et al.* 1997)。

ノルウェーでは1979年3月23日頃から少量の軽油とみられる出所不明の油が北部の Finn-

mark 沖を漂流し、この汚染で1週間で約5,000羽の海鳥の死体が回収され、同定した1,616羽のうちの91%にあたる1,477羽がハシブトウミガラスであった(Barrett 1979)。同月28日に行った航空機による海鳥の分布調査では汚染海域付近の10 kmと15~20 km沖の海域にそれぞれ数万羽単位のハシブトウミガラス3群が生息しており、実際の被害は1万~2万羽と推定された。このハシブトウミガラスの大群は周辺の漁民によると産卵期で結集するカラフトシシャモ *Mattorus villosus* の回遊集結に呼応し、毎年3~4月に観察されている。生物生産量が著しく高まる海域にはその捕食者の海鳥が集合し、その水域がひとたび油に汚染されると僅かな流出でも大量死が発生することを教唆した。

英国以外にも、ドイツ(Hartwig & Drossel 1984, Hartwig *et al.* 1985, von Vauk-Hentzelt 1986 他)、ベルギー(Clutuche & Schaeken 1982, Gompel 1984, Bouqueneau *et al.* 1994, 他)、フランス(Thomas & Monnat 1983, 他)など多くの諸国で油汚染事故が発生している。ドイツ、オランダ、デンマークでは、経年的調査が一国あるいは国際共同で行われており、これについては慢性的汚染の項目で触れる。

2-2. 日本

日本での油汚染による鳥の被害の報告は、1961年、ウミガラスが主体の1,400羽の油汚染海鳥が日本の最北端の海岸(地名無記載)へ漂着したことを含む日本の油汚染の抄録(Yamashina 1969)にさかのぼる。次いで、海鳥の油汚染に関する初めての詳細な記載は1971年1月24~27日、新潟県の海岸にウミスズメ68羽、ウトウ3羽、ハシブトウミガラス2羽の計73羽が油に汚染して漂着したことを報じた風間(1971)の報告がある。死体が漂着するのは海から陸への風、すなわち西~北北西の風の時に限られていたことと、このうちウミスズメは1月24日だけで100 m当たり5羽を回収している。離島を除く新潟県の海岸線計280 kmに死体が均一に漂着すると仮定した推定被害数14,000羽をあげている。新潟港は当時、年間1,000 tもの廃油が海上投棄されており、廃油処理場がないことを理由に行政も投棄を容認していた結果とみられた。1974年12月下旬には、岡山県倉敷市の三菱石油水島製油所のタンクの破損で4万4千 tの重油が流出し、そのうち1万 tが瀬戸内海東部へ流出した。この事故では、アンケート調査によって、ウミアイサ6羽とカモメ類8羽などの計18羽の死体と、ヒドリガモ6羽を含む計7羽の衰弱鳥と、羽毛に油が付着する計148羽(カモメ類がそのうち135羽)の、計173羽の被害が集計された(関野 1975)。

島根県沖日本海で廃油の不法投棄と新聞報道された油汚染では、大畑(1988)が島根県江津市海岸で1986年1月と3月にウトウ58羽、ウミスズメ3羽、オオハム3羽の計64羽の死体と、翌87年2月に同海岸でウトウ2羽の油汚染死体の漂着を報告した。これに関連して、1986年1月末に実施された島根県下の広域カウント調査で記録された油汚染被害海鳥は、1,326羽(全体の75%)のウトウを中心に、総数1,761羽に達した(佐藤 1999)。

この時死亡したウトウ44羽の油の汚染の程度と、羽毛に付着した油と消化管内の黒液の組成を分析した結果、付着油は重油であったのに対して、消化管の黒液が水性で、重油成分を含まず、検出されたアルカン物質が別起源であったことが報告された(Oka & Okuyama 1998)。さらに、44羽の栄養状態を健全なウトウ(漁網死)と比較分析し、油汚染死したウトウの全ての栄養指標値が、汚染の程度に関わらず著しく低値(体残存脂質が健全個体の90%減の平

均 7 g, 骨髓含水率が倍増, 体重, 筋肉, 肝臓, 尾腺の重量が 35~60% 減) であったことから, ウトウは油汚染後まる 1 日は漂流しながら生存し, 体栄養をほぼ消費して衰弱死したとの結論を得た (Oka & Okuyama in press)。

1993 年北海道苫小牧沖でのノードホープ号 *Nord Hope* の座礁事故での海鳥の油汚染とその対応策については, 大畑ら (1993) が報告している。この事故では 222 羽が死体で収容され (主に海ガモ類), 84 羽が生体で収容され, リハビリ後に生残した 32 羽が放鳥された。油の流出が断続的に起こっていたにもかかわらず, 船の座礁後 1 カ月以上も油の抜き取りが行われず, 当時の行政の対応の遅れを指摘している。

1997 年 1 月 2 日には, 中国最大の重油基地, 舟山から発電用 C 重油 19,000 kl を搭載してカムチャッカ州ペトロハバロスク・カムチャツキーに向けて航行中のロシア船籍のタンカー, ナホトカ号 *Nakhodka* が, 日本海の島根県隠岐の北北東 106 km の北緯 37 度 10 分東経 133 度 52 分海域で船体折損により沈没し, C 重油約 6,240 kl が流出した (佐尾 1998)。同 3 月末日までに日本海側で計 1,311 羽の海鳥の死体と衰弱鳥が回収された (日本ウミスズメ研究会 1997, フリーズ・植松・高木・東梅 1998, 他)。最も多く回収されたのはウミスズメ科で 996 羽, 次にアビ科 119 羽, カモメ科 84 羽と続く。中でもウトウはウミスズメ科回収数の 50% を占める 497 羽が回収され, その 97% (483 羽) が死体で回収された。ウミスズメ科全体の死体での回収率が 73% に対して, ウトウでの死体回収率は極めて高い。また, 他に死体での回収率が高かったものはウ類であった (78%)。全被害海鳥のなかで生体回収された 407 羽のうち生残した 83 羽 (20%) が放鳥された。

汚染海域の潮流シミュレーションによる分析が日本では初めて行われている (日本鳥類保護連盟を通じアジア航測分析 未発表資料)。事故は非繁殖期に対馬暖流域で起こったため, この海域に越冬集群したウミスズメ科鳥類の個体群に与えた影響は大きいと推測されるが, 洋上分布のベースライン・データがなく, 日本海沿岸域とオホーツク海沿岸域の繁殖島の情報も極めて散発的なため, この流出事故がそれぞれの種の個体群へ与えた影響を測る段階にはない。ベースライン・データが蓄積されつつある北海道天売島には潜水採食型海鳥群集の日本最大の繁殖地があり, 約 35 万羽のウトウが繁殖する (綿貫ら 1986)。寺沢ら (未発表) によると, 天売島のウトウの 1997 年の繁殖個体群には影響がみられていない。ウミスズメの日本の推定総繁殖個体数は 200~300 羽以下 (小城 1998) とされているため, ナホトカ号で被災し記録された計 455 羽のウミスズメの大半は, ロシア沿海州, 朝鮮半島東北部の海岸域, あるいはサハリン, オホーツク海沿岸などからの越冬個体群とみられる。

この事故で死亡したウミスズメには油の付着の度合いと栄養状態に密接な関係が認められ, 広範囲に付着した個体は多量の体脂肪を残したまま極く短時間に死亡し, 付着が少ない場合は 1~2 日程度, 飢餓状態で漂流し, 著しい貧栄養状態に陥って死亡したことが栄養生態学的分析で明らかになっている (岡・濱外 起稿中)。同じウミスズメ科でも小型種と中型種では油への被曝耐性が異なることと, 越冬中の分布水域の差異が示唆される。

2-3. 北米 (エクソン・バルディーズ号座礁事故による原油流出)

北米では, 船舶による多数の油流出事故が報告されている (Appendix 2 参照)。船舶事故の他にもパイプラインの破断 (Pate 1981), 油田の油貯蔵タンクへの落下 (Flickinger & Bunck

1987, Esmoil & Anderson 1995) などによる鳥の死亡例の報告がある。Pate (1981) は、ワイオミング州でのパイプラインの破断で約 1,200 t の原油が内陸の水系へ流出し、水鳥、ビーバーなど 2,663 体の死体の回収を報じている。ここではアメリカ合衆国内での油汚染の発生者（機関）と関係者（機関）に嚴重な賠償責任を課す「1990 年油濁法」(Oil Pollution Act of 1990) を制定させる直接の契機になった、1989 年のエクソン・バルディーズ号 *Exxon Valdez* の海難事故を取り上げる。この 1990 年油濁法は、アメリカ沿岸 200 マイル内を航行するあらゆるタンカーに段階的に二重船殻を義務付け、海難事故による油の大量流出の予防をめざす特徴がある（井口 1998）。さらに海上石油基地およびパイプライン、陸上施設に関しても、従来の油の除去費用と天然資源の喪失に対する限定的賠償から、無限責任を問う方向に大きく転換した点でも特記される（井口 1998）。

エクソン・バルディーズ号は、1989 年 3 月 24 日アラスカ湾プリンス・ウィリアム・サウンズで座礁し、36,400 t (258,000 バレル: 41,000 万 l) の原油を流出させた。原油はケナイ Kenai 半島、アラスカ半島に沿って西流し、流出地点から西に直線距離で 900 km 余り離れた海岸までの延べ 2,100 km の海岸線と計 30,000 km² の沿岸水域を汚染した。事故直後を中心に、比較的短期間の経過、影響調査は既に報告され、海鳥では Piatt *et al.* (1990), Edgar (1993), Andres (1997) など、海産哺乳類では Duffy *et al.* (1993), Bowyer *et al.* (1994), Garshe-lis (1997) などの他、魚類 (Barber *et al.* 1995, 他)、藻類、ベントス類 (Boehm *et al.* 1996) など生態系全般で行われた。

事故直後の海岸と海上での巡視の結果、収集・記録された 35,000 羽余りの水鳥の死体のうち、油の付着が認められない 1989 年 8 月 1 日以降の回収鳥約 6,000 羽を除く約 29,000 羽が、油汚染による死亡と判定された (Piatt *et al.* 1990)。このうち 88% がプリンス・ウィリアム・サウンズ以外の区域で記録された。また回収された死体の 74% をウミガラスとハシブトウミガラスが占めた。死体回収数から総死亡数を推定するために、1) 死体の海岸漂着率、2) 海岸漂着個体（死体）の一日当たりの残存率 (persistence rate) の 2 つのパラメータが用いられた。1) は、海流の方向や速度、風向、風速といった各水域の微気象、鳥体の大きさ、油の付着状態で左右される。Piatt *et al.* (1990) は、海上で死亡した個体は 1 日当たり 15% の割合で海中に沈むと推定し、2) は、海岸の繰り返し巡視により、1 日当たり 16~20% または 30~40% で死体が海岸から消失すると推定した。これに基づき回収された死体は全死亡数の 10~30% であるとし、被害総数を 100,000~300,000 羽と推定した (Piatt *et al.* 1990)。流出油が与えた被害の規模は、賠償責任の規模を問う裁判の争点になるため、エクソン社の直接の費用でも調査が行われており、異論も提出されている (Parrish & Boersma 1995, Wiens 1996, Wiens *et al.* 1996, 他)。

最も被害数が多かったウミガラスに対する事故から 2 繁殖シーズンの 1991 年までの生息数と繁殖成績の調査結果では、油汚染の顕著な影響が検出されていない (Wiens 1996, Murphy *et al.* 1997 も参照)。この理由は、調査地の油汚染海域と非汚染海域のコロニーで、ともに個体数の減少がみられており、減少のより大きな割合が、非汚染海域のコロニーで認められたことによる。さらに個体群の回復を調べる複数の研究が同時期、同一コロニーで行われたが、異なる結果が得られている。たとえば、ウミガラスの繁殖成功について、同一繁殖調査島（バレン島）でも、巣立ち率がわずか 13% の結果と、64~70% で平常だったとする結果があり、この

差は Wiens (1996) は自然状態で起こるコロニー内のばらつきではないかと主張した。影響評価の基礎となる油汚染以前のデータ蓄積の不足（この調査地では生息数について比較できる過去の生態調査がわずか1例に過ぎなかった）、事故後の調査精度の不備（複数回の多数プロット調査の不足）、油汚染以外の自然条件の変動が大きいことが、汚染の評価を難しくしていると考えられる。世界の推定総個体数2万羽の95%がアラスカに局在するコバシウミスズメでは、この油汚染事故で67羽の死体が回収されている。未同定の油汚染死ウミスズメ類に含まれるコバシウミスズメの割合を勘案し、被害数は総計1,000~2,000羽と推定された (van Vliet & McAllister 1994)。この推定被害数は総個体数の5~10%にあたる。

船主のエクソン社に賠償責任があるとする裁判結果に基づき、エクソン社が連邦政府、およびアラスカ州へ支払う賠償金で、アラスカの自然資源を復元/保全する基金が設立され、各種の生態系影響モニタリング調査、回復のための費用や社会活動支援などに運用されている (Harrison 1992)。ちなみに1998年には、69のプロジェクトに1,400万ドル（1\$110円換算で15億4千万円）の資金をあてるよう基金運用委員会 Trustee Council が勧告し、以後2002年まで少なくとも年間数百万ドルが、各生物群の科学研究、社会活動支援、環境回復など多岐にわたって執行され、1998年は海鳥では、採食・栄養生態、高次捕食者、ウミガラスの個体群モニタリングなどの海洋・海岸生態系に関わる研究が計画された (Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council 1997)。

個体群の回復プログラムでは個体群回復の一般的な手法をまとめ、エクソン・バルディーズ号の事故で被害を受けた海鳥各種に効果的手法が検討された (Warheit *et al.* 1997)。その中で、海鳥類は繁殖開始齢が通常3才以上であるため、成鳥の生存率の改善がコロニーの個体数を回復させる最も効果的な方法の一つであることを指摘し、繁殖地での捕食者（特に導入種のキツネ、マングース、ミンク、ネコなど）の除去が繁殖鳥の死亡率を下げることを挙げている。潜水性海鳥には漁網による死亡圧が強いことがこれまで多くの種で報告されているが、マダラウミスズメでは、エクソン・バルディーズ号で死亡した半数に当たる個体数が毎年サケマス流し網漁と引網漁で溺死すると推計しており、漁網の死亡圧を減らすこと、また、営巣に好適な老齢林からなる森林保全の必要性を指摘している (Ralph *et al.* 1995)。一方、油汚染した海鳥を救護し放鳥しても、生残率は極めて低いことが判明している (岡 1999)。

2-4. その他の海域

南アフリカ共和国は海上交通の主要ルートに位置するため、古くから海鳥への油汚染の被害が絶えなかった。この海域の固有種のジャッカスペンギンへの大きな被害だけでも、1968年のエッソ・エッセン号 *Esso Essen*（最低でも1,700羽）、1971年のワフラ号 *Wafra* の事故（1,216羽）(Frost *et al.* 1976)、さらに1994年のアポロ・シー号 *Apollo Sea* の事故（保護個体だけでも9,758羽）(Crawford 1995) などがある。南アフリカ共和国の33%のジャッカスペンギンのコロニーで、1978年から10年間に34%以上の個体数が減少している。特に分布の中心域に位置するダッセン島では11,220巣から2,757巣まで繁殖数が減少している (Adams 1994)。

中近東湾岸地域では、1991年冬に勃発した湾岸戦争で大量の原油が流出した。原油はペルシャ湾に流出し、クウェートからサウジアラビアにかけての海岸延べ560kmに漂着し、油膜

は 1,550 km² の海面を覆った。この汚染で計 10,243 羽の死亡鳥がカウントされ、そのほとんどをウ類 (5,243 羽) とカイツブリ類 (4,661 羽) が占め、残りがカモメ類、シギ・チドリ類、カモ類、アジサシ類、サギ類の順で占められた (Symens & Suhaibani 1993)。この回収値から推定された総死亡数は、カイツブリ類が 11,195 羽、ウ類が 11,517 羽で、これは越冬中のカイツブリ類個体群の 50% 以上、ウ類の繁殖個体群の 17~20% に相当した。このような推定にも関わらず、Symens & Suhaibani (1993) によるとその後のカイツブリ類、ウ類の個体数に大きな減少はみられていないとされる。湾岸地域は例年 130,000 羽の渉禽類の越冬場所として重要であったが、1991 年当時には 4,000 羽 (例年の 3% 以下) の渉禽類しか観察されず (Evans & Keijl 1993)、その後の渡来状況は不明である。

オーストラリアでも小規模の油汚染が報告されている。McOrist & Lenghaus (1992) は、羊運搬船からの油の流出で死体 6 羽と生体 16 羽のコビトペンギンを回収した。また、バス海峡に面したフィリップ島周辺では、船舶による少量の油汚染で常時数羽のコビトペンギンが保護施設に収容され油を洗浄されている。

南極では、バード岬での小規模の事故と、1989 年、旅行者を乗せた観光船バヒア・パライソ号 *Bahia Paraiso* の座礁による油汚染が報告されている。バヒア・パライソ号の事故直後、現場近くのコロニーでオオトウゾクカモメの雛がすべて巣立ち前に死亡した。親自体に油がついた痕跡と親から卵・雛へ油が運ばれた証拠が得られなかったため、Eppley & Rubega (1990) は、海面に油の帯が存在することで、親が採餌場所を変え、巣を保護する時間が減り、結果的に雛の死を招いた、と考察した。これに対し、餌条件、気象条件の変化による繁殖成績の変動の範囲内ではないかという批判も出されている。個体数や繁殖成績の変動が大きい個体群で、油汚染の影響のみを取り出して検出することの難しさを示す 1 例といえる。

3. 日常的油汚染による海鳥の汚濁死

日常的な汚染には、産出地での油田、貯蔵施設などと、輸送中の船舶、パイプラインなどと、石油精製地あるいは消費地での陸上施設などからの油を含む排水や廃油の投棄や漏出があげられる。北海油田のあるスコットランド北方のオークニー諸島とシェットランド諸島は、海鳥の大繁殖地があり、先進工業国が集まる北海周辺海域は、主要な越冬水域であるが、油汚染禍にある。

3-1. 北海油田オイルターミナル周辺海域

北海油田のあるスコットランド北方のオークニー諸島とシェットランド諸島は英国本国に生息する海鳥全体の 20% 以上が繁殖する地域でもあり (オークニー諸島; >40,000 ペア, シェットランド諸島; 40,000 ペア), シェットランド諸島だけで、英国のフルカモメの 41%, ウ類の 14%, ウミガラスの 14%, オオハシウミガラスの 7% を占め (Dunnet & Heubeck 1995), さらにスコットランド全体では英国のフルカモメの 92%, ウ類の 73%, ウミガラスの 80%, オオハシウミガラスの 65% が繁殖する (Dunnet & Heubeck 1995)。

このように多くの海鳥を擁するオークニー諸島とシェットランド諸島に北海油田から産出される原油を出荷する欧州最大のオイルターミナルが建設された。オイルターミナルは、北海油

田で産出した原油をパイプラインを通して備蓄し、精油所へ運ぶタンカーに船積みするための施設で、1977～78年に操業が始まった。オークニー諸島には Flotta Oil Terminal (以下 FT)、シェットランド諸島には Sullom Voe Oil Terminal (以下 SVT) が稼働し、この二つのオイルターミナルからイギリス本国に原油の 80% 以上が供給されている。

SVT 水域で、1978 年 12 月 30 日に起きたタンカー、エッソ・バーニシア号 *Esso Bernicia* の油流出事故で (Heubeck & Richardson 1980, Richardson *et al.* 1982 先述)、出所不明の油の流出が多発していることが、以下の経緯で判明した。海鳥への被害調査が行われた結果、1979 年の 1 月から 3 月までの約 3 ヶ月間で 7,735 羽の油に汚染した死亡/衰弱海鳥が回収されたが (Richardson *et al.* 1982)、回収鳥の油の組成分析の結果、被害総数の半分以上は出所不明の油によるものと判定された。この「出所不明」の油は、オイルターミナルそのものからか、その海域を往来するタンカーなどから慢性的に流出する油 (燃料油、タンク洗浄時に流出する残留原油、油が混入したバラスト水や油汚染水など) であった。1979 年の初頭から半ばまでオークニー諸島とシェットランド諸島の海岸調査で回収された海鳥のうち、出所不明の油が原因する海鳥の死亡数は、その年の英国で回収された海鳥の死体の 85% にも相当し、英国全体からみても極めて大きな割合を占めた。1976 年にオークニー諸島の海岸で回収された死体のうち、油汚染を受けていたものは 3% であったが、1977～80 年にかけてその割合は 16～27% へと上がった (Richardson *et al.* 1982)。

海鳥の油汚染死の増加は明らかに FT、および SVT の稼働と時期を同じくしていた。こうした船舶の日常的な汚染は沿岸で起きた事故による局所的な被害とは異なり、沖合いで広範囲に被害を発生させているとみられ、この影響の方が、エッソ・バーニシア号 1 事故の被害よりも大きいことが示唆された (Heubeck *et al.* 1982, Dunnet & Heubeck 1995)。スコットランド周辺のこうした慢性的な油流出に対し、地方自治体などが全てのタンカーなどに対し、バラスト水の水質の厳重検査と、監視対策を講じた。これらにより油汚染が急速に減り、1979～80 年には回収死体全体のうち油に汚染していた鳥の割合が SVT 周辺で 45% 以上、またシェットランド諸島東岸で 30% 以上であったのに対し、1980～81 年にはその割合が 15% 以下 (SVT 周辺に限れば 5% 以下) にまで下がり、以後 1986 年までその数字を保っている (Heubeck 1987)。また、1977～93 年にシェットランドの主要なコロニーで海鳥種別にモニタリング調査が行われたが、事故のない場合の変動も大きく、油流出による個体群への影響が検出されることはなかったとされる (Dunnet & Heubeck 1995)。

なお、1979 年 1 月から 3 月までにオークニー諸島で回収された油汚染鳥の 78% がウミガラスとオオハシウミガラスであった。1979～86 年にシェットランド諸島で行われた海岸調査では、死亡鳥に油汚染鳥が占める割合はコオリガモの 52% とヒメウミスズメの 49% が最も高く、次いでハジロウミバトの 25%、ホンケワタガモの 19%、オオハシウミガラスの 15%、ニシツノメドリの 12%、死亡数そのものが最多のウミガラスでは 16% であり、潜水性海鳥の油汚染死亡率が軒並み高かった。逆に非潜水海鳥では 0～10% にすぎない。海鳥の油汚染死亡割合と密度はともに、夏季に少なく冬季に多かった。

これまでに英国とアイルランド北東部で標識され、その後、死亡あるいは衰弱して回収された海鳥のうち、汚染が最多のウミガラス類の油汚染による死亡割合は、1980 年代後半では、ウミガラスとオオハシウミガラスの 2 種とも低下し、中でもウミガラスでは割合が半減した

Table 1. Ratio in percent of main causes of death reported in ringed seabirds in Britain and Ireland. (Cited from Loid *et al.* 1991).

表 1. 英国とアイルランドで標識放鳥された海鳥の主要な死因（油汚染，銃猟，漁網）割合（%）. (Loid *et al.* 1991. から引用).

種 Species	油汚染 Oiled (%)	銃 猟 Shot (%)	漁 網 Netted (%)	個体数 Sample size
ウミガラス Guillemot (1970 年以前<1970)	28	22	5	504
(1980 年代後半 late 1980s)	15	5	37	662
ニシツノメドリ Atlantic Puffin	19	10	3	176
オオハシウミガラス Razorbill (1970 年以前<1970)	18	23	6	611
(1980 年代後半 late 1980s)	15	2	26	144
ヨーロッパヒメウ Shag	5	11	5	696
ミツユビカモメ Kittiwake	58	10-39	—	—
オオカモメ Great Black-backed Gull	17	4-20	—	—
セグロカモメ Herring Gull	13	4-9	—	—
ニシセグロカモメ Lesser Black-backed Gull	11	14-27	—	—
ユリカモメ Black-headed Gull	4	5-13	—	—
カモメ Common Gull	—	3-4	—	—

Most birds are reported as 'found dead' or 'dying' etc. — indicates no data available.

ほとんどの鳥が「死体」あるいは「死にかけた状態」などで発見。— はデータ不明を示す。

(Table 1)。船舶の油の排出基準と監視体制の強化が非常に効果的であることを示す。さらに海鳥の死因は、ニシツノメドリでは油汚染死が漁網死を大幅に上回るが、1980 年代後半のウミガラスとオオハシウミガラスでは、37% と 26% が漁網で溺死しており、それぞれ油汚染死の 2 倍前後にあたる。

3-2. 北海南部沿岸域

北海南部沿岸域は慢性的な油汚染下にあり、多くの海鳥が油に汚染して漂着してきた。漂着油の由来探索に力が入れられ、集積データが得られている。1983 年 8 月～1986 年 4 月、ドイツの北海に面する計 665 km の海岸の定点調査から、83 種計 13,368 羽の漂着海鳥が確認された。この内訳は、最多種のホンケワタガモ 3,009 羽 (23%)、次いでウミガラス 2,576 羽 (19%)、クロガモ 1,501 羽 (11%)、ミツユビカモメ 1,200 羽 (9%) が続く。このうち油汚染個体に限ると、ウミスズメ科鳥類（大半がウミガラスで、1 桁少ないオオハシウミガラス、2 桁少ないハジロウミバトとニシツノメドリなど）が 78% と大多数を占め、次いでアビ類、カイツブリ類、カツオドリ類、フルマカモメ類、海ガモ類であった。油汚染鳥は毎月発見されるが、年次変化がみられている。1,945 個体の羽毛に付着した油と、382 個の海岸漂着油を組成分析した結果、91% が船舶の燃料用残油、船底残油、エンジンオイルが起因し、原油が 3% であった (Vauk *et al.* 1989)。

更にこれとは別に、ドイツの Sylt 島では 1984 年 11 月～1985 年 4 月に毎週 1 回の海岸パトロールが行われ、48 種計 1,256 羽の油汚染鳥を確認している。羽毛付着油と海岸の付着油の計 54 標本の油を分析した結果、その 96% が同様に船舶から排出される油（主に重油を中心とする燃料残油、排水に混ざる油、モーターオイルなど）だったことが判明した (Hartwig & Ludtke 1985/86)。油の発生源調査はその後ドイツの北海に面する海岸の組織的調査の一環

として継続実施され、1983年～1988年の全期間に定点調査域だけで総計 40,516 羽の海鳥の死体を確認し、油汚染鳥はそのうち 41% の 16,753 羽を占めていた (Vauk *et al.* 1990)。油は主に、船舶のエンジン燃料油の残油であると報告された。

次いで 1990～1993 年の 3 ヶ年に実施したドイツ、オランダ、デンマークの 3 ヶ国の海岸の油汚染と油汚染海鳥の調査 (Dahlmann *et al.* 1994) でも、漂着鳥の体付着油と海岸漂着油の組成分析を行った。付着あるいは漂着油の分析標本数は、1990 年にはオランダで 195、ドイツで 155、デンマークで 156 の計 506 標本であった。次いで 1991 年にはオランダで 101、ドイツで 112、デンマークで 340 の計 533 標本、1992 年には、オランダで 76、ドイツで 116、デンマークで 183 の計 375 標本が分析され、3 年合計で計 1,434 標本の成分が分析された。この結果、船舶から排出される燃料油が、これまでと同様に最も多く、全体の 71% を占め、次いで原油が 18% を占めていた。燃料油による汚染は 3 ヶ国とも最も多い。原油はデンマークに次いでオランダで多く、ドイツでは少ない。このように、違法であるにもかかわらず船舶から日常的に排出される燃料油で、3 ヶ国の沿岸が広域に汚染されている事実が判明し続けている。

更にドイツとオランダの 2 ヶ国の海岸はタンカーで輸送する油と化学物質により、デンマーク北西部の海岸は原油により、絶えず汚染されていることも判明した。原油は北海産ではなく、リベリア、ナイジェリア、中東、ベネズエラ産であったため、原油搭載タンカーがタンク洗浄時に排出しているとみられた。特にデンマークの Skagerrak 出口付近の海岸は原油による度重なる汚染に見舞われている。このため、残留油を船内に溜める設備（例えば 'Load on Top', 'Crude Oil Washing', 'Segregated Ballast Tanks'）などの設置が求められている (Dahlmann *et al.* 1994)。石油起源以外の油では、dodecylphenol, bis-phenol, 植物油, あるいは他の paraffin wax などが、海鳥と沿岸を汚染していることも報告された。

このように先進工業国が集まる北海の南岸 3 カ国で行われた調査結果は、主に船舶から排出される燃料油、輸送原油、精製油などで海域が日常的に汚染され、ウミスズメ科を中心に潜水性鳥類が被害を受けている実態を明らかにしている。

その他の地域での例としては、アルゼンチンでも、タンカーなどによる大規模な事故よりも、日常的な油汚染が深刻であるとの報告がある。Gandini *et al.* (1994) は 1982～84 年と 1986～90 年にかけてアルゼンチンの Chubut 海岸に漂着した鳥の死体について次のように報じている。油に汚染されたマゼランペンギンの死体は調査した 14 カ所すべてでみられ、28 km の定点調査地で、年平均 483 羽の死体が発見され、このうち 205 羽が油汚染による死亡であった。この調査地が Chubut 海岸全域の状況を反映すると仮定して、毎年平均 10,350 羽の成鳥、11,650 羽の巣立ち雛が死亡していると推定した。これはマゼランペンギンの成鳥 1.1% と、巣立ち雛 6.0% が毎年油汚染で死亡することを意味する。

4. まとめと今後の課題

4-1. 被害評価とモニタリング

油汚染は北アメリカ、ヨーロッパ、日本などの北太平洋中～亜高緯度海域ではウミスズメ科鳥類に顕著な死亡被害をもたらし、海ガモ類、ウ類などにも死亡圧を加えてきた。海岸漂着死

体のカウント数から推定される総死亡数は、油汚染が海鳥個体群に無視できない影響を与えることを示唆する。一方、コロニーでの個体数カウント値、繁殖成功率などを油汚染前後で比較した研究が1990年代半ばからアメリカで発表され始めたが、その評価は難しい現状にある。影響評価を行う前提となるベースラインデータの蓄積が乏しいことと、被害を受けて回収された鳥の属性（出身地、性、齢など）の多くが判明しておらず、事故が個体群へ与えた影響を測定、評価できない原因を生んでいる。また、推定死亡数が実態と乖離している場合も生じると見込まれる。

推定値は推定に用いるパラメータの種類に大きく影響を受けるだけでなく、パラメータ係数でも大きな差異が発生する。海上で死んだ個体がどれだけ海岸に漂着するか、漂着後どのくらい消失したか、という2つのパラメータは、総死亡数の推定を大きく左右する。死亡数に対する海岸での死体発見数の割合は、フランス・ブルターニュ沿岸で1978年に座礁したアモコ・カディズ号 *Amoco Cadiz* 事故時に実施された死体漂着実験 (Hope Jones *et al.* 1978) では、3分の1程度、Bibby & Lloyd (1977) が報じたアイリッシュ海での実験例では59%、北海での実験例 (Bibby 1981) では極めて少なく、わずか0.3%と推定されており、その値に大きなばらつきがある。これらのパラメータ係数は海流の地域差だけでなく気象がもたらす風力、波高が大きく影響し、さらに、鳥の大きさ、油の付着の程度などによる影響差が予想され、一般化は難しい。そのため、総死亡数の推定には、それぞれの事故発生海域で、事故時の疑似気象条件下で実験を行いパラメータ係数を得ることが不可欠である。さらに、油汚染前後での個体数の評価法を確立しておく必要がある。油汚染の他にも餌資源の変動などがそれぞれの海域の繁殖個体群に影響するが、これらの原因による個体群の通常の変動幅を評価しておくことが前提である。その上で、油汚染の影響を評価するための鳥種の生態に適合したサンプリングデザインを組み立てることが必要である。

海鳥への被害は日本でも他の国々でもこれまで冬期に集中的に発生している。特に冬期、北西風が卓越する日本の地理条件を考えると、日本海沿岸域では油汚染鳥が海岸に漂着する可能性が高く、海岸センサスでモニターができるが、太平洋側の外海では海岸でのモニターが難しいことが伺える。が、それを踏まえても、海上で発生する出来事を監視する手段としての長期的、広域的な海岸センサスと、死体の回収と体付着油と海岸漂着油の成分分析は、沖合いから沿岸に暮らす生物を取り巻く状況を知る手段として極めて有効である。

日本周辺で予想される慢性的な油の流出が海鳥へ与える被害の実態は全く明らかにされておらず、海岸での年間を通じた死体のカウントと収集調査と、油の由来を明らかにするための付着油の分析が必要である。特に、1999年夏、海底油井の操業を開始したサハリン（樺太）北東沿岸一帯は、日本産個体群では壊滅的に減少したウミスズメ科鳥類の主要な繁殖地を擁し、ジーンバンクエリアとして保全が急務の繁殖地が少なくない。海中に設置された油井とパイプラインの潮流の流下域にあたる地域の子海鳥、海獣類などの繁殖地調査と洋上分布調査、海岸での死体カウントによるモニター調査は、汚染度を評価し、対策を講ずる上で、一刻も早い実施が望まれる。産出国のロシアとサハリン州はもとより、油田の共同開発に参画し利権を保有する米国、日本など、サハリン海底油田に密接に関係する国々や企業には、流出事故を予防し、油のすみやかな回収と生態系の回復への体制作りと、海鳥をはじめとした海洋生物の分布に関する基礎的な共同調査・研究の実施が早急に求められる。

4-2. 個体群の回復

油汚染に対して日常的、突発的原因からの双方の汚染を予防し、防止する法律の策定と監視と罰則の強化という抜本的な取り組みが、日本周辺の家鳥を含む海洋生態系の保全には不可欠である。救護した油汚染鳥の放鳥後の生残が、南半球のペンギンを除くと著しく悪いことが、ここ 20~30 年の蓄積データの解析から判明している (岡 1999)。この結果は、油の流出多発国のイギリスなどで 1980 年代に提出された「油汚染鳥の救護放鳥は投入される労力と費用にみあう成果を得ていないとする保全生物学的疑念」を肯定する結果となっている。技術水準と効率性の向上には今後時間がかかることが予想されるため、油汚染鳥の救護を行う場合、当面は救護行為そのものを油汚染を防止するための人間社会に対する教育・普及活動として位置づけて、効果的に行うことが望まれる。

減少した個体群を回復させる有効なプログラムは、油汚染因子を除くことの他に、各々の繁殖地でそれぞれの鳥種の個体群の規模を制限、あるいは減少させている要因をつきとめ、その地域の生態系そのものを視野に置いた有効策をとることが先決である。海鳥はおしなべて繁殖開始年齢が遅く、最短でも 3 才、最長では 10 才にもなり、油に汚染しやすい沿岸潜水適応型海鳥でも 3 年から 5 年にかかる (Warham 1996, Furness & Monaghan 1987, 他)。そのため、成鳥の生存を脅かす要因を調べ、最も高い死亡圧を加えている因子を取り除く一般則が個体群を回復させる上で最も有効といえる。海鳥の主要な死亡要因となる潜水索餌中の漁網による溺死 (Jones & DeGange 1988, Loid *et al.* 1990, Johnson *et al.* 1992, Ogi *et al.* 1993, Brothers 1996, Melvin & Conquest 1996, 他) を減らしたり、繁殖地に移入された捕食動物を除去したり (Seto & Conant 1996)、現営巣地の立地条件を改善する (長谷川 1997, 他) など、具体的なプログラムが準備実行され、成功した事例もある (Croxtall *et al.* 1984, Nettleship *et al.* 1994, 他)。こうした回復プログラムの効果の程度を継続的にモニターし、方法を磨き上げてゆくことが、海鳥の保護、保全に必要である。

謝 辞

本研究は、日本鳥類保護連盟を通じて環境庁から支援を受け実施したものである。環境庁担当の水谷知生氏、日本鳥類保護連盟の箕輪多津男氏をはじめ関係諸氏、機関にお礼を申しあげる。文献の入手にあたり、カリフォルニア大学ディビス校の John Fries 氏に幾つかの文献のご提供をいただき、山階鳥類研究所資料室の鶴見みや古氏に全面的なご協力を得た。酪農学園大学教授の Mark Brazil 氏には Abstract の英語をみていただいた。東京大学教授樋口広芳氏、野生動物救護獣医師協会榎ヶ谷 博氏に本稿の査読をしていただいた。これらの方々に心からお礼を申し上げます。

摘 要

海鳥の油汚染死について世界各地で様々な事例報告がある。本稿はこれらの文献を広く渉猟し、1960 年代から現在まで世界各地で発生した油汚染が起因する海鳥類の死亡状況を、1) 非

日常的な油汚染と、2) 日常的な油汚染、に大別して報告した。1) 非日常的な油汚染の原因は、船舶海難事故、パイプライン、オイルターミナルなどからの突発的な油の流出事故が挙げられるが、最も多いのが海難事故で、計 43 件がこれに起因した。近年では巨大タンカーの加入に伴い、一つの手難事故での流出が 1970 年代までの年間の流出量に匹敵する事態も起きている。しかし、これまでも指摘されるように油流出量と海鳥死亡数との関係は弱く、1979 年のノルウェーでの事例のように、たとえ流出が少量であっても発生時期や海域によっては海鳥に大きな被害を与えている。海鳥の総死亡数を高精度に推定するためには、海鳥の海岸漂着率と漂着後の消失率の二つのパラメータを加えた推計が必要となるが、実施例はいまだ少ない。油汚染が海鳥個体群へ与える個別の影響は、事故以前の個体群に関する生態情報の少なさが災いして評価を難しくしている。2) 日常的な油汚染の原因は、油田・油貯蔵施設、船舶、パイプライン、工場などからの油を含む排水・廃油の投棄や漏出がある。海難事故などに比べ目に付きにくい、多数の海鳥を死亡させてきたことが北海沿岸の西ヨーロッパでの経年の調査で判明している。海底油田とオイルターミナルがある北海北部では、例えば 1978 年のタンカー・エッソバーニシア号事故の際に海鳥約 7,700 羽が回収されたが、実はそのうちの半数以上がこのタンカー由来ではなく、日常的油汚染による死亡だったという事例も報告された。このような日常的な油汚染の発見には、海鳥の海岸センサスと漂着・付着油の成分分析が重要な役割を果たしている。日本では、日常的な油汚染による海鳥の被害の実態が不明であり、日本周辺で越冬する海鳥の分布と生態情報に限られている。油汚染の防止の強化と監視、および、油汚染の影響を受けやすい地域、海鳥個体群などを評価する前提となるべき、海鳥種ごとの分布・生態の基礎情報を集める必要がある。海鳥の個体群回復プログラムは、油汚染の因子を取り除くのみならず、漁網による死亡の減少、繁殖地での捕食者の除去、営巣環境の改善など、個体数の増加を制限している要因を幅広く考慮する必要がある。

引用文献

- Adams, N. J. 1994. Patterns and impacts of oiling of African penguins *Spheniscus demersus*: 1981-1991. Biol. Conserv. 68: 35-41, illustr.
- Andres, B. A. 1997. The Exxon Valdez oil spill disrupted the breeding of Black Oystercatchers. J. Wildl. Manage. 61: 1322-1328.
- Anker-Nilssen, T., Jones, P. H. & Rostad, O. W. 1988. Age, sex and origins of auks (Alcidae) killed in the Skagerrak oiling incident of January 1981. Seabird 11: 28-46.
- Baillie, S. R. & Stowe, T. J. 1984. A comparison between the percentage of seabirds reported as oiled from ringing recoveries and from the beached bird survey. Seabird Report 7: 47-54.
- Barber, W. E., McDonald, L. L., Erickson, W. P. & Vallarino, M. 1995. Effect of the Exxon Valdez oil spill on intertidal fish: A field study. Trans. Am. Fish. Soc. 124: 461-476.
- Barrett, R. T. 1979. Small oil spill kills 10-20,000 seabirds in north Norway. Mar. Pollut. Bull. 10: 253-255.
- Bibby, C. J. 1981. An experiment on the recovery of dead birds from the North Sea. Ornith. Scand. 12: 261-265.
- Bibby, C. J. & Lloyd, C. S. 1977. Experiments to determine the fate of dead birds at sea. Biol. Conserv. 12: 295-309.
- Boehm, P. D., Mankiewicz, P. J., Hartung, R., Neff, J. A., Page, D. S., Gilfillan, E. S., O'Reilly, J. E. & Parker, K. R. 1996. Characterization of mussel beds with residual oil and the risk to foraging wildlife 4 years after the Exxon Valdez oil spill. Environ. Toxicol. Chemistry 15: 1289-1303.
- Bouqueneau, J. M., Debacker, V., Antoine, N., Coignoul, F., Holsbeek, L., Jauniaux, T., Tapia, G. & Joiris, C.

1994. Causes de mortalité et teneur en métaux lourds de guillemots de troil *Uria aalge* échoués le long du littoral Belge. Bull. Soc. Roy. Sci. Liège. **63**: 211–217.
- Bourne, W. R. P., Parrack, J. D. & Potts, G. R. 1967. Birds killed in the *Torry Canyon* disaster. Nature, Lond. **215**: 1123–25.
- Bowyer, R. T., Testa, J. W., Faro, J. B., Schwartz, C. C. & Browning, J. B. 1994. Changes in diets of river otters in Prince William Sound, Alaska: effects of the *Exxon Valdez* oil spill. Can. J. Zool. **72**: 970–976.
- Broman, D. & Hjernerquist, B. 1982. The largest oil slick for Sweden's Baltic Sea. Fauna Och Flora (Stockholm) **77**: 169–176, illustr.
- Brothers, N. 1996. Catching fish not birds: a guide to improving your longline fishing efficiency. Parks and Wildlife Service Tasmania, Hobart.
- Burger, A. E. 1993a. Estimating the mortality of seabirds following oil spills: Effects of spill volume. Mar. Pollut. Bull. **26**: 140–143.
- Burger, A. E. 1993b. Mortality of seabirds assessed from beached-bird surveys in southern British Columbia. Canadian Field-Naturalist **107**: 164–176, illustr.
- Burger, J. 1997. Oil spills. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, New Jersey.
- Campbell, L. H., Standring, K. T. & Cadbury, C. J. 1978. Firth of Forth oil pollution incident, February 1978. Mar. Pollut. Bull. **9**: 335–339.
- Carter, H. R. & Erickson, R. A. 1992. Status and conservation of the marbled murrelet in California, 1892–1987. Proc. Western Foundation Vertebrate Zool. **5**: 91–108.
- Clausager, I. 1983. Oil pollution in Danish waters. Ornis Fennica Suppl. **3**: 110–111.
- Clotuche, E. & Schaecken, P. 1982. L'accident pétrolier survenu en Basse-Meuse liégeoise en 1981 et son impact sur l'avifaune. Aves **19**: 47–57.
- Cooper, J. 1978. Effect of oiling from the *Pantelis a Lemos* on seabirds. Cormorant **4**: 33–34, illustr.
- Crawford, R. 1995. After the oil spill: reckoning up the results. Penguin Conservation **8**(2): 10, illustr.
- Croxall, J. P., Evans, P. G. H. & Schreiber, R. W. (eds.). 1984. Status and conservation of the world seabirds. International Council for Bird Preservation, Cambridge.
- Dahlmann, G., Timm, D., Auerbeck, C., Camphuysen, C., Skov, H. & Durinck, J. 1994. Oiled seabirds-comparative investigations on oiled seabirds and oiled beaches in the Netherlands, Denmark and Germany (1990–93). Mar. Pollut. Bull. **28**: 305–310.
- Dehrmann, A. 1994. Penguins affected by oil spill in South African waters. Penguin Conservation **7**(2): 8–12.
- Dow, D. D. 1983. The effects of a minor oil spill on seabirds at Caloundra, Queensland. Australian Bird Watcher **10**: 15–18.
- Duffy, L. K., Bowyer, R. T., Testa, J. W. & Faro, J. B. 1993. Differences in blood haptoglobin and length-mass relationships in river otters (*Lutra canadensis*) from oiled and nonoiled areas of Prince William Sound, Alaska. J. Wildl. Dis. **29**: 353–359.
- Dunnet, G. M. & Heubeck, M. 1995. The monitoring of breeding seabirds and eiders. Proc. Royal Soc. Edinburgh **103B**: 137–164.
- Edgar, B. 1993. Has Alaska recovered? American Birds **47**: 352–361.
- Eppley, Z. A. 1992. Assessing the indirect effects of oil in the presence of natural variation: the problem of reproductive failure in south polar skuas during the *Bahia Paraiso* oil spill. Mar. Pollut. Bull. **25**: 307–312, illustr.
- Eppley, Z. A. & Rubega, M. A. 1990. Indirect effects of an oil spill: reproductive failure in a population of South Polar skuas following the 'Bahia Paraiso' oil spill in Antarctica. Marine Ecol. Prog. Series **67**: 1–6, illustr.
- Esmoil, B. J. & Anderson, S. H. 1995. Wildlife mortality associated with oil pits in Wyoming. Prairie Naturalist **27**: 81–88, illustr.
- Evans, M. I. & Keijl, G. O. 1993. Impact of Gulf War oil spills on the wader populations of the Saudi Arabian Gulf coast. Sandgrouse **15**: 85–105, illustr.
- Evans, M. I., Symens, P. & Pilcher, C. W. T. 1993. Short-term damage to coastal bird populations in Saudi Arabia and Kuwait following the 1991 Gulf War marine pollution. Mar. Pollut. Bull. **27**: 157–161.
- Ewins, P. J. & Tasker, M. L. 1985. The breeding distribution of Black Guillemots *Cephus grylle* in Orkney and Shetland, 1982–84. Bird Study **32**: 186–193.

- Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. 1997. Fiscal Year 1998 Draft Work Plan. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council.
- Flickinger, E. L. & Bunck, C. M. 1987. Number of oil-killed birds and fate of bird carcasses at crude oil pits in Texas. *Southwestern Naturalist* 32: 377-381, illustr.
- フリーズ/ジョン・植松一良・高木純一・東梅貞義 1998. ナホトカ号油汚染鳥類の救護保全活動から何を学か? 日本財団, 東京.
- Frost, P. G. H., Siegfried, W. R. & Cooper, J. 1976. Conservation of the Jackass Penguin (*Spheniscus demersus* (L.)). *Biol. Conserv.* 9: 77-99.
- Furness, R. W. & Monaghan, P. 1987. Seabird ecology. Blackie, London.
- Gandini, P., Boersma, P. D., Frere, E., Gandini, M., Holik, T. & Lichtschein, V. 1994. Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) affected by chronic petroleum pollution along coast of Chubut, Argentina. *Auk* 111: 20-27.
- Garshelis, D. L. 1997. Sea otter mortality estimated from carcasses collected after the Exxon Valdez oil spill. *Conserv. Biol.* 11: 905-916.
- Gompel, J. van. 1984. Opnieuw massale zeevogelsterfte aan onze kust tijdens de winter 1982-1983. *Wielewaal* 50: 150-155.
- Harrison, C. S. 1992. The billion dollar trust fund. *Pacific Seabird Group Bull.* 19: 5-6.
- Hartwig, E. & Drossel, D. 1984. Seevogelverluste durch Ölpest an den Stränden der Nordseeinsel Sylt in den Monaten November 1983 bis April 1984. *Seevögel* 5: 101-106.
- Hartwig, E. & Lüdtke, S. 1985/86. Auswirkungen 'schleichender' verölung auf die Vogelwelt im Bereich der Nordseeinsel Sylt im Winter 1984/85. *Angew. Ornithol.* 6: 1-16.
- Hartwig, E., Reineking, B. & von Vauk-Hentzelt, E. 1985. Seevogelverluste durch Ölpest an der deutschen Nordseeküste einschließlich Helgoland in der Zeit von August 1983 bis April 1984. *Seevögel* 6: 67-72.
- 長谷川博 1997. アホウドリはよみがえるか? *科学* 67: 211-218.
- Heubeck, M. 1987. The Shetland beached bird survey, 1979-1986. *Bird Study* 34: 97-106.
- Heubeck, M. & Richardson, M. G. 1980. Bird mortality following the Esso Bernicia oil spill, Shetland, December 1978. *Scottish Birds* 11: 97-108, illustr.
- Hope Jones, P., Howells, G., Rees, E. I. S. & Wilson, J. 1970. Effect of 'Hamilton Trader' oil on birds in the Irish Sea in May 1969. *British Birds* 63: 97-110.
- Hope Jones, P., Monnat, J. Y., Cadbury, C. J. & Stowe, T. J. 1978. Birds oiled during the Amoco Cadiz incident-an interim report. *Mar. Pollut. Bull.* 9: 307-310.
- 井口俊明 1998. 1990年油濁法. 国際比較環境法センター編, 世界の環境法, pp. 37-47. 国際比較環境法センター, 東京.
- Johnson, D. H., Shaffer, T. L. & Gould, P. J. 1992. Incidental catch of marine birds in the North Pacific high seas driftnet fisheries in 1990. In Proceedings of a symposium on the biology, distribution and stock assessment of species caught in high seas driftnet fisheries in the North Pacific Ocean, Intern. North Pacific Fisheries Commission, 4-6 Nov., Tokyo.
- Jones, L. L. & DeGange, A. R. 1988. Interactions between seabirds and fisheries in the North Pacific Ocean. In Seabirds and other marine vertebrates, competition and other interaction, ed. by J. Burger. Columbia Univ. Press, New York.
- 梶ヶ谷 博・岡 奈理子 1999. (総説) 油汚染が鳥類の体に及ぼす影響. *山階鳥研報* 31: 16-38.
- 風間辰夫 1971. 日本海における廃油汚染によるウミスズメの大量死について. *山階鳥研報* 6: 389-398.
- Kerley, G. I. H. 1986. Jackass Penguins harmed in South Africa oil spills. *World Birdwatch* 8(2): 4, illustr.
- Larsen, E. M. & Richardson, S. A. 1990. Some effects of a major oil spill on wintering shorebirds at Grays Harbor, Washington. *Northwestern Naturalist* 71(3): 88-92, illustr.
- Loid, C., Tasker, M. L. & Partridge, K. 1991. The status of seabirds in Britain and Ireland. T & A D Poyser, London.
- McKelvey, R. W., Robertson, I. & Whitehead, P. E. 1980. Effect of non-petroleum oil spills on wintering birds near Vancouver. *Mar. Pollut. Bull.* 11: 169-171, illustr.
- McOrist, S. & Lenghaus, C. 1992. Mortalities of little penguins (*Eudyptula minor*) following exposure to crude oil. *Veterinary Record* 130: 161-162, illustr.

- Melvin, E. F. & Conquest, L. 1996. Reduction of seabird bycatch in Salmon drift gillnet fisheries: 1995 sockeye/pink salmon fishery final report. Washington Sea Grant Program.
- Murphy, S. M., Day, R. H., Wiens, J. A. & Parker, K. R. 1997. Effects of the *Exxon Valdez* Oil Spill on birds: comparisons of pre-and post-spill surveys in Prince William Sound, Alaska. *Condor* **99**: 299–313.
- National Research Council. 1985. Oil in the sea: inputs, fates and effects. National Academy Press, Washington, D. C.
- Naveen, R. 1990. Antarctica after the spill. *World Birdwatch* **12**(1–2): 8–9, illustr.
- Nettleship, D. N., Burger, J. & Gochfeld, M. (eds.) 1994. Seabirds on islands-threats, case studies and action plans. BirdLife International, Cambridge.
- 日本ウミスズメ類研究会 (JAS: Japan Alcids Society) 1997. ナホトカ号重油流失事故と海鳥. 日本ウミスズメ類研究会, 羽幌.
- 大畑純二 1988. 島根県沖の日本海への廃油不法投棄による海鳥への被害. *Strix* **7**: 299–300.
- 大畑純二・根本 智・村井雅之 1993. 苫小牧沖重油流出事故による海鳥類への被害. *Strix* **12**: 214–218.
- Ogi, H., Yatsu, A., Hatanaka, H. & Nitta, A. 1993. The mortality of seabirds by driftnet fisheries in the North Pacific. *Bull. North Pacific Commission* **53**: 499–518.
- 小城春雄 1998. ウミスズメ. 水産庁編. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック, 420–421 頁. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 岡 奈理子 1999. (総説) リハビリした油汚染海鳥の放鳥後の生残の検証. 山階鳥研報 **31**: 1–15.
- Oka, N. & Okuyama, M. 1998. Gas chromatographic analysis of external oil and blackish liquid contents of digestive organs of Rhinoceros Auklets (*Cerorhinca monocerata*) in the Japan Sea. *J. Yamashina Inst. Ornithol.* **30**: 109–116.
- Oka, N. & Okuyama, M. Nutritional status of dead oiled Rhinoceros Auklets (*Cerorhinca monocerata*) in the southern Japan Sea. *Mar. Pollut. Bull.* (in press).
- Page, G. W., Carter, H. R. & Ford, R. G. 1990. Numbers of seabirds killed or debilitated in the 1986 *Apex Houston* oil spill in central California. *Studies in Avian Biol.* **14**: 164–174, illustr.
- Parr, S. J., Haycock, R. J. & Smith, M. E. 1997. The impact of the *Sea Empress* oil spill on birds of the Pembrokeshire coast and islands. Pp. 217–225 in *Proceedings 1997 International Oil Spill Conference (Improving Environmental Protection, Progress, Challenges, Responsibilities)*. American Petroleum Institute, Washington, D.C.
- Parrish, J. K. & Boersma, P. D. 1995. Muddy Waters. *American Scientist* **83**: 112–115.
- Pate, L. 1981. Pipeline break. *Wyoming Wildlife* **45**: 20–23.
- Perkins, J. S. 1983. Oiled Magellanic penguins in Golfo San Jose, Argentina. *Mar. Pollut. Bull.* **14**: 383–387.
- Perry, R. 1995. The *Braer* oil spill. Pp. 874–876 in *Proceedings 1995 International Oil Spill Conference (Achieving and Maintaining Preparedness)*. American Petroleum Institute, Washington, D.C.
- Piatt, J. F., Lensink, C. J., Butler, W., Kendziorek, M. & Nysewander, D. R. 1990. Immediate impact of the 'Exxon Valdez' oil spill on marine birds. *Auk* **107**: 387–397, illustr.
- Ralph, C. J., Hunt, G. L., Raphael, M. G. & Piatt, J. F. (ed.) 1995. Ecology and conservation of the Marbled Murrelet. U. S. Forest Service, Albany, CA.
- Randall, R. & Randall, B. 1986. The Kapodistrias affair-another oiling incident affecting seabirds. *Bokmakierie* **38**: 37–40, illustr.
- Reineking, B. 1984. Zum Seevogelsterben durch Ölpest an der deutschen Nordseeküste im winter 1982/83. *Seevögel* **5**: 43–49.
- Richardson, M. G., Heubeck, M., Lea, D. & Reynolds, P. 1982. Oil pollution, seabirds, and operational consequences, around the northern isles of Scotland. *Environmental Conserv.* **9**: 315–321, illustr.
- Rodway, M. S., Carter, H. R., Sealy, S. G. & Campbell, R. W. 1992. Status of the marbled murrelet in British Columbia. *Proc. Western Foundation Vertebrate Zool.* **5**: 17–41, illustr.
- Rov, N. 1982. Oil and seabirds on the coast of Helgeland. *Var Fuglefauna* **5**: 91–95, illustr.
- 佐尾和子 1998. 重油と闘う. 重油汚染・明日のために「ナホトカ」は日本を変えられるか, pp. 23–79. 海洋工学研究所出版部編・刊, 東京.
- 佐藤仁志 1999. 1986年1月に発生した日本海における海鳥の油汚染被害について. 山階鳥研報 **31**: 134–141.

- 関野佳久 1975. 三菱石油水島精油所重油流出事件と鳥類の被害. 野鳥 40: 267-271.
- Seto, N. W. H. & Conant, S. 1996. The effect of rat (*Rattus rattus*) predation on the reproductive success of Bonin Petel (*Pterodroma hypoleuca*). Colonial Waterbirds 19: 171-185.
- Stowe, T. 1979. Oil pollution-the increasing toll. Birds (SANDY) 7: 46-47.
- Stowe, T. J. & Underwood, L. A. 1984. Oil spillages affecting seabirds in the United Kingdom, 1966-1983. Mar. Pollut. Bull. 15: 147-152.
- Symens, P. & Suhaibani, A. 1993. The impact of Gulf War oil spills on wintering seabird populations along the northern Arabian Gulf coast of Saudi Arabia, 1991. Sandgrouse 15: 37-43.
- Thomas, A. & Monnat, J. Y. 1983. Conséquences sur l'avifaune d'un incident pétrolier mineur. L'Oiseau. Rev. Fr. Ornithol. 53: 105-120.
- 鶴見みや古・岡 奈理子・小野宏治 1999. 海鳥を中心とした世界の油污染文献集 (主に 1978 年以降). 山階鳥研報 31: 142-200.
- Vauk, G., Hartwig, E., Reineking, B. & von Vauk-Hentzelt, E. 1989. Losses of seabirds by oil pollution at the German North Sea coast. Scient. Mar. 53: 749-754.
- Vauk, G., Hartwig, E., Reineking, B., Schrey, E. & von Vauk-Hentzelt, E. 1990. Langzeituntersuchung zur Auswirkung der Ölverschmutzung der deutschen Nordseeküste auf Seevögel. Seevögel 11: 17-20.
- von Vauk-Hentzelt, E. 1986. Ölpestbericht Helgoland 1985. Seevögel 7: 46-50.
- van Vliet, G. & McAllister, M. 1994. Kittlitz's murrelet: the species most impacted by direct mortality from the Exxon Valdez oil spill? Pacific Seabirds 21(2): 5-6.
- Warham, J. 1996. The behaviour, population biology and physiology of the petrels. Academic Press, London.
- Warheit, K. I., Harrison, C. S. & Divoky, G. J. (eds.) 1997. Exxon Valdez Oil Spill Seabird Restoration Workshop. Exxon Valdez Oil Spill Restoration Project Final Report. Technical Publication Number 1. Pacific Seabird Group, Seattle.
- 綿貫 豊・青塚松寿・寺沢孝毅 1986. 天売島における海鳥の繁殖状況. 鳥 34: 146-150.
- Wernham, C. & Mead, C. 1998. Cleaning not the cure. BTO News 214: 5.
- Wiens, J. A. 1996. Oil, seabirds, and science: The effects of the Exxon Valdez oil spill. Bioscience 46: 587-597.
- Wiens, J. A., Cris, T. O., Day, R. H., Murphy, S. M. & Hayward, G. D. 1996. Effects of the Exxon Valdez oil spill on marine bird communities in Prince William Sound, Alaska. Ecol. Applications 6: 828-841.
- Wilson, G. J. 1977. Oiled penguins in Antarctica. Antarctic Record (Christchurch) 2(2): 3.
- Wilson, J. R. 1990. The conservation of penguins in the Falkland Islands. Pp. 7-11 in Penguin management: proceedings of a symposium held at Cotswold Wildlife Park, Blackwell, S. Ed. Cotswold Wildlife Park Ltd. Burford, Oxford.
- Yamashina, Y. 1969. Biological aspects of oil pollution. Pp. 112-114 in Intern. Conference on Oil Pollution of the Sea, 7-9 October 1968 at Rome, (ed. Barclay-Smith, P.). London.
- 山階芳麿 1986. 世界鳥類と名辞典. 大学書林, 東京.

Appendix 1. Bird names used in the text.

付表 1. 本論で用いた鳥名一覧.

和名 Japanese name	英名 English name	学名 Scientific name
フルマカモメ	Fulmar	<i>Fulmarus glacialis</i>
コビトペンギン	Little Penguin	<i>Eudyptula minor</i>
マゼランペンギン	Magellanic Penguin	<i>Spheniscus magellanicus</i>
ケーブペンギン/(ジャッカスペンギン)	Jackass Penguin	<i>Sheniscus demersus</i>
カワウ	Common Cormorant	<i>Phalacrocorax carbo</i>
ヨーロッパヒメウ	Shag	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>
シロカツオドリ	Northern Gannet	<i>Sula bassana</i>
ホンケワタガモ	Eider/Common Eider	<i>Somateria mollissima</i>
コオリガモ	Long-tailed Duck	<i>Clangula hyemalis</i>
クロガモ	Common Scoter	<i>Melanitta nigra</i>
ホオジロガモ	Goldeneye	<i>Bucephala clangula</i>
ウミアイサ	Red-breasted Merganser	<i>Mergus serrator</i>
オオトウゾクカモメ	South Polar Skua	<i>Catharacta skua maccormicki</i>
カモメ	Common Gull	<i>Larus canus</i>
セグロカモメ	Herring Gull	<i>Larus argentatus</i>
ニシセグロカモメ	Lesser Black-backed Gull	<i>Larus fuscus</i>
オオセグロカモメ	Slaty-backed Gull	<i>Larus schistisagus</i>
オオカモメ	Great Black-backed Gull	<i>Larus marinus</i>
ユリカモメ	Black-headed Gull	<i>Larus ridibundus</i>
ミツユビカモメ	Kittiwake	<i>Rissa tridactyla</i>
ヒメウミスズメ	Little Auk	<i>Alle alle</i>
オオハシウミガラス	Razorbill	<i>Alca torda</i>
ハシブトウミガラス	Brunnich's Guillemot	<i>Uria lomvia</i>
ウミガラス	Guillemot/Common Murre	<i>Uria aalge</i>
ハジロウミバト	Black Guillemot	<i>Cephus grylle</i>
マドラウミスズメ	Marbled Murrelet	<i>Brachyramphus marmoratus</i>
コバシウミスズメ	Kittlitz's Murrelet	<i>Brachyramphus brevirostris</i>
ウミスズメ	Ancient Murrelet	<i>Synthliboramphus antiquus</i>
ウトウ	Rhinoceros Auklet	<i>Cerorhinca monocerata</i>
ニシツノメドリ	Atlantic Puffin	<i>Fratercula arctica</i>

Appendix 2. Oil spills and seabird mortality
付表 2. 主に 1960 年代から 1997 年までに世界で

年 Year	流 出 地 Spilled Site	国 名 Name of country	油の発生源* Source of oil spill*	船 舶 名 Vessel name	油の種類** Oil kind**
1997	Off Shimane-Akita	Japan	T	Nakhodka	H
1996	Pembrokeshire	UK	T	Sea Empress	C, H
1994	Dassen Is., Robben Is.	South Africa	S	Apollo Sea	H
1993	Off Tomakomai, Hokkaido	Japan	S	Nord Hope	H
1993	Shetland Isls.	UK	T	Braer	C
1991	Saudi Arabian Gulf	Saudi Arabia, Kuwait	W		C
1991	Off Vancouver Is.	Canada	S	Tenyo Maru	B, D
1982-9	Argentina coast	Argentina	C		
1989	Alaska	USA	T	Exxon Valdez	C
1989	Full Astern Reef	(Antarctica)	S	Bahia Paraiso	D, JT
1988	Gray's Harbor	USA	B	Nestluca	B
1988	Anacortes	USA	B	Barge MCN5	G
1988	Portland Harbour	Australia	S		C
1987	Falkland Is., south of South America	UK	U		
1987	Off British Columbia	Canada	T	Stuyvesant	C
1987	Off Shimane	Japan	U		
1986	South California	USA	B	Apex Houston	C
1986	Off Shimane	Japan	U		H
1985	Cape Recife	South Africa	S	Kapodistrias	H
1985	Cape St. Francis	South Africa	T		
1985	Port Angeles	USA	T	Arco Anchorage	C
1984	San Francisco Bay	USA	T	Puerto Rican	Mx
1984	Whidbey Is., Puget Sound	USA	U		B
1984	Columbia River & WA coast	USA	T	Mobiloil	Mx
1983	Kattegat	Denmark	T	Swedish tanker	
1982	German North Sea	Germany	C		
1981	Helgoland	Germany	S	Deivos	
1981	Skagerrak	Norway, Sweden, Denmark	U		
1981	Queensland coast	Australia	S	Anro Asia	
1978-79	Golfo San Jose	Argentina	U		
1978-79	Sullom Voe & Orkney	UK	O		B, C
1979	Cape Bird	(Antarctica)	U		
1979	Ventpils	Sweden	T	Russian tanker	
1979	Cape Breton	Canada	S	Kurdistan	

world-wide mainly from 1960s to 1997.

発生した海鳥の死亡を伴う油汚染事例.

流出量 (t) Spill volume(t)	汚染海鳥 個体数*** No. of birds found***	推定死亡数 Estimated no. of dead birds	参 考 文 献 Reference
> 6240(kl)	1,311		JAS(1997), Sao (1998)
C(72,000), H(360)	7,000		Parr <i>et al.</i> (1997)
2,500	4,669	10,000	Dehrmann (1994), Crawford (1995)
	306		Ohata <i>et al.</i> (1993)
84,700	1,549		Perry(1995)
840,000-1,120,000	10,243	23,644	Evans & Keijl (1993), Evans <i>et al.</i> (1993), Symens & Suhaibani (1993)
330	4,300		Burger (1993b)
chronic spill	171		Gandini <i>et al.</i> (1994)
36,400	29,000	350,000-390,000	Piatt <i>et al.</i> (1990)
9,090			Eppley & Rubega (1990), Eppley (1992), Naveen (1990)
770	12,535	56,000	Larsen & Richardson (1990), Rodway <i>et al.</i> (1992)
240			Burger (1993a)
180	28		McOrist & Lenghaus (1992)
chronic spill			Wilson (1990)
2,000			Burger (1993)
	2		Ohata(1988)
87	4,198	10,577	Page <i>et al.</i> (1990), Carter & Erickson (1992)
	1,761		Oka & Okuyama (1998), Satoh(1999)
410	1,619		Kerley (1986), Randall & Randall (1986), Adams (1994)
910	74		Kerley (1986)
800	1,917	4,000	Burger (1993a)
4,900	1,300	4,815	Carter & Erickson (1992), Burger (1993a)
17	>406	>1,500	Burger (1993a)
660	450		Burger (1993a)
500		50,000	Clausager (1983)
chronic spill	13,602		Reineking (1984)
1,000	>3,000	14,000	Rov (1982)
chronic spill	30,000	50,000	Anker-Nilssen & Rostad (1981)
			Dow (1983)
	63		Perkins (1983)
chronic spill	7,735		Ewins & Tasker (1985)
	20		Wilson (1977)
5,500	3,053		Broman & Hjernquist (1982)
7,900	1,697		National Research Council (1985)

Appendix 2.

付表 2.

年 Year	流 出 地 Spilled Site	国 名 Name of country	油の発生源* Source of oil spill*	船 舶 名 Vessel name	油の種類** Oil kind**
1979	East Finmark	Norway	U		L
1978	South & West Wales	UK	T		C
1978	Brittany	France	T	Amoco Cadiz	
1978	Sullom Voc, Shetland	UK	T	Esso Bernicia	H
1978	Cape coast	South Africa	S	Pantelis a Lemos	B, D
1978	Vancouver	Canada			V
1978	Firth of Forth	UK	F		H, Md
1976	Delaware River	USA	S	Olympic Games	
1976	Chesapeake Bay	USA	B	Barge STC-101	
1975	Dover Spit	UK	S	Olympic Alliance	
1974	Struisbaai	South Africa	S	Oriental Pioneer	
1974	Kurashiki	Japan	F		H
1974	Magellan Strait	Argentina	S	Metula	
1972	Dassen Is.	South Africa			
1972	Ystervark Point	South Africa	S	Oswego Guardian, Texanita	
1971	Cape Agulhas	South Africa	S	Wafra	
1971	Niigata	Japan	U		
1971	Padilla Bay	USA	B	Barge U17	
1971	San Francisco	USA	S	(Collision)	B
1970	Cape Breton	Canada	S	Arrow	
1970	SE Newfoundland	Canada	S	Irving Whale	
1970	Robben Island	South Africa	S	Kazimah	
1970	Simonstown	South Africa			
1969	Cape point	South Africa	T		
1969	Irish Sea	UK	T	Hamilton Trader	H
1968	Cape Peninsula	South Africa	S	Esso Essen	
1967	English Channel	UK, France	T	Torrey Canyon	
1956	Olympic Peninsula	USA	S	Seagatate	
1952	Monomoy	USA	S	Fort Mercer and Pendlet	
1937	San Francisco	USA	T	Frank Buck	C

* Source of oil spill: B: barge, C: chronic oil, F: factory, O: oil terminal, S: other ships, T: tanker, U: unidentified,

** Oil kind: B: bunker fuel oil, C: crude oil, D: diesel oil, G: gas oil, H: heavy fuel oil, JT: jet fuel, L: light oil,

*** Carcasses or emaciated birds on beach and/or on the sea.

*** 海岸,あるいは海上でのカウントによる死体及び汚染衰弱鳥数.

(Continued)
(つづく)

流出量 (t) Spill volume(t)	汚染海鳥 個体数*** No. of birds found***	推定死亡数 Estimated no. of dead birds	参 考 文 献 Reference
chronic spill	5,000	10,000-20,000	Barrett (1979)
2,420	2,541		Stowe (1979)
200,000	4,572	20,000	Hope Jones <i>et al.</i> (1978), National Research Council (1985)
1,174	3,704	Similar to no. of birds found	Richardson <i>et al.</i> (1982), Ewins & Tasker (1985)
B800/D150	100		Cooper (1978)
1.4-14	500		McKelvey <i>et al.</i> (1980)
250 gallon	740		Campbell <i>et al.</i> (1978)
450			Burger (1993a)
833		20,000-50,000	Burger (1993a)
2,000	> 199		Burger (1993a)
200	thousands		Frost <i>et al.</i> (1976)
10,000	173		Sekino (1975)
50,000	3,000		Burger (1993)
	> 2,100		Frost <i>et al.</i> (1976)
10,000	> 400		Frost <i>et al.</i> (1976)
25,000	> 1,216		Frost <i>et al.</i> (1976), Naveen (1990)
	73	14,000	Kazama (1971)
767	> 374		Burger (1993a)
2,700	7,380	20,000	National Research Council (1985)
10,000	567	7,000	National Research Council (1985)
< 30	625	5,000	National Research Council (1985)
200	> 599		Frost <i>et al.</i> (1976)
	51		Frost <i>et al.</i> (1976)
	52		Frost <i>et al.</i> (1976)
700	4,407	5,900-10,600	National Research Council (1985)
1,500	1,700	14,000-19,000	Frost <i>et al.</i> (1976)
119,328	7,815	30,000	National Research Council (1985)
		> 3,000	Burger (1993a)
22,400		> 3,500	Burger (1993a)
11,800		10,000	Carter & Erickson (1992)

W: war, Blank: unknown or data unavailable.

Md: medium fuel oil, Mx: mixed oil, V: vegetable oil, Blank: unknown or data unavailable.