



**ANTARCTIC
OCEAN
ALLIANCE** 
PROTECTING THE WILD SOUTH

南極海の遺産
南極大陸東岸海域の
保護のために



要旨

私たち AOA (Antarctic Ocean Alliance、南極海連盟) は 2011 年 10 月、南極大陸を取り巻く南極海に 19 の海域から成る海洋保護区 (MPA)・禁漁区ネットワークを設立することを提言しました¹。本書は「南極海の遺産：南極大陸東岸海域の保護のために」と題し、AOA が重要海域の 1 つと特定している東南極における海洋保護の展望についてまとめたものです。

現在、世界中の海洋でも人為的干渉から保護されている海域はわずか 1% 程度ですが、海洋保護に関する国際協定などを見るとこの数は大幅に増加する必要があると示唆されています^{2,3,4}。

南極の海洋生物資源の保存に関する委員会 (Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, CCAMLR) は南極海の海洋生物資源 (鯨類と鰭脚類 (アザラン類) は別枠のため除く) を管理する国際組織で、2012 年を南極海洋保護区ネットワーク構築への着手の年と位置づけてきました。

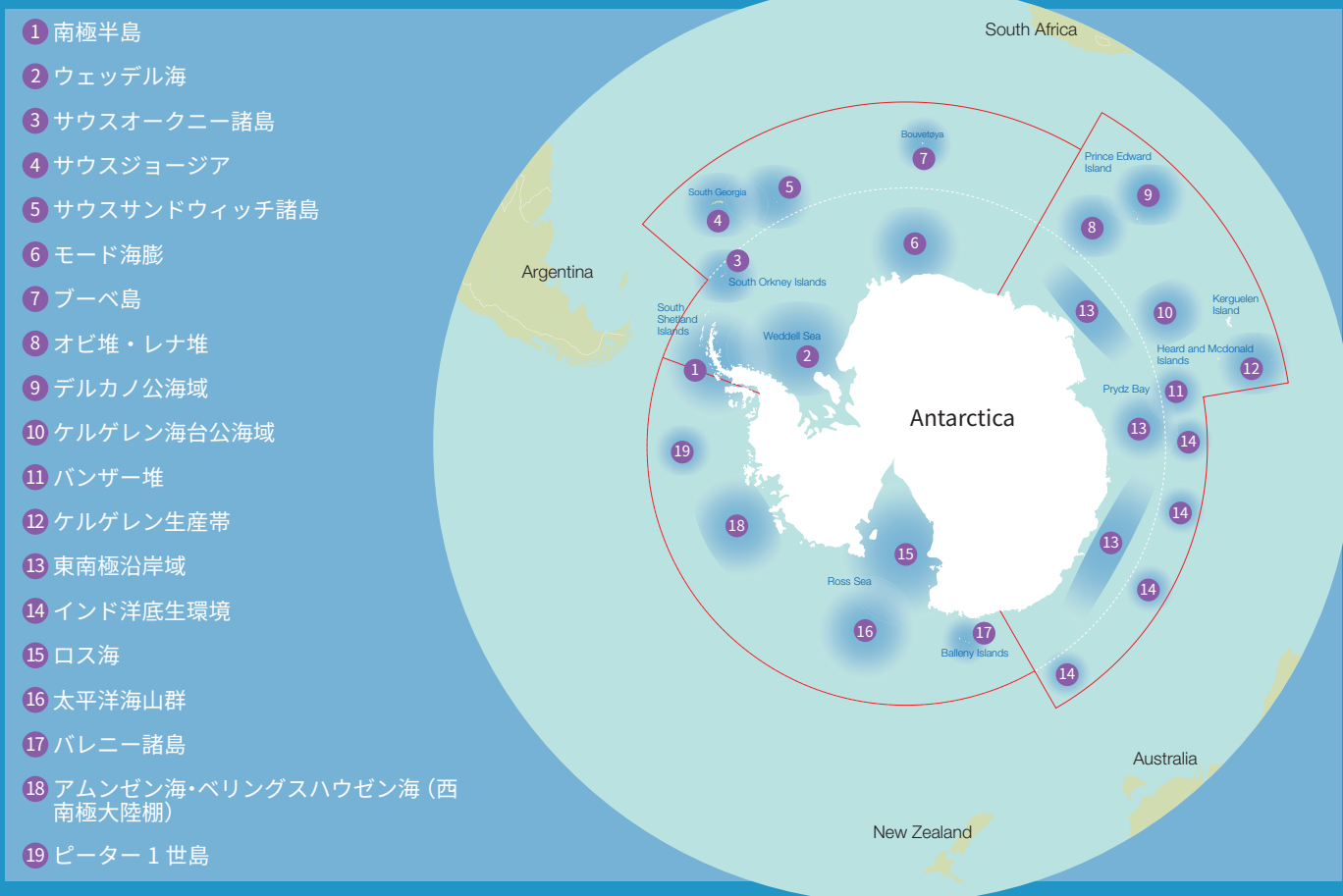
保護されるべき重要海域として AOA が注目する 1 つが南極大陸東岸海域です。人里離れたこの海域では調査が非常に遅れているものの、南極海の中でもペンギンやアザラシ、クジラなどが数多く生息しています。また、その巨大な海底地形や海洋特性は、地球上でも東南極でしか見られないものです。

AOA は、南極東岸海域での海洋保護区・禁漁区指定を支援するため本書を作成しました。AOA による「南極海の遺産」提言書シリーズ第 3 弾です^{5,6}。

本書では東南極の地形、海洋、そして生態環境について解説しています。AOA はこの海域の調査を行ってきた研究者や各国政府の努力を認め、オーストラリア、フランスおよび欧州連合 (EU) より提出された東南極地域の海洋保護案を歓迎かつ支援しますが、その提案の持つ保護価値が将来にわたり損なわれないよう、絶え間ない警戒と保護区面積拡大が必須です。

AOA は、オーストラリア、フランス、EU が提案する 7 つの海洋保護区に加え、さらに 4 つの海域を今後数年間で保護区指定するよう提言します。この追加海域はオーストラリア、フランス、EU が提案する海域と併せて、総面積約 255 万平方キロもの海洋保護区・禁漁区ネットワークを実現するものです。

AOA が提言する南極海の代表的な海洋保護区・禁漁区ネットワーク図





人里離れたこの海域では南極海の中でも
ペンギンやアザラシ、クジラなどが
数多く生息しており、
その巨大な海底地形や海洋特性は、
地球上でも東南極でしか見られないものです。

Image by John B. Weller.



南極大陸東岸は「データ不足」な海域であるため、AOAの提言は予防的手法の適用に基づいたものです。CCAMLRによる権限の中核をなす概念と同じ考え方です。

提言では次のような内容について解説しています。

1. 大規模な保護を確立するための生物種、生息地および生態系レベルでの生物学的特性の代表的標本。
2. クジラ、アザラシ、ペンギン、および他の海鳥の広大な採餌海域を包含する十分な大きさの保護区。
3. 東南極に多数存在し、多くの動物種の食糧源となるポリニア（開氷域）の保護。
4. 独特な地形特性であるガナラス海嶺やブルース海膨、プリッツ湾沖のトラフ端扇状地、様々な海山、そして大陸棚、大陸斜面、深海エコリージョン（生態域）の代表的地域などの保護。
5. 多数の海鳥や海獣が生息し、オキアミやメロの幼生の成育の場である可能性も高いプリッツ湾の完全な保護。
6. 気候変動の基準地として有用と考えられる、科学的重要性の高い海域の保護。

現在、世界中の海洋でも人為的干渉から保護されている海域はわずか1%程度ですが、海洋保護に関する国際協定などを見るとこの数は大幅に増加される必要があると示唆されています。

南極大陸東岸海域に大規模な海洋保護区・禁漁区ネットワークを構築することは、南極海の保護にとって重要な、希望を与える一歩となるでしょう。CCAMLR加盟諸国は、これまでの保護区をはるかにしのぐスケールで海洋保護区・禁漁区ネットワークを設立するという、これまでにない大きなチャンスを迎えています。そのような大規模な保護区ネットワークが整備されれば、南極海の重要な生物生息地や野生生物は東南極沿岸特有のものを含め、人間活動による影響を免れるでしょう。

未来を見据えた政治指導力により、CCAMLRはこのチャンスをつかみ、地球環境を末永く維持するために欠かせない、世界の海洋をも左右する海域を保護すべく有意義な手段を取ることができると、AOAは考えます。

AOAとは？

AOA (Antarctic Ocean Alliance、南極海連盟) は世界中で活躍する環境保護団体と慈善家から成る連合組織です。会員組織には南極南大洋連合 (Antarctic and Southern Ocean Coalition, ASOC)、ブルーマリーン財団 (英国)、ディーブウェーブ (ドイツ)、ECO (ニュージーランド)、フォレスト&バード (ニュージーランド)、グリーンバージョン・ハブ (中国)、グリーンピース、国際人道協会 (Human Society International)、国際動物福祉基金 (International Fund for Animal Welfare, IFAW)、海洋の現状に関する国際プログラム (International Programme on the State of the Ocean, IPSO)、韓国環境運動連合 (Korea Federation for Environmental Movement, KFEM)、ラスト・オーシャン、ミッション・ブルー (米国)、オーシャンズ5 (米国)、クジラ・イルカ保護協会 (Whale and Dolphin Conservation Society, WDCS)、WWFなど、また協賛団体にはオセアナ、国際極地財団 (International Polar Foundation)、自然資源防衛協議会 (Natural Resources Defense Council, NRDC)、その他多数の国際組織があります。

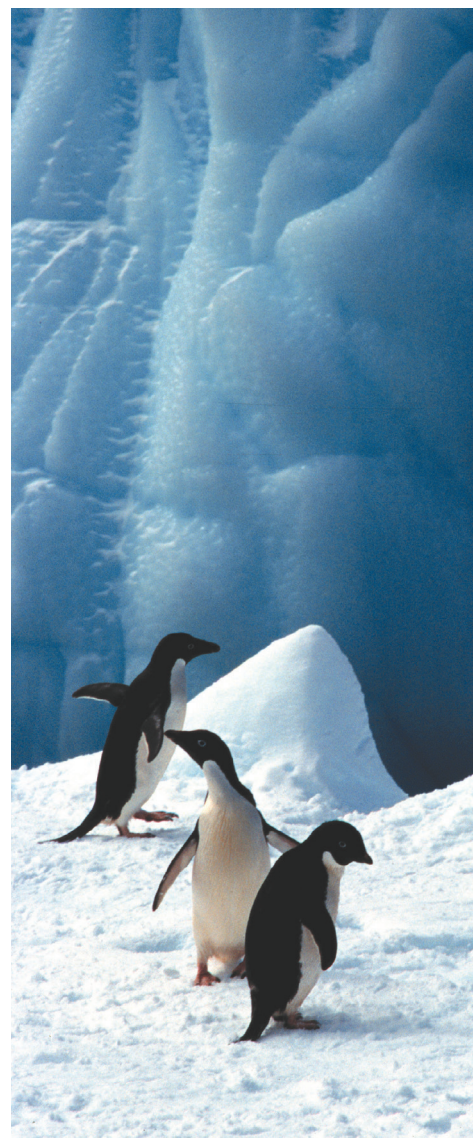




目次

Image © Greenpeace / Jiri Rezac.

はじめに	5
南極大陸東岸海域の定義	7
南極大陸東岸海域の鳥類および哺乳類	8
ドロンニング・モード（西インド洋）海域	10
中央インド洋海域	12
– 西ケルゲレン小海域	12
– プリッツ湾小海域	12
– 東ケルゲレン小海域	15
– ウィルクス小海域	15
オーツ（東インド洋）海域	16
脅威となるもの	18
CCAMLR がもたらすチャンス	21
海洋保護への提言	22
謝辞	24
参考・引用文献	25



氷上のアデリーペンギン
Image © Greenpeace / Roger Grace.



はじめに

Image © Greenpeace / Jiri Rezac.

南極大陸東岸海域

南極大陸東岸海域は壮大な構造物とプロセスにより形作られた生態系を成す海域です。東南極氷床は南極大陸から南極海へと流れ込み、氷で覆われた地表が突如として海洋環境に道を明け渡します。ブリッツ湾環流のような沿岸海流は、南極大陸の周囲を時計回りに流れる南極環流の広大な環流前線と交わります。海岸沿いには海氷にぽっかりと穴が開き海水面があらわになった、沿岸ポリニアがあちこちで見られます。そして沖合に位置するコスモノート・ポリニアは、南極海に現在2つしかない大型外洋ポリニアの1つです。

南極東岸では数千年もの間、氷河水流が大陸棚と大陸斜面に至るところで割り、深い峡谷を形成してきました。この沿岸域東部では海底からガナラス海嶺が隆起し、その北端には海山がそびえています。東南極沿岸中央部では、ブルース海膨が南極海でたった2つしかない縁辺台地を形成しています。そしてブリッツ湾の大陸棚沖では壮大なトラフ端扇状地とそれに連なる無数の峡谷が、独特の生物生息地を形成しています。

東南極の海岸沿いには数百万というアザラシや海鳥が暮らし、主にナンキョクオキアミやコオリオキアミ、コオリイワシなどを捕食しています。東南極にはアデリーペンギンとコウテイペンギンのコロニーが多数存在しますが、特にコウテイペンギンは近年、生息数の減少が著しい種です⁷。ヒョウアザラシやカニクイアザラシは、海岸近くの流氷上で出産します。他の種の高鳥やアザラシ、クジラも採餌のためこの海域を訪れ、とくにブリッツ湾はにぎわいます。ブリッツ湾はオキアミと、南極海における魚類の頂点捕食者であるライギョダマシ（メロの一種）にとっても、幼生の成育の場となっているのです^{8,9}。

南極東岸海域の海洋および海底特性は他に類を見ないものであり、海鳥やアザラシ、その他の動物たちにとっての生物学的価値とともに、この海域を最も重要な保護対象たらしめるものです。



カニクイアザラシ Image by Cassandra Brooks.

東南極の面積は膨大であり、中には調査の進んだ海域や特性もありますが、多くは謎に包まれています。その海洋学的性状と海底環境との動態について解明し、そこに生息する生物種を特定しようと、研究者は日々、努力を重ねています。総体的に情報不足であるため、南極東岸海域は研究者や管理者から「データ不足」海域と見なされています。それでもなお、この海域の海洋および海底特性は他に類を見ないものであり、海鳥やアザラシ、その他の動物たちにとっての生物学的価値とともに、この海域を最も重要な保護対象たらしめるものです。

海洋保護区候補地

南極東岸海域の海洋生物は南極の海洋生物資源の保存に関する委員会 (CCAMLR) により管理されています¹⁰。この CCAMLR と、その設立をもたらした条約は、南極条約体制における海洋優先の主要構成要素を成すものです。CCAMLR は海洋生物資源の保護を目的とした組織です。複数の海域を海洋保護区・禁漁区に指定することは、CCAMLR による一連の管理施策の柱です¹¹。東南極のように広大な海域では複数の海洋保護区・禁漁区を一括して整備することが妥当であり、より大規模な南極海全体にまたがる保護区ネットワークの一環として管理されるべきです。

本書では「海洋保護区」とは、定められた保護、生息地保全もしくは漁業管理などの目的を達成するために特定の活動が制限もしくは禁止された海域を表します。また禁漁区とは、漁業をはじめとするあらゆる資源採取行為が禁じられた、高度に保護された海域を意味します。禁漁区は海洋生態系のすべての要素に対し最大の保護を提供するものなのです。

海洋保護区・禁漁区がその効果を発揮するためには、重要な生態系プロセスとそこに棲む生物種のライフサイクル全体を包含し、保護できるよう、十分に大きな面積を持つものでなければなりません¹²。種々の海洋プロセスを時間的・空間的に結びつける広大な海洋保護区・禁漁区群を東南極に設立することは、南極東岸海域の復元力を末永く維持するための最善かつ最強の施策なのです。コスモノート・ポリニアやブルース海膨のような、海底や遠洋の独特な構造物はもちろん、海鳥や海獣の採餌場として知られる海域を保護の対象とすべきです。また、気候変動に関する長期研究において変動の基準地として役立つ海域を保護することも必要です。

東南極の中には
調査の進んだ海域や
特性もありますが、
多くは謎に包まれています。

南極大陸東岸はデータ不足海域ですから、保護区指定に際し適切な方法は、CCAMLR が予防的手法を適用することです。知名度の低い海域でも生態学的な重要度は同程度か、より高い場合もあり、そうした海域も保護区ネットワークに加える必要があります。生物学的データの乏しい海域では、海底や遠洋の生息地を生物多様性の指標として用いることができます¹³。海洋保護区・禁漁区ネットワークに似通った構造物や生息地が複数含まれれば、この海域の生物多様性の保護を確実にすることにつながるのです。



南極にて、定着氷上のペンギン
Image by John B. Weller.



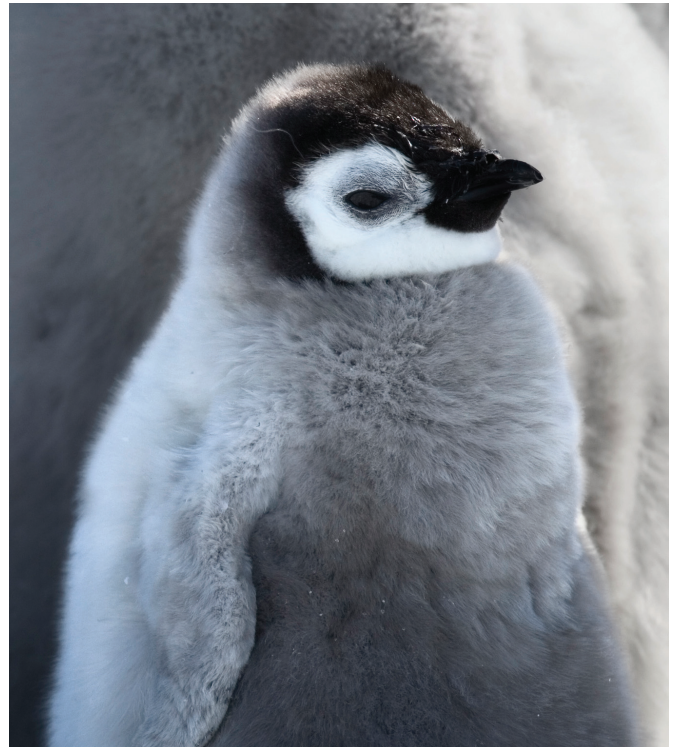
南極大陸東岸海域の定義

Image © Greenpeace / Jorge Gutman.

南極東岸海域は、東南極氷床沿岸のエンダービーランドからアデリーランドに及ぶ海域—東経 30°～ 150°と、海岸から南緯 60°まで—であり、CCAMLR が 2011 年に採択した東南極計画領域内に位置しています。西側の境界線はウェッデル環流東端に達し、東はロス海計画領域の西端へと南インド洋の大半を包含します。南極東岸海域はウェッデル環流およびロス海環流に加え、変化に富む風と海水の影響が相まって生じる生態学的障壁により、南インド洋西部、中部および東部に区分することができます^{14,15}。

本書では、これらをさらにドロンニング・モード（西インド洋、東経 0°～ 55°）、中央インド洋（東経 55°～ 137°）およびオーツ（東インド洋、東経 137°～ 170°）の 3 海域に区分しています。西から東へと見ていくと、中央インド洋海域はさらに西ケルゲレン（東経 55°～ 68°）、ブリッツ湾（東経 68°～ 82°）、東ケルゲレン（東経 82°～ 110°）、ウィルクス（東経 110°～ 137°）の 4 つの小海域に分けられます¹⁶。なお、本書で論じる南極東岸海域にはバンザー堆、ケルゲレン海台と、関連する島々は含まれていません。

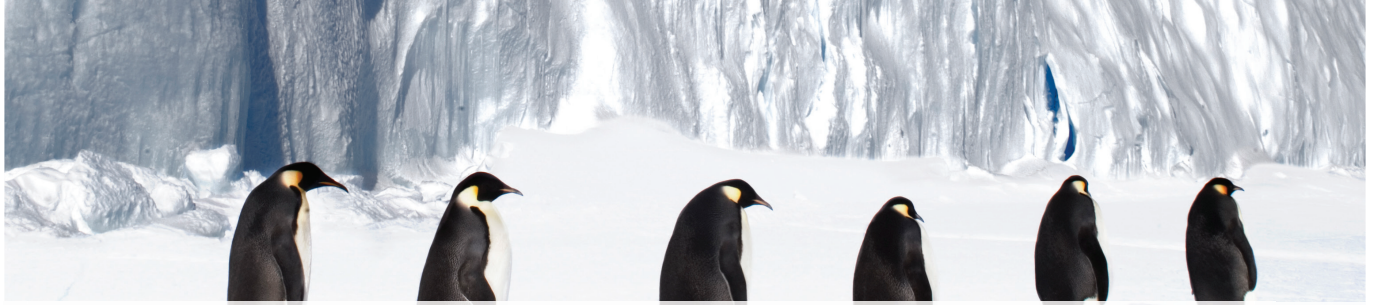
南極東岸海域でも重視すべき特性としては、気候変動の重要な基準地となる、特にオーツ海域内の区域、さらにアデリーペンギンとコウテイペンギンの大規模コロニーなどが挙げられます。



コウテイペンギンのヒナ Image by John B. Weller.

南極東岸海域の重視すべき特性：

- 気候変動の重要な基準地となる、特にオーツ海域内の区域
- アデリーペンギンとコウテイペンギンの大規模なコロニー
- 他の多数の海鳥やアザラシ類、クジラ類の繁殖地および採餌場
- オキアミ、メロ、その他の魚類の幼生の成育地
- 南極海最大のトラフ端扇状地の 1 つで、独特な底生特性
- 南極海に 2 つしかない縁辺台地の 1 つであるブルース海膨
- 南極海に 2 つしかない大型外洋ポリニアの 1 つであるコスモノート・ポリニア



南極大陸東岸海域の鳥類および哺乳類

Image by John B. Weller.

氷に覆われた南極東岸海域は人間にとっては足を踏み入れるのも難しい場所ばかりですが、そこにはおびただしい数の海獣や海鳥が生息しており、アザラシやクジラ、ペンギン、アホウドリなどが繁殖や採餌をしています。クジラ類もシロナガスクジラやナガスクジラ、ザトウクジラ、ミンククジラなど、複数の種がこの東南極で目撃されており¹⁷、中でも数が多いのはミンククジラとザトウクジラです¹⁸。

アザラシではカニクイ、ウェッデル、ロス、そしてヒョウアザラシの4種がこの海域で繁殖しています。カニクイアザラシは格段に多く、推定約100万頭がここで繁殖すると言われます¹⁹。ロスアザラシは環境保護に関する南極条約議定書により「特別保護種」に指定されていますが、東南極沿岸に広く分布しており、その生息数は41,300～55,900頭程度²⁰と推定され、全生息数の42%に上ると見られます²¹。ヒョウアザラシは、少なくとも7,300～12,000頭がこの海域で暮らしています²²。ウェッデルアザラシは東南極大陸棚の定着氷上で繁殖する唯一のアザラシですが、繁殖期を終えると流氷上へと移動する個体が多く、正確な生息数はまだわかっていません。この他にもゾウアザラシが採餌を目的に、亜南極圏の島々から東南極の豊富な資源を求めてやって来ます²³。



ロスアザラシ Image by Elliott Neep.

コウテイペンギンとアデリーペンギンも東南極全体で多数繁殖しており、コウテイペンギンは約5万つがい²⁴、アデリーペンギンは約75万つがい、25を超すコロニーで²⁵繁殖すると推定されています。全生息数のそれぞれ17%と27%ほどに相当する数です。コウテイペンギンもアデリーペンギンも採餌のための移動距離が長く、コウテイペンギンはコロニーから最大900キロ、アデリーペンギンでも480キロ以上もの旅をすることがあります^{26,27}。

ロスアザラシは環境保護に関する南極条約議定書により「特別保護種」に指定されていますが、東南極沿岸に広く分布しており、その生息数は41,300～55,900頭程度と推定され、全生息数の42%に上ると見られます。

南極東岸海域では他の海鳥も多数生息しています。ユキドリは、アデリーペンギンやコウテイペンギンと同様に南極大陸で繁殖する種で、東南極にはコロニーが50か所ほどあります²⁸。プリッツ湾だけで実に100万つがいを超すユキドリが暮らしています²⁹。プリッツ湾海域では他にもミナミオオフルマカモメやギンフルマカモメ、マダラフルマカモメ、ナンキョクフルマカモメ、アシナガウミツバメ、オトウゾクカモメなどが繁殖しています³⁰。周辺の海域ではさらに驚くほど多様な海鳥が見られ、チャイロオトウゾクカモメ、ナンキョクアジサシ、キョクアジサシ、ワタリアホウドリ、マユグロアホウドリ、ハイガシラアホウドリ、ハイロアホウドリ、キタオオフルマカモメ、メグロシロハラミズナギドリ、マダラシロハラミズナギドリ、ケルゲレンミズナギドリ、アオミズナギドリ、種々のクジラドリ類、ノドジロクロミズナギドリ、暗色型のミズナギドリ、クロハラウミツバメなどが採餌しています³¹。

コウテイペンギンと
アデリーペンギンも
東南極全体で多数
繁殖しており、コウテイ
ペンギンは約5万つがい、
アデリーペンギンは
約75万つがい、
25を超すコロニーで
繁殖すると
推定されています。



南極海のザトウクジラ Image © Greenpeace / Jiri Rezac.

南極海でマゼランアイナメ漁が始まって間もない頃は、はえなわ漁船では合法・違法を問わず、ノドジロクロミズナギドリが大量に混獲されていました。CCAMLR管理海域では様々な対策が取られ、合法的に操業する漁船では今や混獲はほとんど発生しなくなりましたが、違法・無報告・無規制（IUU）漁業は依然として問題となっています。ノドジロクロミズナギドリはIUCNレッドリストに危急種として掲載されたままです³²。これはエンダービーランドからクイーンメアリーランドに至るまで、東南極の広大な海域で採餌するミズナギドリで、南緯50°を超えたあたりでも見られます。他にワタリアホウドリとマユグロアホウドリも、IUCNレッドリストで危急種、絶滅危惧種とされています³³。いずれも、CCAMLR管理海域外では漁船により混獲され、死亡する可能性が現在もなお高い海鳥たちです。

このように、東南極の鳥類と哺乳類については未だ解明されていないことばかりです。ペンギンコロニーの場合は東南極全体で、その位置と規模が比較的良好に知られていますが、過小評価されているおそれがあります³⁴。その他の海鳥やアザラシ類、クジラ類については調査があまり進んでおらず、生息数の推定もかなり不確かな状態です。



ユキドリと冰山 Image by John B. Weller.

ドロンニング・モード（西インド洋）海域

Image © Greenpeace / Jiri Rezac.

ドロンニング・モード（西インド洋）海域はドロンニングモードランド東部およびエンダービーランド西部沿いの海域であり、東南極計画領域を東経 30°～55°まで横断する部分です。東経 30°～40°ではウェッデル環流が冷たく、塩分濃度の低い水をもたらし、海流の循環に影響を及ぼしています³⁵。そして西インド洋海域を特徴づけるものは、独特な大陸縁辺海嶺であるガナラス海嶺、それにコスモノート・ポリニアの2点です。

ガナラス海嶺は南極東岸海域の東部にそびえる顕著な辺縁隆起です。大陸斜面から深さ約 1,200 メートルまで隆起して、循環を妨げる程度の浅さに達しており³⁶、湧昇を起こすことでこの海域の基礎生産量を増大させています³⁷。南極東岸海域でも 2 つしかなく、そのうちでもはるかに規模が大きいという、他に類を見ない海嶺です。そのすぐ北には大きな海山が位置しています。

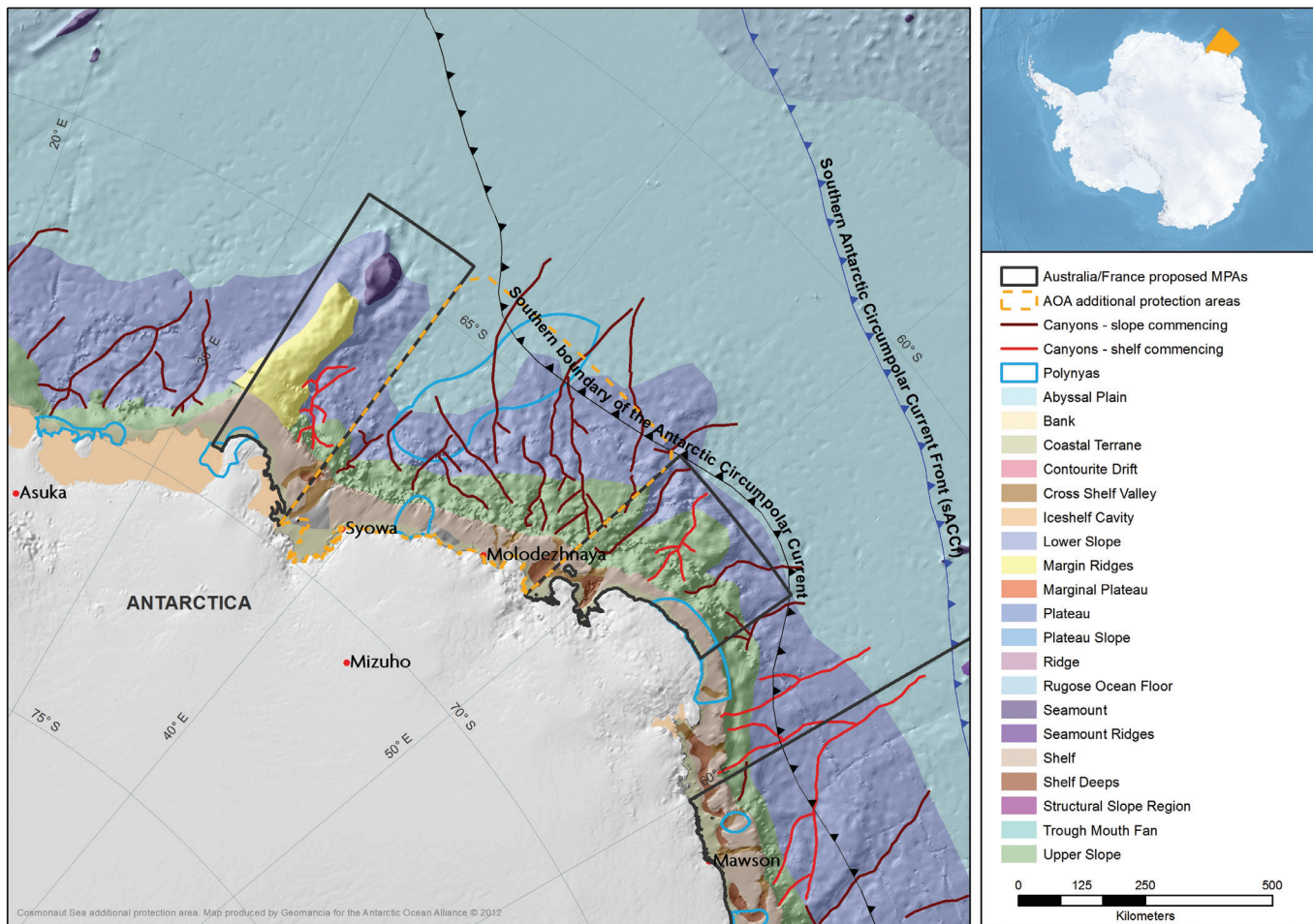
ガナラス海嶺と隣接する海山について詳しいことはわかっていませんが、基本的には何百万年もかけて徐々に発達してきた、孤高の生物生息地と言えます³⁸。世界中のどの海洋を見ても、海山では多様な、かつ独特な種の集まりが暮らしています^{39,40,41}。深層域に起こる浅い湧昇と同様に、海山とは数百、数千キロも離れた場所にいた生物種が一時的に足を止め、あるいは関連を持つ場として機能するものなのです^{42,43}。また、周囲の環境へと生物を供給する源となる個体群がある場合もあります⁴⁴。海山では一般に、周囲の海域に比べて生物体量がとても大きくなっています⁴⁵。南極海では海山の数が少なく、あちこちに散在しているため、個々の海山がそれぞれ独自の科学的価値を持つと考えられます⁴⁶。

ガナラス海嶺の東側、エンダービーランドに隣接した沿岸海域の海底部分では、ガナラス海域と同じ特徴を備えつつ、特有な海底生息地として様々な峡谷を持つ壮大な大陸斜面なども見られます。また、エンダービーランド沖の海域には独特な軟体動物個体群が生息すると言われ、軟体動物種の多様性の「ホットスポット」と位置づけられています⁴⁷。



南極東岸海域の流氷 Image by John B. Weller.

ガナラス海嶺と隣接する海山について詳しいことはわかっていませんが、基本的には何百万年もかけて徐々に発達してきた、孤高の生物生息地と言えます。



コスモノート海内にはエンダービーランド沖のアン岬近く、南緯 65°、東経 45°付近にコスモノート・ポリニアがあります。南極海では現在 2 つしか見られない、定常的に発生する外洋ポリニアのひとつです。南極海で最も継続的に見られるポリニアのひとつで、深さ 3,000 ~ 4,000 メートルに達するこのポリニアは、研究者が 1972 年に人工衛星データの収集を開始して以来、毎年観測されています⁴⁸。明確なポリニアというより三方を囲まれた湾の形で形成される⁴⁹ 場合がある一方、東コスモノート・ポリニアと西コスモノート・ポリニアの 2 つが形成される年もあり、この 2 つはしばしば冬季に融合します⁵⁰。これらのポリニアが数年にわたり、東方へと伸びる連鎖状のポリニアと結合し、東経 90°にまで達します⁵¹。ポリニアは冬の間ずっと開口と閉鎖を繰り返し、時には 137,700 平方キロにまで成長し、数日間から数週間も持続することもあります^{52,53}。外洋ポリニアは沿岸ポリニアと同様、非常に生産性の高い場所です。コスモノート・ポリニアに連動して起こる湧昇は、オキアミの群集の発生と相関があることがわかっています⁵⁴。



ナンキョクオキアミ

Image by Stephen W. Brookes, Australian Antarctic Division.

この海域の生態はあまりよくわかっていません。コウテイペンギンのコロニーが 2 ~ 3 か所あることと、他にもアデリーペンギンやナンキョクフルマカモメ、ユキドリ、アシナガウミツバメ、ハイイロアホウドリ、クジラドリ、オオフルマカモメ、キョクアジサシなど、様々な海鳥が見られることが知られています⁵⁵。上層水では、南極半島沖のものよりは小規模ですが、オキアミが高い密度で生息していると考えられます⁵⁶。少数ですが音声データ収集も行われ、ナガスクジラやイワシクジラ、ザトウクジラの存在も確認されています⁵⁷。



中央インド洋海域

Image © Greenpeace / Jiri Rezac.

中央インド洋海域は南極東岸海域の大半を占め、多様な生息地と地形特性を含んでいます。マックロバートソンランドからウィルクスランドまで広がる（東経約 55°～137°）この海域は、変化に富む海底生息環境を持ち、海鳥や海獣にとって豊富な餌場となっています。海底構造物に従い、西ケルゲレン、ブリッツ湾、東ケルゲレン、ウィルクスと大まかに4つの小海域に分けられます⁵⁸。

西ケルゲレン小海域

西ケルゲレン小海域はマックロバートソンランドの沖合、東経 55°～68°の部分に位置しています。幅の狭い大陸棚上に沿岸ポリニアが発現し、この海域の生産性を推進します。海中深くでは大陸棚と大陸斜面に峡谷が刻まれ、そのさらに沖合では深海平原から海山がそびえています。

ここは海獣と海鳥にとって重要な海域です。コウテイペンギンとアデリーペンギンのコロニーは複数確認されています。アデリーペンギンの生息数は特に多く、10万羽ほどが3つのコロニーに暮らしています⁵⁹。この3つのうちの1つはCCAMLR生態系モニタリングプログラム（CEMP）による長期モニタリングの対象であり、マックロバートソンランドでは2か所ある現行のCEMPモニタリング地の1つです⁶⁰。また、最近の海上調査により、この海域にはナンキョクフルマカモメやクジラドリ、アオミズナギドリ、ノドジロクロミズナギドリ、ケルゲレンミズナギドリ、ハイイロアホウドリなどが多数存在すると確認されています⁶¹。

西ケルゲレンは海獣と海鳥にとって重要な海域です。

アデリーペンギンの生息数は特に多く、10万羽ほどが3つのコロニーに暮らしています。

ブリッツ湾小海域

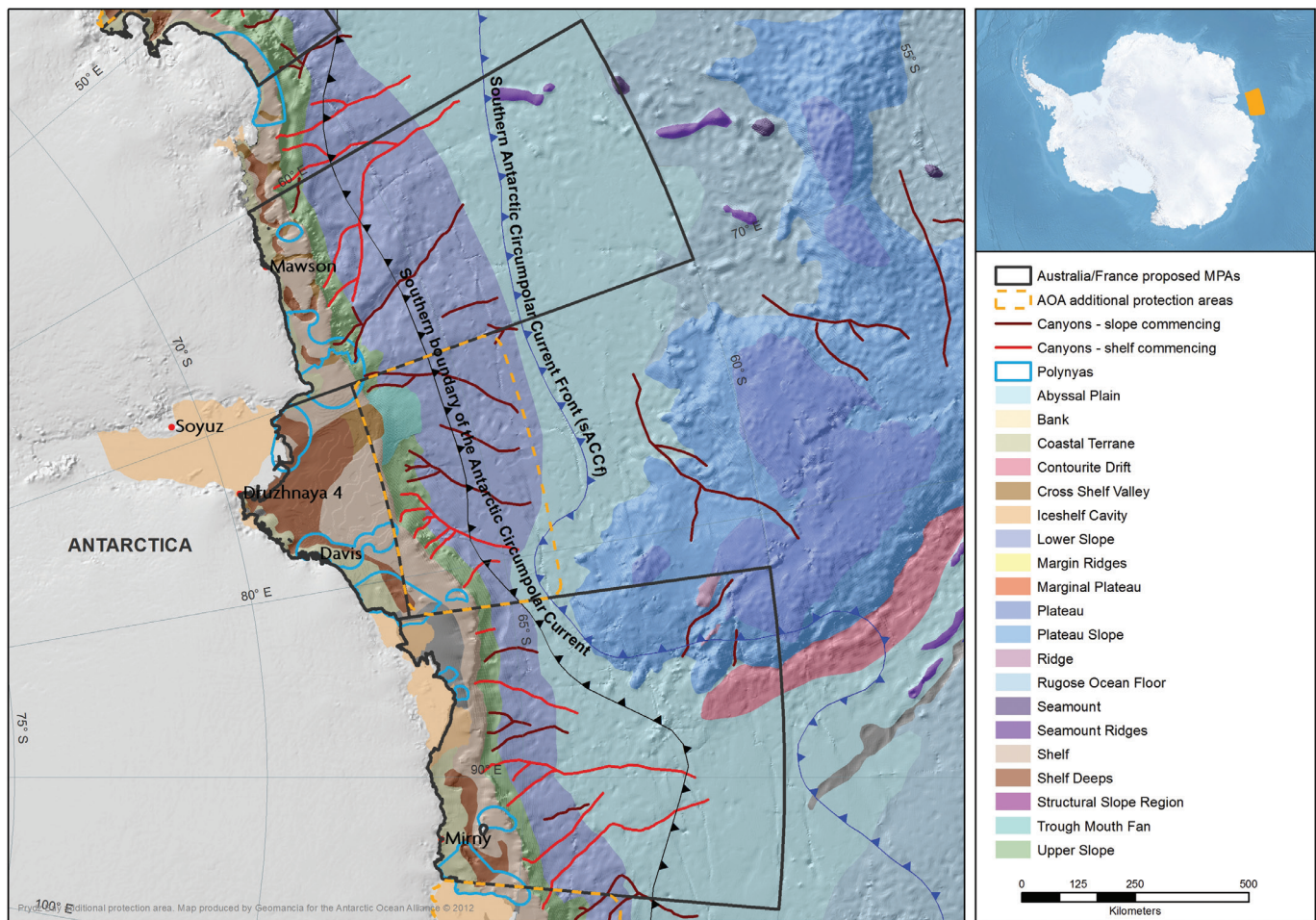
ブリッツ湾はコーオペレーション海（the Cooperation Sea）内、東経約 68°～82°に位置する、東南極沿岸でも並外れた海洋生物ホットスポットです。湾内には南極東岸海域最大の、高い基礎生産性を誇る海域があります⁶²。ブリッツ湾には沿岸ポリニアも複数あり、その1つに南極海で最も生産性の高いポリニア⁶³があるほか、湾の北部にはブリッツ環流が流れています。



ゾウアザラシ Image © Greenpeace / Robin Culley.

ブリッツ湾頭ではアメリー棚氷とランバート氷河が東南極最大の氷河系を形成しており、東南極氷床の16%ほどを流れています。これにより氷河下堆積物が大量に放出され、ブリッツ湾大陸斜面に沿って流れ出し巨大なトラフ端扇状地を形成し、その幅は150キロ、長さ90キロと言われます。このトラフ端扇状地は珍しい地形であり、南極海でも最大級のものであり⁶⁴。大きなトラフと隣接する峡谷は海流を変化させ、冷たい、栄養分に富む海水を海表面へと湧昇させると考えられます^{65,66}。こうして混合されることで、海域内の基礎生産性が向上し、海鳥や海獣に豊富な餌場を提供することにつながります⁶⁷。

ブリッツ湾



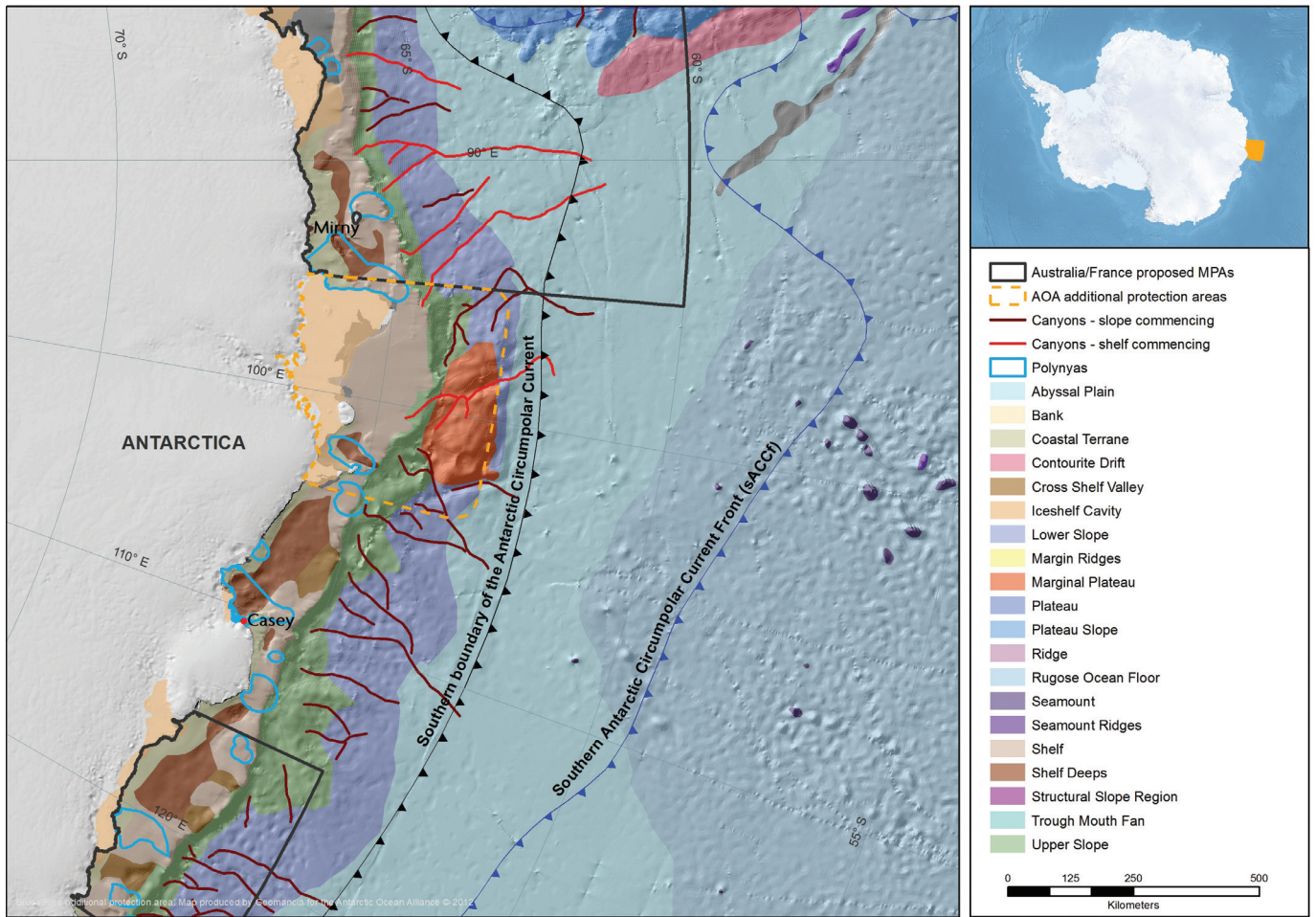
オオトウゾクカモメ Image by Elliot Neep.

これらの海洋特性が独特の水深と相まって、海鳥や海獣の絶好の採餌場となっています。東南極のアザラシはすべて、ブリッツ湾とその付近で採餌をします。ブリッツ湾内ではコウテイペンギンやアデリーペンギンなど、9種の海鳥が繁殖しています。東南極のアデリーペンギンは沿岸ポリニアへの依存度が高く、ポリニア面積はアデリーペンギンのコロニーの大きさに直接関係していることがわかっています⁶⁸。また、オオフルマカモメ、ギンフルマカモメ、マダラフルマカモメ、アシナガウミツバメ、オオトウゾクカモメもこの海域で繁殖しています⁶⁹。他にも少なくとも16種の海鳥がこの海域を訪れており、目的は採餌と考えられます。亜南極圏のトウゾクカモメやナンキョクアジサシ、キョクアジサシ、ワタリアホウドリ、マユグロアホウドリ、ハイガシラアホウドリ、ハイイロアホウドリ、キタオオフルマカモメ、メグロシロハラミズナギドリ、ケルゲレンミズナギドリ、アオミズナギドリ、クジラドリ類、ノドジクロミズナギドリ、暗色型のミズナギドリ、クロハラウミツバメなどです⁷⁰。

この海域はゾウアザラシやヒョウアザラシ、カニクイアザラシの採餌場としても知られています⁷¹。マッコウクジラの鳴き声の記録もありますが、生息数は不明です⁷²。

ブリッツ湾はさらに、オキアミ幼生の成育地である可能性が高いと考えられます⁷³。おそらく、沿岸ポリニアの存在が早い時期に植物プランクトンの成長を促すことが要因です⁷⁴。オキアミのライフサイクルはブリッツ環流の循環と密接に関連しているらしく、成熟したオキアミは環流の外寄りで見られ、環流中央部へ向かうにつれてより若いオキアミが見られます⁷⁵。ブリッツ湾では総体的に、東南極でも成体オキアミの生息密度が最も高く、より広大な海域へのオキアミ供給源となっていると考えられます⁷⁶。

ブルース海峽



ライギョダマシを捕食するウエッデルアザラシ Image by Jessica Meir.

インド洋海域には独自のライギョダマシ個体群が生息することを示唆するデータが増えつつあり、ライギョダマシがそのライフサイクルを通して広くこの海域で過ごすとわかってきました^{77,78}。東南極海域で操業する漁船から収集したデータによると、メロの稚魚はブリッツ湾および西ケルゲレン小海域でしばしば捕獲されています⁷⁹。一方、成長したメロは西インド洋海域とウィルクス小海域の、深い大陸斜面の沖合で見られます。また、バンザー堆の北にいるメロはほぼすべてが性成熟に近い大きな個体ばかりです⁸⁰。⁸¹。これらのデータから、ブリッツ湾とその周辺の海域は、このライギョダマシ個体群にとって重要な幼魚成育場であることが示唆されます。魚類では他にコオリイワシ、ナンキョクナメハダカ (*Notolepis coatsi*、*Electrona antarctica*) が多数生息するほか、イカで最も多いのはサメハダホウズキイカの一つです⁸²。

東ケルゲレン小海域

東ケルゲレン小海域はブリッツ湾の東、東経 82°～110°の海域です。沿岸には多数の小規模のポリニアが、峡谷の刻まれた幅の狭い大陸棚と大陸斜面の上方に存在します。ここはブリッツ湾と共に、バンザー堆の最南端を取り巻く海域です。南極海唯一のコントーライトの吹き溜まりで、大陸斜面から深海平原へと流れ出す海流により大きな影響を受ける広大な泥の土手の一部も含まれています。こうした特徴的な構造が独自の海底生物群集の棲みかとなっていると考えられます⁸³。

この海域の東部、クイーンメアリーランドと広大なシャクルトン棚氷の沖にあるのがブルース海膨です。この海中構造物は、南極海で2つしかない縁辺台地の1つです⁸⁴。ブルース海膨は大陸縁辺部に端を發し、深さ約1,000メートルで1,100平方キロを包含するものです⁸⁵。縁辺台地は他の海中隆起構造物と同様に、しばしば周囲の海洋特性に影響を及ぼします。南極海のもう1つの縁辺台地であるモード海膨では局所的な海流や噴流、渦流が複雑に絡み合い、その海域の湧昇を引き起こしています。この湧昇によって外洋の基礎生産が推進され、オキアミの生息数増加につながり、結果として膨大な数の捕食者の生活を支えています⁸⁶。モード海膨付近の海底には各種の軟体動物や海綿動物、蠕虫など、無脊椎動物が豊富で、その多くはモード海膨でしか見られないものです⁸⁷。



カイメンの一種

Image by Michael Zupanc, Australian Antarctic Division.

ブルース海膨が位置する東ケルゲレン小海域にはアデリーペンギンやコウテイペンギンのコロニーがあり、付近の海で採餌しています⁸⁸。また、ブリッツ湾に隣接する海域ではヒョウアザラシ、カニクイアザラシ、ウェッデルアザラシ、ロスアザラシなどが採餌しています⁸⁹。

ウィルクス小海域

ウィルクス小海域はウィルクスランド沖、東経 110°～137°の海域に当たり⁹⁰、主にその地質学的価値について研究が進められてきました。今から100万年前、ウィルクスランドはゴンドワナ超大陸の一部で、その海岸線は今のオーストラリア南部と地続きになっていました⁹¹。それが30万年前までに完全に分離し、南極大陸は南へ、オーストラリア大陸は北へと、次第に離れ離れになりました。ウィルクスランドの大陸縁と隣接する海底を調査することにより、オーストラリア大陸と南極大陸との分離初期の記録など⁹³、南極大陸の地質史について非常に多くのことが解明されてきました⁹²。

さらに、ウィルクス小海域は過去、現在、そして未来の氷河の状態を研究するためにも最適であるとわかってきました。大陸棚から深海平原まで氷河作用発現の足跡をたどることができるのは、南極でもここだけなのです。これにより研究者は東南極氷床(EAIS)の氷の歴史についてより正確な情報を得ることができ、いつ形成されたのか、また気候変動により将来どのような変化が予測されるかなどがわかるようになりました⁹⁴。EAISは世界最大の氷床ですが、通常は海面より高い陸地に乗った形になっています。しかしながらウィルクスランドの大陸東岸と海洋との境界では、EAISは海面下で陸地に接していて、そのために気候変動の影響を受けやすいということが過去の状態から知られており、将来も同様であろうと考えられています⁹⁵。

ウィルクスランドの大陸縁と隣接する海底を調査することにより、オーストラリア大陸と南極大陸との分離初期の記録など、南極大陸の地質史について非常に多くのことが解明されてきました。

ウィルクス小海域の海底には壮大な断層があり、他とはまったく異なった生息地となっています。幅の狭い大陸棚は、大昔の氷河に削られてできたと思われる海底峡谷と浅い谷の入り組んだネットワークが刻まれた大陸斜面へと様変わりします。こうした峡谷や谷の存在は堆積物が斜面を下る動きを助長し、堆積物がコンチネンタルライズを覆う無数の扇状地を形成しました^{96,97}。沿岸ポリニアもこの海域で見られます。

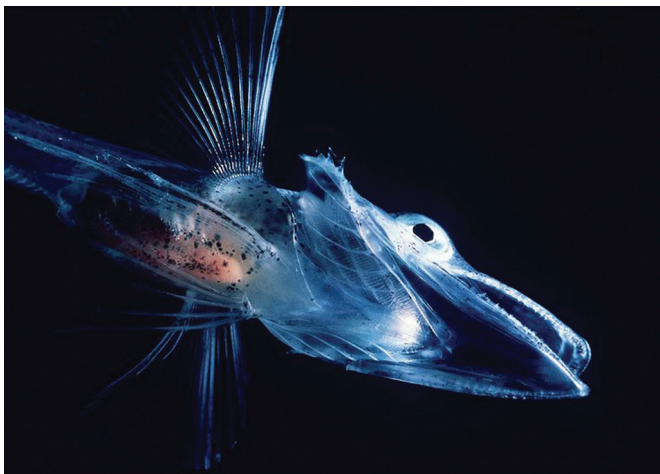
このように、ウィルクス小海域については地質に関する情報は多いものの、生物学的データはどの分野も乏しいものです。アザラシではゾウアザラシやカニクイアザラシ、ロスアザラシなどがこの海域で採餌するとわかっています⁹⁸。また、ウィルクス小海域の西端にはコウテイペンギンのコロニーが1つ⁹⁹、それにほど近いウィンドミル諸島にはアデリーペンギンのコロニーがいくつか確認されています¹⁰⁰。



オーツ（東インド洋）海域

Image by Darci Lombard.

オーツ（東インド洋）海域はデュルビル海内の、東経 137°と 150°の間で東南極計画領域を横切る海域で、南極東岸海域では最も調査が進んでいる部分です。ここは南極底層水（AABW）の生成に極めて重要な役割を担っています。AABW とは冷たく、密度の高い水で、地球規模の海洋循環の原動力となるものです¹⁰¹。沿岸ポリニアは海洋生産を推進しており、中でもメルツ氷河ポリニアは大型で、繰り返し現れ何年も持続する重要なポリニアです¹⁰²。沿岸には幅の狭い大陸棚と大陸斜面があり、多くの峡谷があります。この斜面には環境の変化に敏感な海洋生態系が複数、確認されています¹⁰³。西部には独特な稜線で覆われた幅の狭い斜面が深海平原からそびえ、東部ではデュルビル海-メルツ海山群と呼ばれる海山の一団が海底に姿を現します。また、最近になって氷山が分離した巨大なメルツ氷河舌もこの海域にあります。鳥類、哺乳類の生息数も多いほか、様々な種の魚にとっては稚魚の成育地として重要です。



コオリウオの幼生 Image by Uwe Kils / Wikimedia Commons.

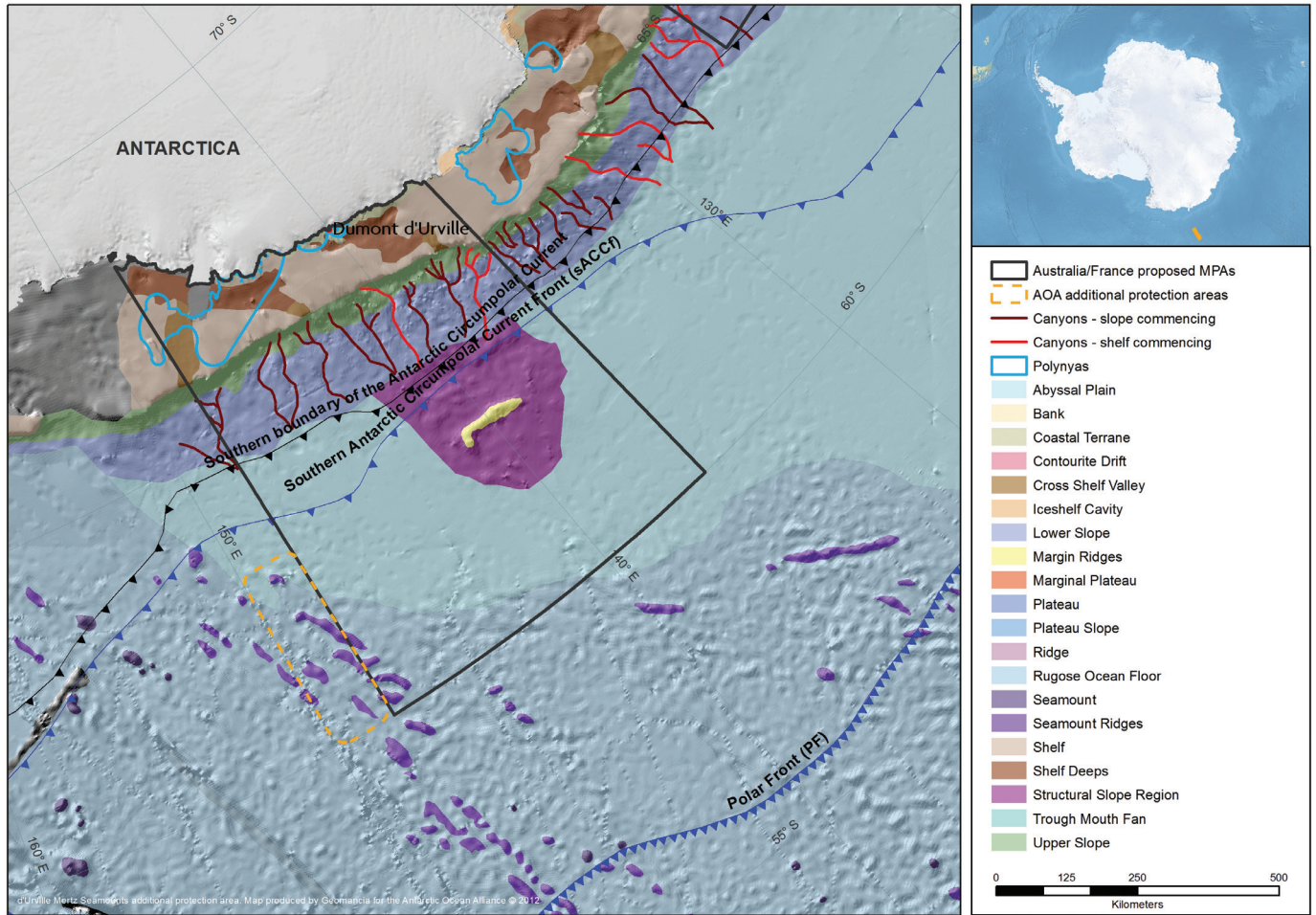
オーストラリア、フランス、日本の 3 国が最近実施した調査（世界規模の「海洋生物センサス」の一環）によりかなりの量の新たな情報が収集され、この海域のエコリジョン化を促進するものとなる見込みです^{104,105}。この航海は「東南極国際共同海洋生物センサス」と呼ばれ、底生生物種とその生息地や、魚種、プランクトン、海洋特性など、生態系について様々な側面から情報収集を行いました¹⁰⁶。この比較的小さい海域で、性質の異なる底生生物群が複数、発見されました。これらの生物群は、海底地形のほか海流や氷山洗掘の影響で異なる海底生息地の状態に合わせて分布しています¹⁰⁷。

東インド洋海域は…南極東岸海域では最も調査が進んでいる部分です。

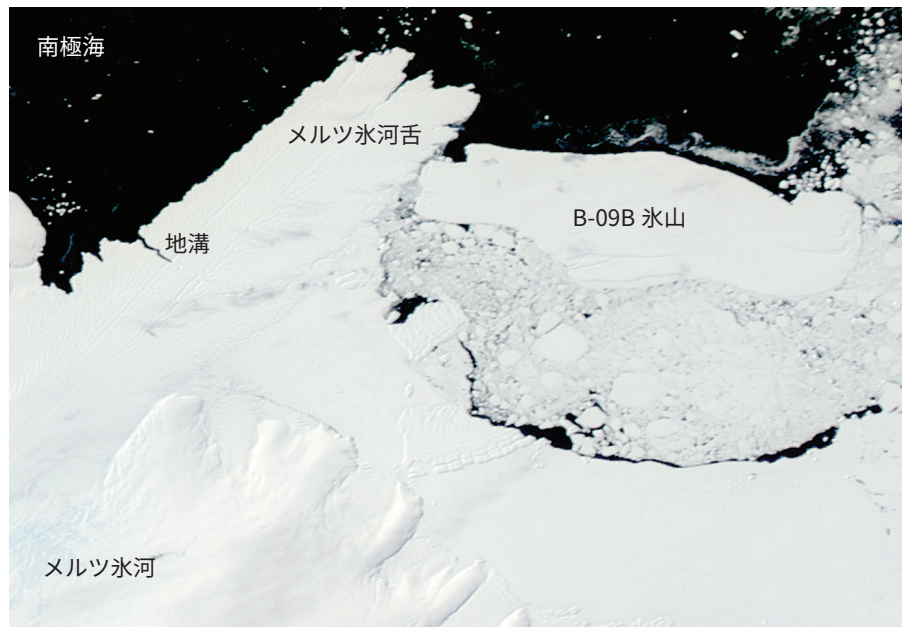
ここは南極底層水（AABW）の生成に極めて重要な役割を担う海域です。

AABW とは冷たく、密度の高い水で、地球規模の海洋循環の原動力となるものです。

東インド洋海域には鳥類や哺乳類も数多く生息しており、群生するコオリオキアミやコオリイワシを餌していると考えられます^{108,109}。ここを繁殖地とする海鳥はアデリーペンギンやコウテイペンギン、ユキドリ、ナンキョクフルマカモメ、ギンフルマカモメなど、10 種を数えます^{110,111}。中でも生息数が最も多いのはアデリーペンギンで、10 万つがいを超えています^{112,113}。海獣と海鳥に関する長期モニタリングプログラムもこの海域で実施されています¹¹⁴。この他の調査では、アデリーランドとメルツ氷河舌の間の海域がコオリイワシやダスキーノトセン、各種のコオリウオ科（*Channichthyidae*）の魚など、様々な魚種の稚魚成育の場であることが確認されました¹¹⁵。



この海域に関する情報量の豊富さと、AABW 生成における重要性を考慮すると、気候変動が海洋プロセスに及ぼす影響をモニタリングする上で、東インド洋海域は最上の基準地であると言えます¹¹⁶。例えば、メルツ氷河では近年、氷塊の分離が起こり、2,500 平方キロもの氷山が放出されましたが¹¹⁷、こうした環境の攪乱により海底特性や海洋特性がどのように変化するか調査するためにはまたとない機会となりました。氷塊の分離とそれに続く氷河融解は、この海域の淡水化を招くおそれがあり、海水の塩分濃度を変えるだけでなく AABW 生成速度を鈍化させる可能性もあり¹¹⁸、そうなれば地球上すべての海洋に影響を及ぼしても不思議ではないのです¹¹⁹。



メルツ氷河舌 Satellite image courtesy of NASA.



脅威となるもの

Image by Cassandra Brooks.

商業用資源開発

海獣狩猟の歴史

南極海全体の歴史がそうであるように、20世紀の捕鯨漁師は東南極沖の海を操業の場とし、特にシロナガスクジラとザトウクジラを狙いました¹²⁰。わかっているだけで1万頭以上のザトウクジラが1947～1973年の期間に捕獲され、それ以前にも数は不明ですが多数が水揚げされました¹²¹。その後、ザトウクジラの生息数はほとんどの個体群で回復に向かっていますが、いまだ捕鯨以前のレベルには達していません¹²²。シロナガスクジラも1930年から1963年にかけて、東南極で大量に捕獲されました¹²³。現在、南極海での生息数は少なく、ここ数年で回復傾向が見られるものの、もともとの数にははるかに及びません^{124, 125}。

商業的なアザラシ猟は大半が東南極北部、ケルゲレン諸島、ハード島、マクドナルド諸島の沖合で行われました¹²⁶。操業は19世紀の終わりではなく、以来、アザラシの生息数は回復してきています。



ナンキョクオキアミ Image by Lara Asato.

オキアミ漁

南極東岸海域にはナンキョクオキアミが多数生息しており、その量は推定3,900万トンとされていますが、実際にはさらに多いはずだと言われています^{127, 128, 129}。東南極沖でオキアミ漁が始まったのは1970年代で、1980年代半ばに最盛期を迎えた後、徐々に衰退し、1994/95年のシーズンを最後に幕を閉じました^{130, 131}。東南極沖から水揚げされたオキアミは延べ75万トンに達しました¹³²。

現在、東南極でのオキアミ捕獲上限は89万2千トンと設定されていますが¹³³、最近のオキアミ漁師は東南極まで長旅をするよりも、南極半島沖やスコシア海での操業を好んでいます。

オキアミ製品への需要は増加しつつあり、オキアミ漁に新規参入する国が現れはじめました。技術の進歩により漁の効率も向上しています¹³⁴。オキアミは、いまだ完全に利用されつくされていない世界最後の海洋資源の一つと言え、今後さらに資源開発が進む可能性があります^{135, 136}、そのようなことになれば南極海の生態系に大きな利用圧がかかることになるでしょう。南極東岸海域のように現在は漁がなく、オキアミ生息量の多い海域も、(訳者注：資源枯渇による価格高騰で)熱心な遠洋漁業船にとってはるばる足を伸ばしても採算が取れるようになる日はそう遠くないかもしれません。



昔の捕鯨船、南極にて

Image by JD Andrews / earthexplorer.com.

漁業の歴史

東南極の漁業の始まりは 1950 年代の終わり、ケルゲレン諸島近海でしたが¹³⁷、沿岸に達したのは 1982 年になってからです¹³⁸。コオリイワシやトゲコオリウオ、エイなどが対象でしたが、水揚げ量は少なく、1980 年代終盤には操業はなくなりました^{139,140}。

その 10 年後、ライギョダマシなど複数の魚種を対象とした底引き網漁が試験的に開始されました。場所は東南極計画領域の西部でした (CCAMLR 領域 58.4.2)。2001/02 シーズンになると資源探索はえなわ漁に形を変えます¹⁴¹。そして 2003/04 シーズンには東南極東部でもはえなわ漁が始まりました (CCAMLR 領域 58.4.1)¹⁴²。

漁業には多くの国々が散発的に参画してきました。海域西部での漁獲率は低く、780 トンという上限のごく一部に留まりました。東部では漁獲率が高めで、複数の漁船で 600 トンの上限を達成しました。一方、IUU (違法・無報告・無規制) 漁業船がこの海域を荒らし、多いときには南極東岸海域 (バンザー堆付近を含む) での漁獲量の実に 74% を水揚げしたと推定されています¹⁴³。さらに、この海域での標識再捕獲調査は、メロの資源量調査に必要なデータを得るには信頼できるものではないとわかりました。東南極のライギョダマシに関して、生息数動態や資源構成、生産性、新規個体の加入、あるいは産卵といったデータの推定値を、漁業管理者はいまだに算定できていません^{144,145}。

漁獲データによると、これらのライギョダマシはバンザー堆個体群の一部であり¹⁴⁶、この個体群全体の生産性はあまり高くないことが示唆されています。漁獲割り当てが合算されたものであること、また IUU 漁業が過度に行われていることから、東南極のライギョダマシ漁は捕りすぎではないかと懸念されるようになりました¹⁴⁷。そのため、2008/09 シーズンになって CCAMLR は漁獲上限を西部海域では 70 トン、東部では 210 トンに削減しました。



ライギョダマシとダイバー Image by Rob Robbins.

無差別の違法刺し網漁

IUU 漁業については CCAMLR とその加盟各国、正規漁業者が協力して、漁獲量の低減を確実に進めてきました。とはいえ、今も多くの IUU 漁業者が、主に南極東岸海域沖の南インド洋で操業を続けています。このように IUU 漁業は根絶されることなく、これ以上の規模縮小も見込めないことから、保守的な漁獲上限値が見直されることはありません^{148,149}。

近年、IUU 漁業者はこの海域で深海刺し網を頻繁に使用するようになり、IUU 漁獲量の推定はほぼ不可能な状態になっています^{150,151,152}。刺し網は混獲が多いのに加え、海で切れたり流した網に海洋生物がかかる「ゴーストフィッシング」が何年も続くリスクが高いため、CCAMLR が使用を禁止しているものです¹⁵³。IUU 刺し網によるメロ類の漁獲高は正確にはわかりませんが、相当な量と考えられます。例えば、オーストラリアの取締官が 2009 年に摘発した刺し網は全長 130 キロに及び、29 トンのライギョダマシを捕獲していました¹⁵⁴。

IUU 漁業の存在と、メロ類の正確な生息数が不明であることは、漁業管理にとって深刻な打撃となり、メロ類の資源量は一部で急速に減少しました^{155,156}。その上、メロは他の多くの深海魚がそうであるように、寿命が長く、成長が遅く、性成熟に達する年齢も高いという、乱獲による悪影響を受けやすい特質をすべて備えています¹⁵⁷。バンザー堆付近ですでに確認されているように、メロ生息数の局地的な減少が容易に起こるおそれがあります^{158,159}。東南極におけるライギョダマシのライフサイクルについては研究者にもまだよく知られておらず、これも資源管理を困難にする要因となっています。

気候変動と海洋酸性化

人間活動に起因する気候変動は、二酸化炭素 (CO₂) をはじめとする温室効果ガスの排出を主な要因として急速に進行しており、地球上の至るところに影響を与えています¹⁶⁰。大半を氷で覆われた南極は地球上で最も早く変化が進んでいる地域の一つです^{161,162}。しかしながら、気候変動の影響は南極海全体で一様に現れるものではありません。例えば南極半島西部における冬季の温暖化は、1950 ~ 2011 年までで 10 年毎に 1.01°C の上昇となっており¹⁶³、これは地球上で観測された年平均気温上昇のうち最も高い値です。にも関わらず、南極大陸の他の地域では気温にほとんど変化がなかったり、若干の寒冷化が見られるところもあります¹⁶⁴。また、南極大陸上空に継続的に現れる季節性のオゾンホール (1980 年代初期に初めて発見) の存在が、大陸を取り巻く西寄りの風を増幅することで、気候変動の影響をさらに悪化させる可能性が高い¹⁶⁵ ことを示す強力な証拠が得られています。

東南極では、気候変動の傾向はあまり明白ではありません。温暖化、寒冷化ともに目立った変化は確認されておらず^{166,167}、それでも海水は大幅な変貌を遂げってきました¹⁶⁸。海水面積は 1950 年代以降、減少しましたが¹⁶⁹、海水期間は 1970 年代には逆に延長し、40 日以上も増加しました¹⁷⁰。こうした変化はこの海域の動物たちの生活を激変させ、特に海鳥への影響は深刻でした。

海水温の上昇と海氷の減少は、とりわけ東南極沖に棲むコウテイペンギンに被害をもたらすおそれがあります。アデリーランドでは、コウテイペンギンのコロニーがここ 50 年間で半減しました¹⁷¹。減少の原因として、温暖化が特に激しかった 1970 年代に起きたペンギン死亡率の大幅な上昇が挙げられます。この異常な温暖化に伴い海氷が減少したためオキアミの生息地も減少したと考えられ、結果的に食物網が乱され、コウテイペンギンの餌が不足したのでしょう¹⁷²。これに対し海氷期間が長かった年では、コウテイペンギンの成鳥は生存率を保ちました。ただし、コロニーと採餌場との距離が遠くなったために、多くのつがい繁殖に失敗しました¹⁷³。アデリーランドのコウテイペンギンに関する将来見通しはさらに暗く、2100 年までに 81% 以上が消失すると言われています¹⁷⁴。

人間活動に起因する気候変動は、二酸化炭素 (CO₂) をはじめとする温室効果ガスの排出を主要な要因として急速に進行しており、地球上の至るところに影響を与えています。大半を氷で覆われた南極は地球上で最も早く変化が進んでいる地域の 1 つです。



オオフルマカモメ Image by Lara Asato.

海氷の変化による影響を実感している海鳥は彼らだけではありません。コウテイペンギンのほかアデリーペンギンやギンフルマカモメ、オオトウゾクカモメ、そして 5 種のミズナギドリ類の計 9 種で、1950 年代以降、コロニー到着日が平均 9.1 日遅くなり、産卵日も平均 2.1 日遅くなっています¹⁷⁵。この原因と考えられるのが海氷期間の延長で、鳥がコロニーへ、あるいは採餌場へ到達するのを遅らせてしまうようです¹⁷⁶。

気候変動の相反する影響が東南極で見られるという事実を、研究者はようやく明らかにし始めたばかりです。海洋保護区を設立し、コウテイペンギンや他の海鳥の採餌場を保護すれば、純粋な気候変動の影響を他の有害因子に左右されることなく調査できるようになります。それが実現すれば、研究者は解決策を導き出すことができるかもしれません。

海氷

南極大陸の周囲には毎年、海氷ができ、実質的な大陸面積を 2 倍ほどに押し上げます。毎年起こる海氷の前進と後退は基礎生産をはじめとする生態系プロセスの主導力となり、多くの生物種にとって生活史の全過程を過す棲みかを提供しています¹⁷⁷。海氷はオキアミの生活史で欠かせない存在であり、とりわけオキアミの幼生は海氷の下にいる微生物を餌として育つので、海氷を必要とします¹⁷⁸。オキアミは多くの種のクジラやアザラシ、ペンギン、魚にとって命を支える餌となっており、オキアミ生息数の減少が起きれば、この生態系全体に影響が連鎖するカスケード効果を招くことになりかねません。海氷が減少すれば、それに依存する海獣などにとっても負の影響が及ぶでしょう。例えばカニクイアザラシは、ライフサイクルの様々な段階で海氷を必要としているのです^{179, 180}。

海洋酸性化

世界の海洋は大気中の CO₂ を常に吸収し続けています。けれども、この自然の炭素低減作用には代償が付きものです。1751 年から 2004 年の間、CO₂ 排出量が増加すると、それに伴い海洋表層水の pH が低下し¹⁸¹、海洋の酸性度は 30% も増加したのです¹⁸²。海水に CO₂ が溶け込むと弱酸 (炭酸) が生成され、これが海水の pH を低下させます。いわゆる海洋酸性化という現象です。こうして pH が低下すると、様々な海洋生物学的および生物地球科学的プロセスに深刻な影響を与えるおそれがあります。例えば、貝殻や骨格を持つ動物にとって不可欠な海水中の炭酸カルシウムの量が不足してしまうのです¹⁸³。

南極海の冷たい海水は、より暖かい海水に比べるとともと炭酸カルシウム量が少なく、生物にとって有害となる濃度との分岐点から遠くない状態にあります¹⁸⁴。研究者の予測では、翼足類 (小型の海生巻貝) のような主要なプランクトン類は、今後 20 年以内には頑丈な殻を作ることができなくなると言います¹⁸⁵。やがては殻をまったく作れなくなってしまうかもしれません。オキアミの胚や幼生も危機に直面します¹⁸⁶。翼足類やオキアミ、その他の有殻動物が生きられなくなってしまうと、その負の影響はつぎつぎに連鎖し、南極海という生態系全体に及ぶこととなります。

1751 年から 2004 年の間、CO₂ 排出量が増加すると、それに伴い海洋表層水の pH が低下し、海洋の酸性度は 30% も増加したのです。

CCAMLR がもたらすチャンス

Image by John B. Weller.

海洋保護区・禁漁区の設定が海洋生態系の健全性と、攪乱に対する復元力を向上する手段として有効であることは、近年、多くの科学研究により証明されるようになりました¹⁸⁷。この事実を踏まえ、2002年の持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)では、2012年までに世界中の海洋にまたがる代表的な海洋保護区ネットワークを設立しようと、世界各国が公約を定めました¹⁸⁸。南極海の生物資源の保護・管理の統括組織であるCCAMLRはこの呼びかけに応じ、南極東岸をはじめとする南極海に海洋保護区ネットワークを設立し、WSSDの目標を達成すると公約しました¹⁸⁹。

CCAMLRは、予防的かつ生態系ベースの手法を用いて南極海の海洋生物資源を管理しています。こうした原則は、各国の管轄外の海域で漁業を管理する数々の組織の中でもCCAMLRを先進的組織と位置づけるものです。CCAMLRはこれまでも、海洋保護区設立への取り組みを通じてそのリーダーとしての能力を発揮しており、保護区ネットワーク制定の目標期日を定めたほか、2010年にはサウスオークニー諸島南大陸棚海域を禁漁区に指定しています。



オーストラリアのホバートにあるCCAMLR本部

Image by Richard Williams.

その他の具体的な海洋保護区指定案についても、その進展を目指し複数のCCAMLR加盟各国が歩調を合わせ、努力を続けており、特にどの海域を保護区指定すべきか判断できるよう最新の科学データを解析する目的で、学術的なワークショップもたびたび開催されてきました。CCAMLRによる取り組みは、海洋保護区・禁漁区指定に関する次のような基準に基づき進められています。

1. 海洋の生態系、生物多様性、生物生息地として代表的なものを適切な規模で保護し、その生存能力と健全性を長期的に維持すること。
2. 重要な生態系プロセスや生物生息地、生物種等を、個体群および生活史の段階を含めて保護すること。
3. 科学的基準地域を確立し、自然な流動性や長期的な変化について監視するほか、資源採取やその他の人間活動が南極の海洋生物資源とそれを支える生態系にどのような影響を与えるかを監視すること。
4. 人間活動による害を受けやすい海域について、固有な、希少な、あるいは高度な生物多様性を持つ生息地やその特性などを含めて保護すること。
5. その海域の生態系が機能するために不可欠な特性を保護すること。
6. 気候変動による影響¹⁹⁰に耐える、または適応しうる力を維持するため、保護を進めること。

CCAMLR加盟各国は、南極海に設立する海洋保護区・禁漁区ネットワークがこれらの基準に確実に見合うものとする大きな役割を担っており、ひいては南極海の生態系を未来永劫にわたり保全していくことにつながります。南極東岸海域に見られる生物多様性は並大抵のものではなく、目指す保護ネットワークの最重要部分となるものです。この非凡な南極東岸海域の包括的な保護の実現に向けCCAMLRが上記のすべての基準を満たすよう、AOAは強く要請します。



海洋保護への提言

Image by John B. Weller.

最新の提言

オーストラリア、フランス、EU は、南極東岸海域に7つの海洋保護区を設立する保護区ネットワーク案を共同で提出しました¹⁹¹。この中には海底環境のみを保護対象とする保護区と、海底と海中環境の両者を保護するための保護区とが混在しています。保護区案には西から東へと、次の海域が含まれています。

- ・ ガナラス海嶺と隣接する海山（海底のみ）
- ・ 西インド洋海域内エンダービーランド沖の海域（海底のみ）
- ・ エンダービーランド東部沖～プリッツ湾の西側、沿岸から南緯 60°に至る広大な禁漁区
- ・ プリッツ湾南端海域
- ・ プリッツ湾の東側、沿岸から南緯 60°に至る広大な禁漁区
- ・ ウィルクスランド沖の沿岸（海底のみ）
- ・ 東インド洋海域内、デュモン・デュルビル海西部のジョージ5世ランド沖の、沿岸から南緯 60°に至る広大な禁漁区

このオーストラリア、フランス、EU による保護区案では、これまで確認されている様々な海底バイオリージョン（生物域）を多数含むよう保護区域を設定しています。鳥類や哺乳類の採餌場として重要な海域や、メロやオキアミ、コオリウオ類などの幼生の成育地として重要と考えられる海域も含まれています。さらに、漁業による影響や、気候変動と海洋酸性化に起因する環境変化を調査する際の基準地として機能できるよう、種々の生態系プロセスを包含する広大な海域を保護対象とするようデザインされています。

しかしながら、この保護区案には特定の禁漁区は含まれておらず、これは今後の審議において問題となるでしょう。これらの海洋保護区がその保護目標を確実に達成できるよう、管理計画に大規模な禁漁区の設立を追加するよう、AOA は強く要請します。

南極東岸海域の海洋保護に向けた AOA の提言

AOA は、南極東岸に代表的な海洋保護体制を整備するというオーストラリア、フランス、EU による提言を歓迎しますが、予防的な保護を万全なものとし、大規模な生態系プロセスと重要な生息地に対する保護レベルを強化するために、提案されたネットワークに禁漁区として追加指定するよう今後数年間で検討すべき4つの海域を特定しました。AOA は、これらの海域が外洋特性および海底特性の両面で重要な環境と生態系プロセスを包含するものとなるよう推奨します。

現行の保護区案には禁漁区が含まれていません。これは今後の協議において大きな問題となります。これらの海洋保護区がその保護目標を確実に達成できるよう、現行保護区案の管理計画に大規模な禁漁区の設立を追加するよう、AOA は強く要請します。

AOA は、ドロニンング・モード（西インド洋）海域に、沿岸から南緯 64°に及ぶ広大な禁漁区を設立するよう提言します。これはオーストラリア、フランス、EU の保護区案にあるガナラス海嶺付近の保護区と、エンダービーランド沖の海底生息地の保護区とを結ぶものです。この禁漁区が実現すれば、コスモノート・ポリニアと、関連する海鳥やアザラシ、クジラなどの採餌場、そして大陸斜面に端を発する一連の入り組んだ峡谷やその他の重要な海底生息地を、すべて保護することができます。AOA はさらに、オーストラリア、フランス、EU が提案するガナラス海嶺付近およびエンダービーランド沖の海洋保護区を、最大限の保護を実現する禁漁区に格上げし、海中および海底のいずれの生息地も保護するよう奨励します。

AOA はまた、プリッツ湾の北の中央インド洋海域に、沿岸から南緯 64°に至る禁漁区を設立することを提言します。これによりオーストラリア、フランス、EU が提案するプリッツ湾の禁漁区域はさらに北へ拡大され、プリッツ環流や南極海最大級のトラフ端扇状地をはじめとする比類ない外洋特性および海底特性に対する保護の強化につながります。鳥類やアザラシの採餌場や、オキアミやメロの幼生成育地の保護もより強固なものになります。

この他にも AOA が禁漁区として追加すべきとしているのが、シャクルトン棚氷の北、ブルース海膨周辺海域です。ブルース海膨に関連する生産活動や採餌活動を保護するために、保護対象は沿岸から南緯 63°に至る海域に拡大されるべきです。

オーストラリア、フランス、EU が提案する中央インド洋内、ウィルクスランド沖の海洋保護区についても、最大限の保護を実現する禁漁区に指定するよう、AOA は提唱します。

オーツ（東インド洋）海域については、オーストラリア、フランス、EUが提案するジョージ5世ランド北の大禁漁区に隣接する、海山付近の海域を保護区指定するようAOAは提言します。

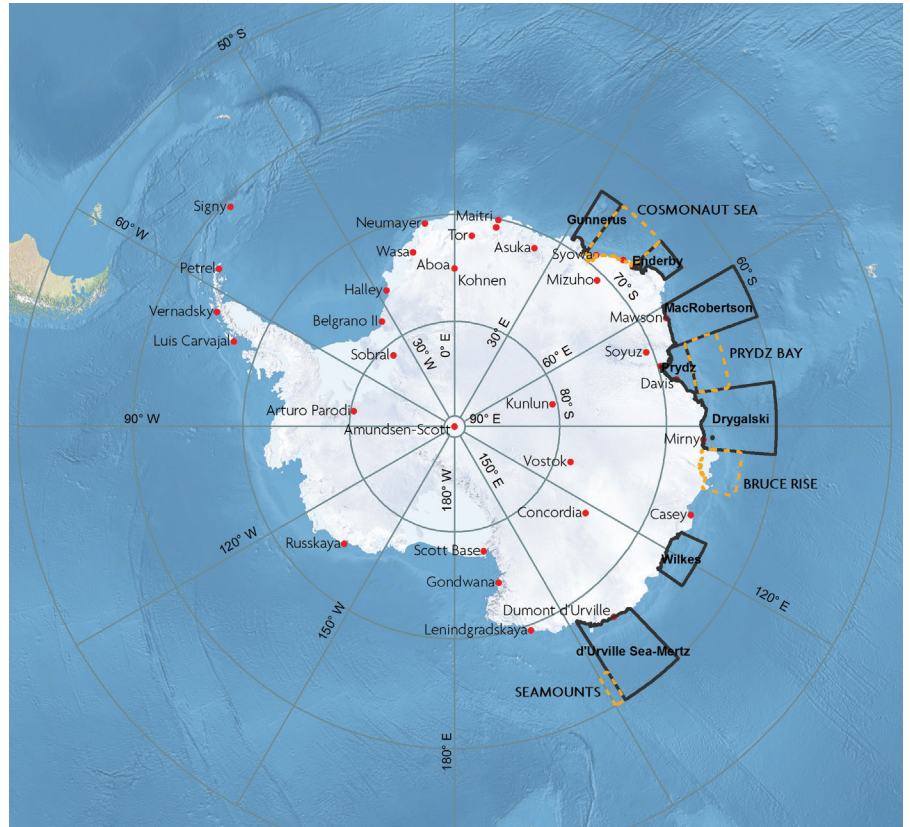
予防的管理の手法としての禁漁区

正確な情報の乏しい海域では、禁漁区の設立は海の生物と生態系の両者に対し最大限の保護を実現する手段です^{192, 193, 194, 195}。禁漁区とは生物多様性を、遺伝子、種、生息地、生態系の各レベルにおける生態的構造および機能を含めて保護するものです¹⁹⁶。禁漁区は人間活動が持つ潜在的に負の影響から海を保護し、生態系の健全性を保全します¹⁹⁷。研究者にとっては、他の海域で進む生態系の変化や漁業による影響を調べる際の対照区として有用な海域となるほか¹⁹⁸、長期的な科学研究を実施するための重要な海域となります。

生態系を分断してしまうことのないよう、禁漁区には十分な面積を取る必要があります。これは特に正確な情報の乏しい海域で重要です¹⁹⁹。南極東岸海域に棲む種の集まりの内容については今もわからないことが多く、異なる生物群集がどれだけ互いに関連し合っているのか、あるいはそれぞれ別個のものなのか、研究者にもわかっていないのです。例えば南極の他の海域では、種の集まりは深度、あるいは特定の峡谷や海山の状況によって異なる場合もありますが、さらに別の海域では種の集まりが膨大な面積にわたり関連し合っていることもあります^{200, 201, 202}。南極東岸海域に設立する一連の禁漁区は、既知の生息地タイプをすべて網羅し、かつその反復としての生息地標本もカバーすべきでしょう。

南極東岸海域の禁漁区でも特にブリッツ湾内のものは、さらに北へ面積を拡大し、生態系プロセスを完全な形で取り込むようにする必要があります。これが実現できればペンギンや、他の海鳥、アザラシ類の採餌場の大半が保護されることになります。ブリッツ湾の生産性は信じ難いほど高く、完全な生態系プロセスを保護する対象としてはおそらく最も重要な海域と言えるでしょう。ブリッツ湾内で繁殖する海鳥は9種を数え、コウテイペンギンやアデリーペンギンのほか、ミズナギドリ類、フルマカモメ類、トウゾクカモメ類などが巣を構えます²⁰³。

現行の海洋保護区案



さらに、少なくとももう16種の海鳥がこの海域を採餌場としています²⁰⁴。ペンギンや他の海鳥の採餌場は、少なく見積もっても南緯60°に及び、さらに北まで達している可能性もあります^{205, 206}。例えばノドジロクロミズナギドリはIUCNレッドリストで危急種に指定されていますが、ブリッツ湾のすぐ北の海域で広範囲に採餌を行うことが知られています²⁰⁷。

正確な情報の乏しい海域では、禁漁区の設立は海の生物と生態系の両者に対し最大限の保護を実現する手段です。

海域に関するデータが乏しい場合は、その生態系システムの機能と動態についてより詳細な知識を得るまでは、広大な範囲で資源開発を禁止する必要があります²⁰⁸。ライギョダマシを見ると、ブリッツ湾生まれの稚魚はより大規模な南インド洋個体群の一部である可能性が高いと考えられます。こうした稚魚を保護し、さらに他の海域で漁業を禁止すれば、結果的に漁業が解禁とされている海域に個

体を供給できるようになります²⁰⁹。南極東岸でのライギョダマシ漁は今のところ、ごく小規模なものに留まっています。オキアミ漁に至っては現在、南極東岸での操業はありませんが、CCAMLRは来るべき操業に備え、南極東岸海域についても漁獲量上限をすでに設定しています。

南極東岸海域は、南極海洋保護区ネットワークでも極めて重要な役割を担う海域です。ここには海鳥や海獣の採餌ホットスポットや、オキアミや魚類の幼生成育地や、豊富な海底生物群があり、その多くがはまだ詳細な調査もされていない状態です。この海域独特の構成要素も見られ、コスモノート・ポリニアやブルース海膨、デュルビル海-メルツ海山群などが代表的です。AOAはオーストラリア、フランス、EUがまとめた、南極東岸に代表的な海洋保護体制を整備する保護区案を歓迎しますが、この保護区案に今後、追加の禁漁区指定を検討すべき海域を特定しました。AOAとしては、この生態系が本質的に傷つきやすく、かつ他に類を見ないものであること、また南極の未来が不確かであることを踏まえ、本書に示した海域を含む南極東岸海域をより完全な形で保護する活動をCCAMLR加盟各国が支持するよう、強く求めています。

謝辞

本書の作成にご協力いただいた多くの方々に御礼申し上げます。

AOA 著者 : Cassandra Brooks, Claire Christian.

引用文献グループ : Jim Barnes, Paul Gamblin, Richard Page, Veronica Frank, Sian Prior.

査読者 : Michael Sparrow (スコット極地研究所) , Don Siniff (ミネソタ大学) .

AOA 査読者 : Stephen Campbell, Robert Nicoll, Blair Palese, Amanda Sully.

研究助手 : Songyuan Gu, Robert Berger.

デザイン : Metro Graphics Group.

地図 : Geomancia. なお WWF および CCG の独自調査に基づく AOA の「19 海域の図」は Arc Visual Communications のデザインによるものです。

本書に掲載した地図は以下の論文から得たデータに基づき作成しました。

O'Brien PE, AL Post and R Romeyn. 2009. Antarctic-wide Geomorphology as an aid to habitat mapping and locating Vulnerable Marine Ecosystems. Science Committee to the Commission of Antarctic Marine Living Resources (SC-CAMLR-XXVIII/10) Workshop on Vulnerable Marine Ecosystems. La Jolla, CA, USA 3-7th August 2009: GeoScience Australia. Conference paper: WS-VME-09/10.

Orsi AH, Whitworth III T, Nowlin Jr WD. 1995. On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. Deep-Sea Research I 42: 641-673.

データおよびデータ解析 : 多くの科学者による業績を引用させていただいたほか、多数の CCAMLR 加盟各国政府からもご協力いただきました。

写真 : 大多数を John B. Weller から提供していただきました。その他、JD Andrews, Lara Asato, Stephen W. Brookes, Cassandra Brooks, Robin Culley, Jorge Gutman, Darci Lombard, Elliott Neep, Jessica Meir, Jiri Rezac, Rob Robbins, Richard Williams, Michael Zupanc からのご協力いただきました。

表紙写真 : Elliott Neep, Jiri Rezac, John B. Weller.

本書英語版の印刷には再生紙を使用しています。

©The Antarctic Ocean Alliance 2012.

本日本語版は、AOA の許可を得て、FoE Japan が作成しました。
日本語訳 : 沼田美穂子



2羽のコウテイペンギン Image by John B. Weller.

参考・引用文献

1. Antarctic Ocean Alliance. 2012a. Antarctic Ocean Legacy: A Vision for Circumpolar Protection.
2. World Summit on Sustainable Development. 2002. Agenda 21 Plan of Implementation, paragraph 32 (c).
3. International Union for the Conservation of Nature. 2003. World Parks Congress Recommendation 22: Building a global system of marine and coastal protected area networks.
4. Convention on Biological Diversity. 2004. Programme of Work on Protected Areas. Accessed 23 August 2012 from www.cbd.int/protected/pow/
5. Antarctic Ocean Alliance. 2012b. Antarctic Ocean Legacy: A Vision for Circumpolar Protection.
6. Antarctic Ocean Alliance 2012a.
7. Jenouvrier S, M Holland, J Stroeve, C Barbraud, H Weimerskirch, M Serreze and H Caswell. 2012. Effects of climate change on an emperor penguin population: analysis of coupled demographic and climate models. *Global Change Biology* doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02744.x
8. Kawaguchi S, S Nicol, P Virtue, SR Davenport, R Casper, KM Swadling and GW Hosie. 2010. Krill demography and large-scale distribution in the Western Indian Ocean sector of the Southern Ocean (CCAMLR Division 58.4.2) in Austral summer of 2006. *Deep Sea Research II* 57: 934-947.
9. Agnew DJ, C Edwards, R Hillary, R Mitchell and LJ López Abellán. 2009. Status of the coastal stocks of *Dissostichus* spp. in East Antarctica (Divisions 58.4.1 and 58.4.2). *CCAMLR Science* 16: 71-100.
10. CCAMLR manages the marine living resources of the Southern Ocean with the exception of whales and seals. Whales are managed by the International Whaling Commission (IWC) under the 1946 International Convention for the Regulation of Whaling. Seals are managed under the 1972 Convention for the Conservation of Antarctic Seals.
11. CCAMLR. 1980. The Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources.
12. Gaines S, C White, M Carr and S Palumbi. 2010. Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(43): 18286-18293.
13. Douglass LL, J Turner, HS Grantham, S Kaiser, R Nicoll, A Post, A Brandt and D Beaver. In press. A hierarchical classification of benthic biodiversity and assessment of protected areas in the Southern Ocean. *PLoS One*.
14. Linse K, HJ Griffiths, DKA Barnes and A Clarke. 2006. Biodiversity and biogeography of Antarctic and sub-Antarctic mollusca. *Deep-Sea Research II* 53: 985-1008.
15. Clarke A, HJ Griffiths, K Linse, DKA Barnes and JA Crame. 2007. How well do we know the Antarctic marine fauna? A preliminary study of macroecological and biogeographical patterns in Southern Ocean gastropod and bivalve molluscs. *Diversity and Distributions* 13: 620-632.
16. Douglass et al. In press. These ecoregions as defined by Douglass et al. extend beyond the CCAMLR planning domain boundaries for the East Antarctic.
17. Matsuoka K, T Hakamada, H Kiwada, H Murase and S Nishiwaki. 2006. Distributions and standardized abundance estimates for humpback, fin and blue whales in the Antarctic Areas III, IV, V and VIW (35°E 145°W), south of 60°S. Paper SC/D06/J7 presented to the IWC JARPA Review Meeting, December 2006 (unpublished). 33pp.
18. Nicol S, T Pauly, NL Bindoff and PG Stratton. 2000. "BROKE" a biological/oceanographic survey off the coast of East Antarctica (80-150°E) carried out in January-March 1996. *Deep-Sea Research II* 47: 2281-2298.
19. Southwell C, CGM Paxton, D Borchers, P Boveng and WK de la Mare. 2008a. Taking account of dependent species in management of the Southern Ocean krill fishery: estimating crab-eater seal abundance off east Antarctica. *Journal of Applied Ecology* 45: 622-631.
20. Ibid.
21. Southwell C. 2008. *Ommatophoca rossii*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. Accessed on 25 July 2012 from www.iucnredlist.org.
22. Southwell C, CGM Paxton, D Borchers, P Boveng, T Rogers and WK de la Mare. 2008b. Uncommon or cryptic? Challenges in estimating leopard seal abundance by conventional but state-of-the-art methods. *Deep-Sea Research I* 55: 519-531.
23. Bailleul F, J-B Charrassin, P Monestiez, F Roquet, M Biuw and C Guinet. 2007. Successful foraging zones of southern elephant seals from the Kerguelen Islands in relation to oceanographic conditions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362: 2169-2181.
24. Woehler EJ. 1993. *The Distribution and Abundance of Antarctic and Subantarctic Penguins*. Cambridge: Scientific Committee on Antarctic Research.
25. Ibid.
26. Clark J, LM Emmerson and P Otahal. 2006. Environmental conditions and life history constraints determine foraging range in breeding Adélie penguins. *Marine Ecology Progress Series* 310: 247-261.
27. Ancel A, GL Kooyman, PJ Ponganis, J-P Gendner, J Lignon, X Mestre, N Huin, PH Thorson, P Robisson and Y Le Maho. 1992. Foraging Behaviour of Emperor Penguins as a Resource Detector in Winter and Summer. *Nature* 360: 336-339.
28. Croxall JP, WK Steele, SJ McInnes and PA Prince. 1995. Breeding Distribution of the Snow Petrel *Pagodroma Nivea*. *Marine Ornithology* 23: 69-100.
29. Ibid.
30. Woehler EJ, B Raymond and DJ Watts. 2003. Decadal-scale seabird assemblages in Prydz Bay, East Antarctica. *Marine Ecology Progress Series* 251: 299-310.
31. Ibid.
32. BirdLife International 2012. *Procellaria aequinoctialis*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. Accessed on 25 July 2012 from www.iucnredlist.org.
33. IUCN. 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. Accessed on 06 August 2012 from www.iucnredlist.org.
34. Southwell CJ, CGM Paxton, DL Borchers, PL Boveng, ES Nordøy, AS Blix and WK de la Mare. 2008c. Estimating population status under conditions of uncertainty: the Ross seal in East Antarctica. *Antarctic Science* 20: 123-133.
35. Meijers AJS, A Klocker, NL Bindoff, GD Williams and SJ Marsland. 2010. The circulation and water masses of the Antarctic shelf and continental slope between 30 and 80°E. *Deep Sea Research II* 57: 723-737.
36. Williams GD, S Nicol, S Aoki, AJS Meijers, NL Bindoff, Y Iijima, SJ Marsland and A Klocker. 2010. Surface oceanography of BROKE-West, along the Antarctic margin of the south-west Indian Ocean (30-80°E). *Deep-Sea Research II* 57: 738-757.
37. O'Brien PE, AL Post and R Romeyn. 2009. Antarctic-wide Geomorphology as an aid to habitat mapping and locating Vulnerable Marine Ecosystems. Science Committee to the Commission of Antarctic Marine Living Resources (SC-CAMLR-XXVIII/10) Workshop on Vulnerable Marine Ecosystems. La Jolla, CA, USA 3-7th August 2009: GeoScience Australia. Conference paper: WS-VME-09/10.
38. Harris PT and EK Baker. 2012. Seafloor geomorphology as benthic habitat. London: Elsevier.
39. Rogers AD. 1994. The biology of seamounts. *Advances in Marine Biology* 30: 305-351.
40. Richer de Forges B, JA Koslow and GCB Poore. 2000. Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific. *Nature* 405: 944-947.
41. Rowden AA, JF Dower, TA Schlacher, M Consalvey and MR Clark. 2010. Paradigms in seamount ecology: fact, fiction, and future. *Marine Ecology* 31(1): 226-239.
42. Clark MR, AA Rowden, T Schlacher, A Williams, M Consalvey, KI Stocks, AD Rogers, TD O'Hara, M White, TM Shank and JM Hall-Spencer. 2010. The ecology of seamounts: structure, function, and human impacts. *Annual Review of Marine Science* 2: 253-278.
43. Clark MR, TA Schlacher, AA Rowden, KI Stocks and M Consalvey. 2012. Science priorities for seamounts: Research links to conservation and management. *PLoS ONE* 7(1): e29232.
44. McClain CR, L Lundsten, M Ream, J Barry and A De Vogelaere. 2009. Endemism, biogeography, composition and community structure on a northeast Pacific seamount. *PLoS ONE* 4(1): e4141.
45. Rowden et al. 2010.
46. Harris and Baker. 2012.
47. Clarke et al. 2007.
48. Comiso JC and AL Gordon. 1996. Cosmonaut polynya in the Southern Ocean: Structure and variability. *Journal of Geophysical Research* 101(C8): 18,297-18,313.
49. Geddes JA and GWK Moore. 2007. A climatology of sea ice embayments in the Cosmonaut Sea, Antarctica. *Geophysical Research Letters* 34 (L02505): 1-5.
50. Comiso and Gordon, 1996.
51. Takizawa T, KI Ohshima, S Ushio, T Kawamura and H Enomoto. 1994. Temperature structure and characteristics appearing on SSM/I images of the Cosmonaut Sea, Antarctica. *Annals of Glaciology* 20: 298-306.
52. Comiso JC and AL Gordon. 1987. Recurring polynyas over the Cosmonaut Sea and the Maud Rise. *Journal of Geophysical Research* 92(C3): 2819-2834.
53. Barber DG and RA Massom. 2007. The role of sea ice in Arctic and Antarctic polynyas. In *Polynyas: windows to the world*, Elsevier Oceanography Series, WO Smith and DG Barber, eds. Amsterdam: Elsevier. Pp 1-54.
54. Williams et al. 2010.
55. Woehler EJ, B Raymond, A Boyle and A Stafford. 2010. Seabird assemblages observed during the BROKE-West survey of the Antarctic coastline (30E-80E), January - March 2006. *Deep Sea Research II* 57: 982-991.
56. Kawaguchi et al. 2010.
57. Gadamke J and SM Robinson. 2010. Acoustic survey for marine mammal occurrence and distribution off East Antarctica (30-80°E) in January-February 2006. *Deep Sea Research II* 57: 968-981.
58. Douglass et al. In press.
59. Woehler 1993.
60. CCAMLR Secretariat. CEMP data submitted in 2011/12. Personal communication from Dr David Ramm and Dr Keith Reid at the CCAMLR Secretariat.
61. Woehler et al. 2010.
62. Anonymous. 2010. BROKE-West, a large ecosystem survey of the South West Indian Ocean sector of the Southern Ocean, 301E-801E (CCAMLR Division 58.4.2) *Deep Sea Research II* 57: 693-700.
63. Arrigo KR and GL van Dijken. 2003. Phytoplankton dynamics within 37 Antarctic coastal polynya systems. *Journal of Geophysical Research* 108. doi:10.1029/2002JC001739.
64. O'Brien PE, I Goodwin, CF Forsberg, AK Cooper and J Whitehead. 2007. Late Neogene ice drainage changes in Prydz Bay, East Antarctica and the interaction of Antarctic ice sheet evolution and climate. 2006. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 245: 390-410.

65. Hickey BM. 1995. Coastal submarine canyons. *Topographic Effects in the Ocean: 'Aha Huliko 'a Hawaiian Winter Workshop*. University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii. Pp 95-110.
66. Sobarzo M, M Figueroa and L Djurfeldt. 2004. Upwelling of subsurface water into the rim of the Biobío submarine canyon as a response to surface winds. *Continental Shelf Research* 21: 279-299.
67. Hickey 1995.
68. Arrigo and van Dijken 2003.
69. Woehler et al. 2003.
70. Ibid.
71. Green K and R Williams. 1986. Observations on food remains in faeces of elephant, leopard and crabeater seals. *Polar Biology* 6: 43-45.
72. Gedamke and Robinson, 2010.
73. Hosie GW, 1994. Multivariate analyses of the macrozooplankton community and euphausiid larval ecology in the Prydz Bay region, Antarctica. ANARE Reports 137. Pp 209.
74. Kawaguchi et al. 2010.
75. Ibid.
76. Ibid.
77. McKinlay JP, DC Welsford, AJ Constable and GB Nowara. 2008. An assessment of the exploratory fishery for *Dissostichus* spp. on BANZARE Bank (CCAMLR Division 58.4.3b) based on fine-scale catch and effort data. *CCAMLR Science* 15: 145-153.
78. Taki K, M Kiyota, T Ichii and T Iwami. 2011. Distribution and population structure of *Dissostichus eleginoides* and *D. mawsoni* on the BANZARE Bank (CCAMLR Division 58.4.3b), Indian Ocean. *CCAMLR Science* 18: 145-153.
79. Agnew et al. 2009.
80. McKinlay et al. 2008.
81. Agnew et al. 2009.
82. Van de Putte AP, GD Jackson, E Pakhomov, H Flores and FAM Volckaert. 2010. Distribution of squid and fish in the pelagic zone of the Cosmonaut Sea and Prydz Bay region during the BROKE-West campaign. *Deep-Sea Research II* 57: 956-967.
83. Douglass et al. In press.
84. Ibid.
85. O'Brien et al. 2009.
86. Smith WO and DG Barber. 2007. *Polynyas: Windows to the World*. Elsevier Oceanography Series, 74. Amsterdam: Elsevier.
87. Brandt A, U Bathmann, S Brix, B Cisewski, H Flores, C Göcke, DJanussen, S Kräfigefsky, S Kruse, H Leach, K Linse, E Pakhomov, I Peeken, T Riehl, E Sauter, O Sachs, M Schuller, M Schrödl, E Schwabe, V Strass, JA van Franeker and E Wilmssen. 2011. Maud Rise – a snapshot through the water column. *Deep Sea Research Part II* 58(19-20): 1962-1982.
88. Woehler 1993.
89. Southwell et al. 2008c.
90. Douglass et al. In press.
91. Close DI, AB Watts and HMJ Stagg. 2009. A marine geophysical study of the Wilkes Land rifted continental margin, Antarctica. *Geophysical Journal International* 177: 430-450.
92. Australian Antarctic Division. 2012. Geology: Prehistory of Antarctica. Accessed on 23 August 2012 from www.antarctica.gov.au/about-antarctica/fact-files/geology.
93. Tikku AA and SC Cande. 1999. The oldest magnetic anomalies in the Australian-Antarctic Basin: are they isochrones? *Journal of Geophysical Research* 104(B1): 661-677.
94. Escutia C, L De Santis, F Donda, RB Dunbar, AK Cooper, G Brancolini and SL Eittrheim. 2005. Cenozoic ice sheet history from East Antarctic Wilkes Land continental margin sediments. *Global and Planetary Change* 45: 51-81.
95. Ibid.
96. Escutia C, SL Eittrheim, AK Cooper and CH Nelson. 2000. Morphology and acoustic character of the Antarctic Wilkes Land turbidite systems: ice-sheet sourced vs. river-sourced fans. *Journal of Sedimentary Research* 70(1): 84-93.
97. Torbjörn ET, SR Wortman, ZRP Mateo, GA Milne and JB Swenson. 2006. Did the last sea level lowstand always lead to cross-shelf valley formation and source-to-sink sediment flux? *Journal of Geophysical Research* 111(F04002): 1-13.
98. Southwell et al. 2008c.
99. Melick D and W Bremmers. 1995. A recently discovered breeding colony of emperor penguins (*Aptenodytes forsteri*) on the Budd Coast, Wilkes Land, East Antarctica. *Polar Record* 31(179): 426-427.
100. Woehler EJ, DJ Slip, LM Robertson, PJ Fullagar and HR Burton. 1991. The distribution, abundance and status of Adélie penguins *Pygoscelis Adellae* at the Windmill Islands, Wilkes Land, Antarctica. *Marine Ornithology* 19(1): 1-18.
101. Orsi AH, GC Johnson and JL Bullister. 1999. Circulation, mixing and production of Antarctic Bottom Water. *Progress in Oceanography* 43: 55-109.
102. Smith MB, J-P Labat, AD Fraser, RA Massom and P Koubbi. 2011. A GIS approach to estimating interannual variability of sea ice concentration in the Dumont d'Urville Sea near Terre Adélie from 2003 to 2009. *Polar Science* 5(2): 104-117.
103. CCAMLR. 2011. Fishery Reports, Appendix E: Report on Bottom Fisheries and Vulnerable Marine Ecosystems. CCAMLR: Hobart.
104. Koubbi P, M Moteki, G Duhamel, A Goarant, P-A Hulley, R O'Driscoll, T Ishimaru, P Pruvost, E Tavernier and G Hosie. 2011a. Ecoregionalization of myctophid fish in the Indian sector of the Southern Ocean: Results from generalized dissimilarity models. *Deep Sea Research II* 58: 170-180.
105. Post AL, RJ Beaman, PE O'Brien, M Eleaume and MJ Riddle. 2011. Community structure and benthic habitats across the George V Shelf, East Antarctica: Trends through space and time. *Deep-Sea Research II* 58: 105-118.
106. Hosie G, P Koubbi, M Riddle, C Ozouf-Costaz, M Moteki, M Fukuchi, N Ameziane, T Ishimaru and A Goffart. 2011. CEAMARC, the Collaborative East Antarctic Marine Census for the Census of Antarctic Marine Life (IPY # 53): An overview. *Polar Science* 5: 75-87.
107. Post et al. 2011.
108. Amakasu K, A Ono, D Hirano, M Moteki and T Ishimaru. 2011. Distribution and density of Antarctic krill (*Euphausia superba*) and ice krill (*E. crystallorophias*) off Adelie Land in austral summer 2008 estimated by acoustical methods. *Polar Science* 5: 187-194.
109. Koubbi P, C O'Brien, C Loots, C Giraldo, M Smith, E Tavernier, M Vacchi, C Vallet, J Chevallier and M Moteki. 2011b. Spatial distribution and inter-annual variation in the size frequency distribution and abundances *Pleuragramma antarcticum* larvae in the Dumont d'Urville Sea from 2004 to 2010. *Polar Science* 5: 225-238.
110. Barbraud C, KC Delord, T Micol and P Jouventin. 1999. First census of breeding seabirds between Cap Bienvenue (Terre Adélie) and Moyes Islands (King George V Land), Antarctica: new records for Antarctic seabird populations. *Polar Biology* 21: 146-150.
111. Micol T and P Jouventin. 2001. Long-term population trends in seven Antarctic seabirds at Pointe Geologie (Terre Adélie). *Polar Biology* 24: 175-185.
112. Barbraud et al. 1999.
113. Micol and Jouventin 2001.
114. Jenouvrier S, H Caswell, C Barbraud, M Holland, J Stroeve and H Weimerskirch. 2009. Demographic models and ipcc climate projections predict the decline of an emperor penguin population. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 1844-1847.
115. Koubbi P, G Duhamel, J Hecq, C Beans, C Loots, P Pruvost, E Tavernier, M Vacchi and C Vallet. 2009. Ichthyoplankton in the neritic and coastal zone of Antarctica and Subantarctic islands: A review. *Journal of Marine Systems* 78: 547-556.
116. Rintoul SR. 2007. Rapid freshening of Antarctic Bottom Water formed in the Indian and Pacific oceans. *Geophysical Research Letters* 34(L06606): doi:10.1029/2006GL028550.
117. Australian Antarctic Division. 2010. Massive iceberg calves from the Mertz Glacier. *News*.
118. Australian Antarctic Division. 2011. Mertz Glacier calving provides scientific opportunities. *Australian Antarctic Magazine* 20: 1-4.
119. Kushara K, H Hasumi and GD Williams. 2011. Impact of the Mertz Glacier Tongue calving on dense water formation and export. *Nature Communications* 2: 159.
120. Clapham P, Y Mikhalev, W Franklin, D Paton, CS Baker, YV Ivashchenko and RL Brownell Jr. 2009. Catches of Humpback Whales, *Megaptera novaeangliae*, by the Soviet Union and Other Nations in the Southern Ocean, 1947-1973. *Marine Fisheries Review* 71(1): 39-43.
121. Ibid.
122. International Whaling Commission. 2012. Status of whales. Accessed on 24 August 2012 from www.iwcoffice.org/status#species.
123. Clapham et al. 2009.
124. International Whaling Commission 2012.
125. Clapham P, S Young and R Brownell Jr. 1999. Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammal Review* 29: 35-60.
126. Duhamel G and R Williams. 2011. History of whaling, sealing, fishery and aquaculture trials in the area of the Kerguelen Plateau. In *The Kerguelen Plateau: marine ecosystem and fisheries*, G Duhamel and D Welsford, eds. Société Française d'Ichtyologie. Pp 15-28.
127. Pauly T, S Nicol, I Higginbottom, G Hosie, and J Kitchener. 2000. Distribution and abundance of Antarctic krill (*Euphausia superba*) off East Antarctica (80-150°E) during the Austral summer of 1995/1996. *Deep Sea Research III* 47: 2465-2488.
128. Nicol S and J Foster. 2003. Recent trends in the fishery for Antarctic krill. *Aquatic Living Resources* 16: 42-45.
129. Jarvis T, N Kelly, S Kawaguchi, E van Wijk and S Nicol. 2010. Acoustic characterisation of the broad-scale distribution and abundance of Antarctic krill (*Euphausia superba*) off East Antarctica (30-80°E) in January-March 2006. *Deep-Sea Research II* 57: 916-933.
130. Kock KH, K Reid, J Croxall and S Nicol. 2007. Fisheries in the Southern Ocean: An ecosystem approach. *Philosophical Transaction of the Royal Society* 362: 2333-2349.
131. CCAMLR. 1990a. Statistical Bulletin Volume 1 (1970-1979). Hobart, Australia.
132. Kock et al. 2007.
133. CCAMLR. 2012. Krill (*Euphausia superba*). Accessed on 10 July 2012 from www.ccamlr.org/pu/E/sc/fish-monit/hs-krill.htm.
134. Nicol S, J Foster and S Kawaguchi. 2012. The fishery for Antarctic krill – recent developments. *Fish and Fisheries* 13: 30-40.
135. Kock et al. 2007.
136. Nicol et al. 2012.
137. Duhamel G, P Gasco and P Davaine. 2005. *Poissons des Iles Kerguelen et Crozet*. Guide Régional de l'Océan Austral. Musée National d'Histoire Naturelle, Paris.
138. Kock KH. 1992. *Antarctic Fish and Fisheries*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
139. CCAMLR. 1990b. Statistical Bulletin Volume 2 (1980-1989). Hobart, Australia.
140. Kock 1992.
141. CCAMLR. 2012a. Fishery report: Exploratory fishery for *Dissostichus* spp. in Division 58.4.2. Appendix O. Hobart: CCAMLR.

142. CCAMLR. 2012b. Fishery report: Exploratory fishery for *Dissostichus spp.* in Division 58.4.1. Appendix N. Hobart: CCAMLR.
143. CCAMLR. 2006. Report of the Twenty-fifth Meeting of the Scientific Committee. Hobart.
144. Ibid.
145. Agnew et al. 2009.
146. CCAMLR. 2009. Report of the Twenty-eighth Meeting of the Scientific Committee. Hobart: Australia.
147. CCAMLR 2006.
148. Ibid.
149. CCAMLR. 2008. Report of the Twenty-seventh Meeting of the Scientific Committee. Hobart: Australia.
150. CCAMLR 2006.
151. Österblom H, UR Sumaila, Ö Bodin, HJ Sundberg and AJPress. 2010. Adapting to Regional Enforcement: Fishing Down the Governance Index. *PLoS ONE* 5(9): e12832.
152. CCAMLR. 2010. Report of the Twenty-ninth Meeting of the Scientific Committee. Hobart: Australia.
153. CCAMLR Conservation Measures 22-06 and 22-07.
154. TRAFFIC. 2009. Australia confiscates 130 km long deepwater gillnet. Accessed April 25 2012 from <http://www.traffic.org/home/2009/11/6/australia-confiscates-130-km-long-deepwater-gillnet.html>.
155. Agnew D, D Butterworth D, M Collins, I Everson, S Hanchet, KH Kock and L Prenske. 2002. Inclusion of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* and Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* in Appendix II. Proponent: Australia. Ref. CoP 12 Prop. 39. TRAFFIC East Asia, TRAFFIC East/Southern Africa-South Africa. TRAFFIC Oceania, TRAFFIC South America.
156. Croxall JP and S Nicol. 2004. Management of Southern Ocean fisheries: global forces and future sustainability. *Antarctic Science* 16(4): 569-584.
157. Norse EA, S Brooke, WWL Cheung, MR Clark, I Ekeland, R Froese, KM Gjerde, RL Haedrich, SS Heppell, T Morato, LE Morgan, D Pauly, R Sumaila and R Watson. 2012. Sustainability of deep-sea fisheries. *Marine Policy* 36: 307-320.
158. McKinlay et al. 2008.
159. Agnew et al. 2009.
160. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press.
161. Meredith MP and JC King. 2005. Rapid climate change in the ocean west of the Antarctic Peninsula during the second half of the 20th century. *Geophysical Research Letters* 32: L19604.
162. Stammerjohn SE, DG Martinson, RC Smith, X Yuan and D Rind. 2008. Trends in Antarctic annual sea ice retreat and advance and their relation to El Niño-Southern Oscillation and Southern Annular Mode variability. *Journal of Geophysical Research* 113: C03S90.
163. Turner J, T Maksym, T Phillips, GJ Marshall and MP Meredith. 2012. The impact of changes in sea ice advance on the large winter warming on the western Antarctic Peninsula. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3474.
164. Stammerjohn et al. 2008.
165. Thompson DWJ, S Solomon, PJ Kushner, MH England, KM Grise and DJ Karoly. 2011. Signatures of the Antarctic ozone hole in Southern Hemisphere surface climate change. *Nature Geoscience* 4: 741-749.
166. Vaughan DG, GJ Marshall, WM Connolley, JC King and R Mulnavey. 2001. Devil in the Detail. *Science* 293 (5536): 1777-1779.
167. Houghton JT, Y Ding, DJ Griggs, M Noguer, PJ van der Linden and D Xiaosu. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
168. Curran MAJ, TD van Ommen, VI Morgan, KL Phillips and AS Palmer. 2003. Ice core evidence for Antarctic sea ice decline since the 1950s. *Science* 302(5648): 1203-1206.
169. Ibid.
170. Parkinson CL. 2002. Trends in the length of the Southern Ocean sea-ice season, 1979-1999. *Annals of Glaciology* 34(1): 435-440.
171. Barbraud C and H Weimerskirch. 2001. Emperor penguins and climate change. *Nature* 411: 183-186.
172. Ibid.
173. Ibid.
174. Jenouvrier et al. 2012.
175. Barbraud C and H Weimerskirch. 2006. Antarctic birds breed later in response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(16): 6248-6251.
176. Ibid.
177. Parkinson CL and P Gloersen. 1993. Global sea ice coverage. In *Atlas of satellite observations related to global change*, RJ Gurney, JL Foster and CL Parkinson, eds. Cambridge: Cambridge University Press. Pp. 371-383.
178. Smetacek V, R Scharek and EM Nöthig. 1990. Seasonal and regional variation in the pelagial and its relationship to the life cycle of krill. In *Antarctic Ecosystems, Ecological Change and Conservation*, KR Kerry and G Hempel, eds. Berlin: Springer-Verlag. Pp 103-114.
179. Forcada J, PN Trathan, PL Boveng, JL Boyd, JM Burns, DP Costa, M Fedak, TL Rogers and CJ Southwell. 2012. Responses of Antarctic pack-ice seals to environmental change and increasing krill fishing. *Biological Conservation* 149(1): 40-50.
180. Siniff DB, RA Garrott, JJ Rotella, WR Fraser and DG Ainley. 2008. Projecting the effects of environmental change on Antarctic Seals. *Antarctic Science* 20: 425-435.
181. Jacobson MZ. 2005. Studying ocean acidification with conservative, stable numerical schemes for nonequilibrium air-ocean exchange and ocean equilibrium chemistry. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres* 110: doi:10.1029/2004JD005220.
182. Anonymous. 2009. Report of the Ocean Acidification and Oxygen Working Group, International Council for Science's Scientific Committee on Ocean Research (SCOR) Biological Observatories Workshop. Accessed 5 September 2012 from: http://www.scor-int.org/OBO2009/A&O_Report.pdf
183. Orr J, VJ Fabry, O Aumont, L Bopp, SC Doney, RA Feely, A Gnanadesikan, N Gruber, A Ishida, RM Key, K Lindsay, E Maier-Reimer, R Matear, P Monfray, A Mouchet, RG Najjar, GK Plattner, KB Rodgers, CL Sabine, JL Sarmiento, R Schlitzer, RD Slater, JJ Totterdell, MF Weirig, Y Yamanaka and A Yool. 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impacts on calcifying organisms. *Nature* 437: 681-686.
184. Ibid.
185. Ibid.
186. Kawaguchi S, H Kurihara, R King, L Hale, T Berli, JP Robinson, A Ishida, M Wakita, P Virtue, S Nicol and A Ishimatsu. 2011. Will krill fare well under Southern Ocean acidification? *Biological Letters* 7(2): 288-291.
187. Lubchenco J, SR Palumbi, SD Gaines, and S Andelman. 2003. Plugging a Hole in the Ocean: the Emerging Science of Marine Reserves. *Ecological Applications* 13(1): S3-S7.
188. World Summit on Sustainable Development, 2002.
189. CCAMLR 2009.
190. CCAMLR Conservation Measure 91-04.
191. CCAMLR. 2011. Report of the Workshop on Marine Protected Areas. CCAMLR: Hobart.
192. Bohnsack JA. 1999. Incorporating no-take marine reserves into precautionary management and stock assessment. In *Providing scientific advice to implement the precautionary approach under the Manguson-Stevens Fishery Conservation and Management Act*, VR Restrepo, ed. NOAA Technical Memorandum NMFSF/SPO-40. Pp 8-16.
193. Novacek I. 1995. Possible roles for marine protected areas in establishing sustainable fisheries in Canada. In *Marine protected areas and sustainable fisheries*, NL Shackell and JHM Willison, eds. Centre for Wildlife and Conservation Biology, Acadia University, Wolfville, Nova Scotia, Canada. Pp 31-36.
194. Lester SE, BS Halpern, K Grorud-Colvert, J Lubchenco, BI Ruttenberg, SD Gaines, S Airamé and RR Warner. 2009. Biological effects within marine reserves: a global synthesis. *Marine Ecology Progress Series* 384: 33-46.
195. Aburto-Oropeza O, B Erisman, GR Gallard, I Mascareñas-Osorio, E Sala and E Ezcurra. 2011. Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *PLoS One* 6(8): e23601.
196. National Research Council. 2001. Marine protected areas: tools for sustaining ocean ecosystems. National Academy Press, Washington, DC.
197. Bohnsack et al. 2004.
198. Ibid.
199. McLeod E, R Salm, A Green and J Almany. 2009. Designing marine protected area networks to address the impacts of climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(7): 362-370.
200. Schlacher TA, MA Schlacher-Hoenlinger, A Williams, F Althaus, JNA Hooper and R Kloser. 2007. Richness and distribution of sponge megabenthos in continental margin canyons off southeast Australia. *Marine Ecology Progress Series* 340: 73-88.
201. Brandt A, C De Broeyer, I De Mesel, KE Ellingsen, AJ Gooday, B Hilbig, K Linse, MRA Thomson and PA Tyler. 2007. The biodiversity of the deep Southern Ocean benthos. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 362(1477): 39-66.
202. Clark et al. 2010.
203. Woehler et al. 2003.
204. Ibid.
205. Ibid.
206. Zimmer I, RP Wilson, C Gilbert, M Beaulieu, A Ancel and J Plötz. 2007. Foraging movements of emperor penguins at Pointe Géologie, Antarctica. *Polar Biology* 31(2): 229-243.
207. Delord K, C Cotte, C Peron, C Marteau, P Pruvost, N Gasco, G Duhamel, Y Chérel and H Weimerskirch. 2010. At-sea distribution and diet of an endangered top predator: relationship between white-chinned petrels and commercial longline fisheries. *Endangered Species Research* 13: 1-16.
208. Bohnsack 1999.
209. Ibid.



www.antarcticocean.org

The following organisations make up the Antarctic Ocean Alliance:



Oceans 5

GREENPEACE



theLASTOCEAN

Associate AOA organisations:

