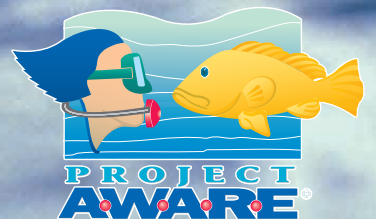


AWARE

OUR WORLD, OUR WATER



ACKNOWLEDGEMENTS

Project AWARE Foundation would like to thank our partner, Professional Association of Diving Instructors (PADI), for the generous donation of this manual. In particular we would like to thank PADI staff and others who have contributed to the manuscript: Kurt Amsler, Lori Bachelor-Smith, Greg Beatty, Juerg Beeli, Alex Brylske, Kristen Core, Pat Fousek, Yoshihiro Inoue, John Kinsella, Todd R. Menzel, Jan Moeller Busch, Jean-Claude Monachon, Jeff Myers, Mary Kaye Nesbit, Henrik Nimb, Olle Olsson, Carol Porter, Suzanne Pleydell, Drew Richardson, Dail Schroeder, Karl Shreeves, Brad Smith, Susan E. Tate, Kristin Valette and Bob Wohlers.

Project AWARE Foundation also thanks the following individuals and organizations for their photo contributions: 5Ball, Kurt Amsler, Peter Auster, Ken Berry, Alex Brylske, John Boyer, Dana Point Historical Society, Jeremy Stafford-Dietsch, Peter Dreisel, Douglas Good, Tom Haight, Bill Journey, Jean-Marc Labbe, John Nesbit, Mary Kaye Nesbit, Bob Leite, Tiffany Leite, Michigan Sea Grant, Andy Muir, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Undersea Research Center (NURC), North Carolina National Estuarine Research Center, Ocean Conservancy, Terrence O'Brien, Alese Pechter, Mort Pechter, Doug Perrine, Innerspace Visions, Damian Searles, Katherine Smith, Michel Verdure, Philip Pinto, REEF, Reef Relief, Jeremy Stafford-Deitsch, Kristin Valette, Vee TECH, Cliff Wassmann, Daniel West, Bob Wohlers and Margan Zajdowicz.

To download a free PDF of this document, to learn more about Project AWARE Foundation, and to submit comments or suggestions about this, or other Project AWARE products or programs, please visit our website:

www.projectaware.org

AWARE-Our World, Our Water

Copyright Project AWARE Foundation 2009

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 3.0 Unported License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

Product No. 70241J (Rev 4/10) Version 1.02

目次

第1章

はじめに

はじめに	1-1
このマニュアルの使い方	1-3
プロジェクトAWARE財団について	1-4

第2章

水中世界

地球の水中環境	2-1
淡水生態系	2-4
海洋と海	2-7
海の生産性	2-8
沿岸水域	2-12

第3章

温帯水域と極地域

海洋生産性	3-2
潮間帯の生物	3-4
ケルプの森	3-11
極地域	3-15

第4章

サンゴ礁

サンゴ礁 – 多様性とその美しさ	4-1
サンゴ礁の魚	4-5
自然の脅威と人為的脅威	4-10

第5章

危機に瀕している水中資源

汚染	5-1
漁業問題	5-10
沿岸地域と湿地帯の自然破壊	5-19

第6章

進む環境破壊

世界で最も危機に瀕している 海域	6-1
---------------------------	-----

第7章

水中環境保護のために

何ができるか

AWAREダイビング	7-1
環境保護への関わり	7-4
水中環境からのゴミの撤去	7-5
係留ブイ	7-8
海洋保護地域	7-9
人工漁礁	7-10
未来	7-12

付録

用語集	A-1
参考文献	A-5
ナレッジ・レビュー	A-6

第1章

はじめに



はじめに

- はじめに
- このマニュアルの使い方
- プロジェクトAWAREについて



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

はじめに

「われわれ人類の故郷である地球が海洋だということは明らかなのに、それをアース（陸地）と呼ぶとは何と奇妙なことか」

－アーサー・C・クラーク

水

は命です。私たちの誰もが、そしてあらゆる生物が、水源としてばかりか、食料、輸送、電力、健康、娯楽においても、地球上の大洋や海、大小河川、湖沼に依存しています。私たち人間と水との関わりは多方面にわたっています。水中や水辺に棲む生物に美しさや驚異を見出すこともあれば、しばしば水面を見ているだけで心が落ち着くこともあります。一方、人類の幸福と利益のために、水資源の管理や利用にも努めています。人間と水との関係は、現在も、そして将来にわたっても、重要で否定できないのです。

「これまで多くのものをもたらしてくれた水中世界を、私たちの子供たちや、そのまた子供たち、そして未来の世代もが楽しむことができると思いたい。人類が直面している重要な問題は多いが、これこそ私たちが取り組むべき問題だ。ダイバーが水中世界の保護に積極的に取り組まなければ、誰が取り組むというのだろうか」

－ジョン・J・クローニン（PADI 最高経営責任者）

このマニュアルは、プロジェクトAWAREスペシャルティ・コースとAWAREサンゴ礁の保護スペシャルティ・コースの生徒用マニュアルです。水中環境の理解や保護に興味を持つ方に役立つ貴重な情報源にもなっています。各章の内容は、以下の通りです。

- どのように水中世界全体が、ひとつの生態系として成り立っているか（第2章）。
- 温帯海域と両極地域の重要性と、両海域への脅威（第3章）。

- 海洋の最も美しい自然環境のひとつである、サンゴ礁への脅威（第4章）。
- 漁業関連や沿岸水域、湿原の減少・汚染など、水中生態系を危機に曝す関連問題（第5章）。
- 環境上、世界で最も危機に瀕している地域（第6章）。
- どうすれば世界的な水中生態系の保護に貢献できるか（第7章）。



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce



このマニュアルの使い方

こ

このマニュアルを最大限に活用するためには、まず集中できる快適な場所を見つけてください。次に、見出しや写真、イラスト、またそれらに関する説明に注意しながら、さっと目を通してください。大まかな内容を知ることができます。各章を読み始める前に、学習目標を見てください。マニュアルの中に学習目標の答えを見つけたら、該当する部分にマーカーペンで色をつけたり、アンダーラインを引いたりすれば、学習効果は上がりますし、後で思い出すのにも役立ちます。

各章の終わりに、自分の理解度を確かめる練習問題があります。答えを間違えたら、章のその部分を理解できるまで読み直してください。マニュアルの終わりには各章からの問題を含んだナレッジ・レビューがあります。答えを出すのに必要な部分を読み返して、ナレッジ・レビューを完成させてください。プロジェクトAWAREスペシャルティ・コース受講の皆さんは、インストラクターと一緒にナレッジ・レビューを行い、わからない点にお答えします。

プロジェクトAWAREスペシャルティ・コース

1998年、プロジェクトAWAREは、プロジェクトAWAREスペシャルティ・コースを導入し、教育的使命を拡張しました。このコースは、ダイビングをする・しないを問わずすべての人に、世界の水中生態系の苦境をきちんと、しかし楽しく紹介するものです。海洋や淡水の環境についてより多くのことを知りたい人や責任を果たしたいと思うあらゆる人に対して、担当のPADIプロフェッショナルがこのプログラムを提供します。水中世界を観賞するには、ダイビングとスノーケリングが最適な方法ですが、プロジェクトAWAREスペシャルティ・コースへ参加するためには、ダイバーである必要はありません。水に覆われた地球の70%について、もっと知りたいという人であれば、誰でも参加できるのです。

PADI—THE PROFESSIONAL ASSOCIATION OF DIVING INSTRUCTORS “THE WAY THE WORLD LEARNS TO DIVE™”

PADI(The Professional Association of Diving Instructors)は、世界最大のレクリエーション・ダイバー・トレーニング団体です。PADIのメンバーはダイビング企業やリゾート施設、学術団体、インストラクター・トレーナー、ダイビング教育者、ダイバー、スノーケラー、その他のウォータースポーツ・ファンなどで構成されています。プロフェッショナルPADIメンバー（ダイブセンター、リゾート、



教育施設、インストラクター、アシスタント・インストラクター、ダイブマスター）は、世界のレクリエーション・ダイバーの大多数を指導しており、毎年100万近い認定証を発行しています。PADIのプロフェッショナルは、大勢の人が水中のアドベンチャーを楽しめるようにする一方で、ダイブ・トレーニング、安全性、顧客サービスに対し、業界で最高水準を保っています。PADIは、水中環境保護を目的とする非営利団体、プロジェクトAWARE財団を設立した最初のダイビング指導団体です。

プロジェクトAWARE財団について

水

中環境が健全な状態であるかを、ダイビング業界ほど独自の意見を持って、心配している業界は他にはありません。海洋・淡水生態系の双方が直面している問題への意識の高まりに応じ、PADIは1989年、環境倫理キャンペーンとしてプロジェクトAWARE（Aquatic World Awareness, Responsibility and Education=水中世界への自覚、責任、教育）を開始しました。1992年、プロジェクトAWAREは、非営利団体として登録されました。

プロジェクトAWAREは、世界中の10万以上のPADIプロフェッショナル・ネットワークを通じて、毎年およそ100万人に水中教育プログラムや責任あるダイビング習慣、保護活動を伝えています。

プロジェクトAWAREの目的と使命

プロジェクトAWAREは、教育、支持、行動を通して水中環境の保護活動を行なっています。

プロジェクトAWAREは、ダイバーやウォータースポーツ・ファンと連携し、世界中の水中環境を保護しています。財団は世界の環境問題解決のための環境プロジェクト、活動、キャンペーンに参加するようダイバーに促します。水中環境への広範囲

にわたる関わり強化、補強のため、プロジェクトAWAREは同じ考えを持つ市民組織や公的機関と力を合わせ、共通の目標の強化、提携関係の構築を行なってきました。

財団はまた、寄付プログラムを通して、毎年30万アメリカドル以上の資金を提供し、保護プロジェクトを支援しています。個人や組織からは、地域のダイビング・スポットのクリーンナップから長期間の研究プロジェクトに至るまで、その活動に対する助成金の申請があります。





ゴミの一覧表を作成している国際・クリーンナップ・デーの参加者



水中モニタリングプロジェクトに参加しているダイバー



アンカーによるダメージを防ぐため、サンゴ礁に係留ブイを設置するダイバー

© Reef Relief

この10年間、プロジェクトAWARE財団は、数多くの環境活動の成功に貢献してきました。いくつかの目立った貢献例は以下の通りです。

- ・ **国際・クリーンナップ・デー**：毎年9月、数万人のダイバーとノンダイバーの人々が、世界的な活動の一環として、地元海岸の水面と水中のクリーンナップを行なっています。クリーンナップの主催者は、回収したゴミの量と種類を記録します。このデータはプロジェクトAWAREのパートナーであるオーシャン・コンサーバンシー (The Ocean Conservancy) によってまとめられ、各地域の改善や悪化をモニタリングするのに用います。
- ・ **ダイブ・フォー・アース・デー**：4月22日のアース・デーには、世界中のプロジェクトAWARE支援者が、特別な環境プロジェクト・イベントを実施します。例えば、水中クリーンナップ、係留ブイの設置、サンゴ礁調査プロジェクト、魚生息数調査などがあり、ダイバーの知的水準を高め、水中環境との積極的な関わりを促します。
- ・ **人工漁礁とレック**：90年代初頭以来、同財団は、船隻をカナダ沖やメキシコ沖、米国沖、北米五大湖の人工漁礁に変える手伝いをしました。主催者は、船を沈める前に徹底的に掃除し、海洋生物の棲みかとなるよう、またダイバーの安全性を高めるよう、たくさんの通路を作ります。こうした人工漁礁は、減っている天然漁礁の緩和策として役立ちます。
- ・ **係留ブイ・プログラム**：同財団の援助により、世界の人気ダイビング・ポイントには現在数百の係留ブイが浮いており、ダイビング・ボートがアンカーを下ろす必要性はほとんどなくなりました。地域によってアンカーによるサンゴ礁へのダメージがなくなったり、大幅に減少しました。関心を持たれたダイブ・オペレーターは、同財団プログラムを通じて、地元のダイビング・ポイントにブイを設置するための完全な指導、相談、資金援助を受けられるでしょう。

第2章

水中世界 —
巨大なひとつの生態系



水中世界 — 巨大なひとつの生態系

- 地球の水中環境
- 淡水生態系
- 海洋と海
- 海の生産性
- 沿岸水域

学習目標

マニュアルを読んで、本文の中で以下の質問の答えに該当する部分にマーカーペンで色をつけたり、アンダーラインを引いておいてください。

1. 地球上のすべての水は、最終的にはどのようにつながっていますか？
2. 陸地の領域と比べた場合、水中の領域は体積・面積・生活圏・温度の点でどう違いますか？
3. 2つの主要な淡水生態系とは何ですか？また2つの違いは何ですか？
4. 2つの主要な海洋水域とは何ですか？また2つの違いは何ですか？
5. 海洋の平均鉱物（塩）組成はどのくらいですか？またその発生源は？
6. 海の世界連鎖の基礎は何ですか？また場所によって非常に生産性が高くなるのはなぜですか？
7. 沿岸環境と外洋環境の生産性はどう違いますか？
8. 沿岸水域と湿地帯が重要なのはなぜですか？

地球の水中環境

世界の海洋と言う時、

「oceans」と複数形を使うものの、実際に海洋はひとつしかありません。実は地球上のすべての水は、最終的にはつながっています。陸地によって隔てられたり囲まれたりしていても、すべての淡水と海水の水はつながっているのです。



海洋が5つの異なる名前（太平洋、大西洋、南極海、北極海、インド洋）を持つのは、地球の地理があまり知られていない時代につけられたからです。今日では、ひとつの海洋中の領域を区別するために使われています。

淡水は、地球の水圏（水本体を含む、地球を包む含水層）のかなりの部分を占めていると思われがちですが、実はそうではないのです。北米五大湖、ロシア・バイカル湖、南米アマゾン川、アフリカ・ナイル川、中国・黄河、米国ミシシッピー川が各々含む水を合わせても、インド洋海盆の水量にははるかに及びません。地球上の水のわずかに約3%が淡水で、しかもその4分の3が極地の万年雪なのです。そのうえ20%は地下水なので、世界に数多くある河川や湖沼の割合は、ほんのわずかと

ということになります。ところが、この小さな割合の水が、地球上の生物にとって非常に重要なのです。

それがどこであろうと（淡水であろうと海水であろうと）水は1個の酸素原子と結合した2個の水素原子です。絶え間ない蒸発・液化・降水という水の循環によって、どんな水滴も海洋、海、湾、河川、湖沼を循環します。今日、海洋にある水は、昨日は川の水だったかもしれません。それとも、どこかの冷蔵庫の角氷だったかもしれませんし、深い井戸から汲み上げられてどこかの芝生に撒かれた水だったかもしれません。

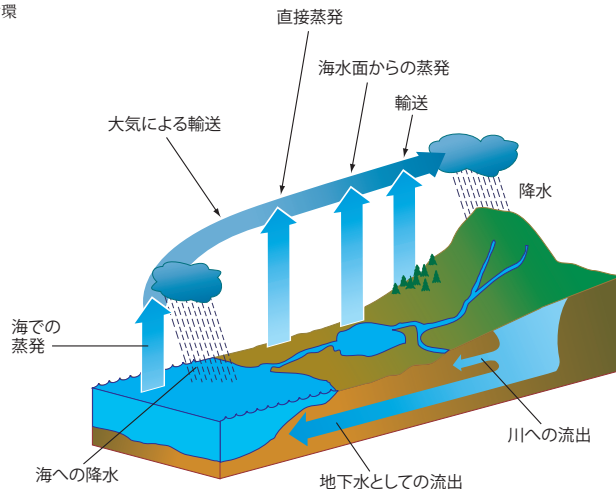
水は循環しながらも汚染物質を運ぶため、環境にダメージを与える恐れは拡大します。だからこそ、水質問題は特定地域ではなく、世界規模の問題なのです。

体積・面積・生活圏

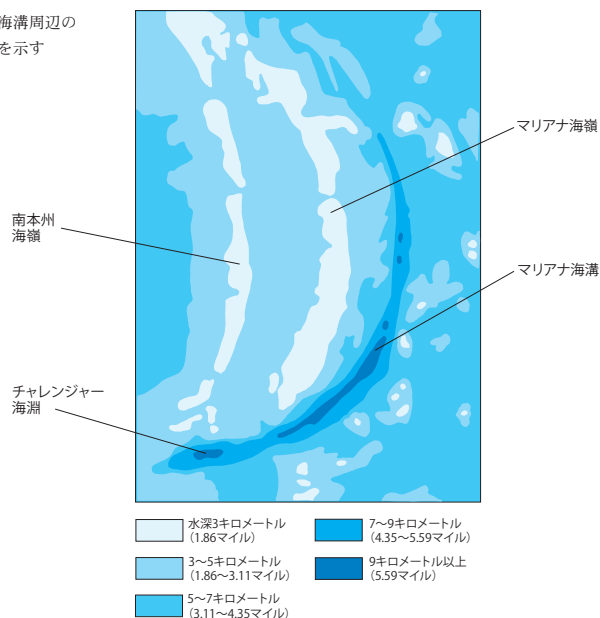
水は、地球表面積の70%以上、3億6565万6200平方キロメートル（1億4118万平方マイル）を占めています。太平洋だけで、すべての陸地を合わせた面積の1.25倍あります。体積では、海洋は13億5000万立方キロメートル（3億2400万立方マイル）の水を湛えており、地球上の全生活（生命活動）圏の99%を占めています。

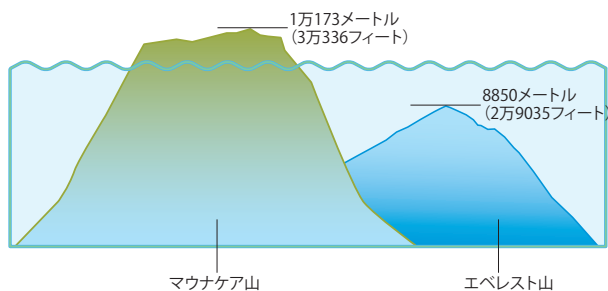
海洋は、地球表面の多くを占めるばかりか、驚くべき深さを隠し持っています。陸地の平均海拔840メートル（2755フィート）に対し、海洋の平均深度は約3729メートル（1万2238フィート）になります。最深部は、太平洋のマリアナ海溝内のチャレンジャー海淵です。この海淵は、1951年に初めてマリアナ海溝の場所を正確に示した英国船チャレンジャー号にちなんで名付けられました。海淵の底は、水深1万1022メートル（3万6150フィート）、すなわち11.02キロメートル（6.85マイル）になります。チャレンジャー海淵に地上最高峰のエベレスト山を丸々沈めたとしても、まだ2400メートル（8000フィート）余裕があります。マリアナ海溝の底の水圧は、なんと1平方センチ当たり1200キログラム（1平方インチ当たり1万6000ポンド）にもなります。

水の循環



マリアナ海溝周辺の
相対深度を示す
起伏地図





エベレスト山と比較した地球上最高峰のマウナケア山

地上最高峰の山脈も、海底に連なる山脈にはかきません。例えば、エベレスト山の頂上は海拔8850メートル（2万9028フィート）ありますが、ハワイのマウナケア山と比べれば低いのです。というのは、マウナケア山の頂上は、海拔では4193メートル（1万3753フィート）しかないのですが、海底から測ると1万173メートル（3万3367フィート）あるからです。

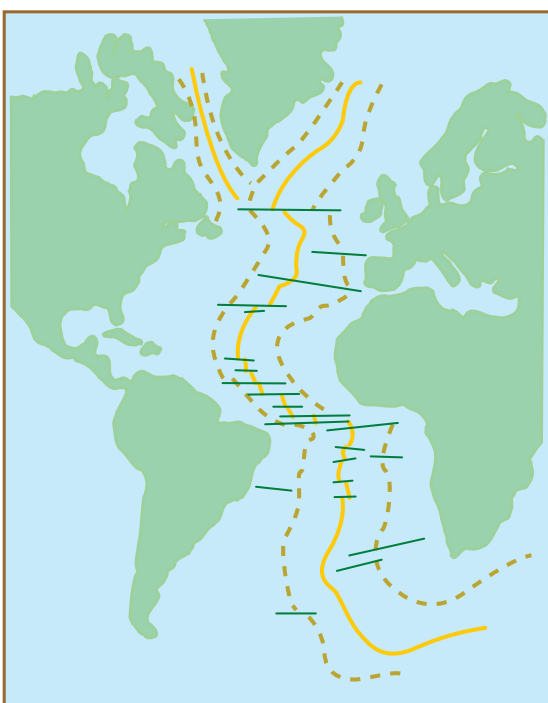
地球上で最も長い山脈も海底にあります。中央海嶺は、北極海から始まり、曲がりくねって大西洋を進み、アフリカ大陸、アジア大陸、オーストラリア大陸を迂回して太平洋を横断し、北米西海岸まで続きます。その全長は、南米アンデス山脈と北米ロッキー山脈、アジアのヒマラヤ山脈を合わせた長さの4倍あります。

温度

もうひとつの、水中と地上の決定的な違いは、温度較差です。地上環境は、南極で約 -37°C （華氏 -100°F ）となる一方で、多くの地域で優に 37°C （華氏 100°F ）を超えるなど、較差が非常に大きいのです。

水温は、水が液体の状態を保つ温度幅が比較的狭く、しかも他の自然物質より、多くの熱を吸収できるため、気温よりもずっと一定しています。これらの要因により、地上環境より水中環境は、温度の安定度が高いのです。このため、水中生態系は、日毎の温度が大きくは変動しないので、季節による変化は緩やかです。深海では、特にそれが言えます。

海面温度は、気温よりも較差はずっと小さいとはいえ、極地方の氷点下（塩分があるため水結しません）から、ベルシャ湾の 37°C （華氏 100°F ）まで、かなりの較差があります。とはいえ、海水の99%を含む深海の平均水温は、 3.5°C （華氏 37°F ）の低温で一定しています。



- 隆起の縁
- 破碎帯もしくは海嶺
- 大洋隆起の頂点

大西洋の中央海嶺

淡水生態系

淡

水生生態系は、規模からいえば地球水中環境のほんの一部にすぎないものの、非常に重要で多様な領域です。淡水生態系の多様性については、アマゾン川が最適な例です。世界中のサンゴ礁で見られるほとんどすべての種類の魚と同数の種類を見ることができ、カリブ海のサンゴ礁の5倍の種類の魚が生息しているため、多くの科学者はアマゾンをもっと多様性のある地域と考えています。

淡水の移動も、重要な役目を果たしています。継続する浸食と堆積により、広大な土地を形成します。淡水が運ぶ堆積物は、動植物の栄養となります。また河川を利用した輸送は、人類の歴史に大きく貢献してきました。

淡水生態系を対象とする陸水学は、大きく次の2つに分けられます。

- ・ 静水：湖や池など動かない水の生息地
- ・ 動水：河川や小川など流水の生息地

土壌の水分が多い湿地帯や干潟、河口の中には淡水生態系に含まれるものもあります。

静水生態系

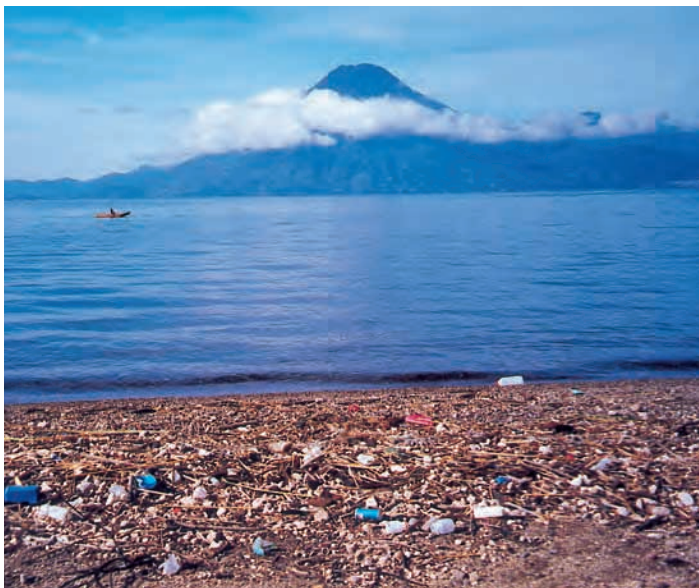
湖や池は、本来、静水を湛えた内陸低地に他なりません。大きさは1ヘクタール（2.4エーカー）以下の小さな池から、数千平方キロメートル（マイル）にもなる巨大な内海まで様々です。深さも、1メートル（3フィート）から、2000メートル（6000フィート）以上まで色々あります。



湖沼は、氷河による浸食・堆積や、小川を塞ぎ止める岩や土石の堆積、また土地の沈下や洪水といった地球活動によって形成されます。中には、地球活動以外によって形成される淡水系もあります。人は、水の貯蔵や電力、灌漑のために意図的に河川を塞ぎ止めます。採石場や露天鉱には水が溜りますし、ビーバーでさえも小川を塞ぎ止めて、浅くても、時にはかなり広い池を作ります。

湖沼の温度の違いは、生物学的成層構造に影響を与えます。沿岸帯域は、光が底まで通り、根づいた植物が成長する湖岸付近の区域です。沿岸帯域を越えると、外洋の深い水域もしくは沖帯域で、プランクトンや魚が棲む区域です。光が届く深さを越えると、深底層です。ここでは、水温と酸素供給量によって、生息する生物の種類が変わります。

水底は、水底層と呼ばれます。一見ただけではわかりにくいですが、水底では有機物の腐敗が引き起こす活発な生物の活動が展開されています。深水域の下の水底を支配しているのは嫌気性（無酸素）細菌ですが、沿岸帯域の底では、有機体を分解する好気性細菌が豊富です。



湖によっては生態系の食物連鎖が、生物の遺骸（動植物組織の微細な残りかす）に頼っているところもありますが、多くの場合、植物性プランクトン（単細胞光合成微生物）に頼っています。ほとんどの湖は、富栄養化、すなわち下水や工業廃棄物をもたらす栄養物の急増に苦しんでいます。多くの淡水生態系では、富栄養化が生物学上の悪影響を引き起こしています。

海洋生態系に比べて多様性という点では劣るものの、多くの淡水生態系は生物学的には豊かです。地球上で最古かつ最深の湖が良い例です。シベリアにあるバイカル湖は2500万年前に誕生した、水深1620メートル（5315フィート）の湖です。バイカル湖の水量は、世界の氷結していない淡水の20%以上を占めています。1500種以上の生物がバイカル湖周辺地域に生息しています。湖に棲む最も珍しい生物は、淡水に棲む数種のアザラシのうちの1種であるバイカルアザラシでしょう。

動水生態系

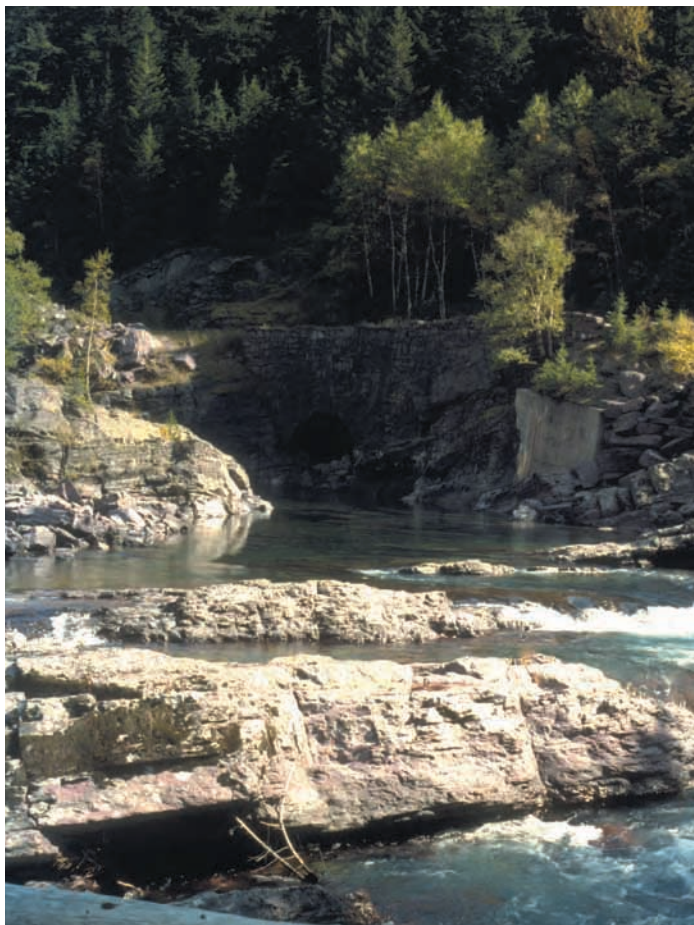
動水生態系、すなわち河川は、物理的にも生態学的にも様々な特徴を持っています。当然ながら、川の水源付近の状態は、河口と異なっています。水温や水深、川幅、流速、川底地形も、場所によって変化しています。

こうした物理的状态の変化は、その生態系に棲む生物に反映します。動水生態系は常に動いているため、成育するには陸上の栄養源から常に栄養物が供給されなければなりません。

多くの場合、河川は、日陰を作る森林地帯の小川から始まります。こうした小川は、破碎したり、捕集したり、植物を食べたりする多くの無脊椎動物が処理する生物の遺骸（死骸や残骸）に多くを依存しています。これらの生物は、藻類と共に、栄養物の流れ下る速度を緩める働き

をします。小川がやがて川幅を増し、日光が当たるようになると、生物の遺骸に頼っていた生態系は、藻類や根づいた水中植物から自ら食料を作るようになります。川幅がさらに増すと、再び生物の遺骸と溶解有機物（水に溶け込んでいる有機物）に頼るようになります。

一般的に、下流生態系は、上流で処理しきれなかった栄養物に頼っています。下流の生物は、上流の残り物で生きているのです。ところがこのために、上流生態系で流入した汚染物質が、下流の生物に濃縮蓄積することになるのです。



淡水における 水温の成層構造

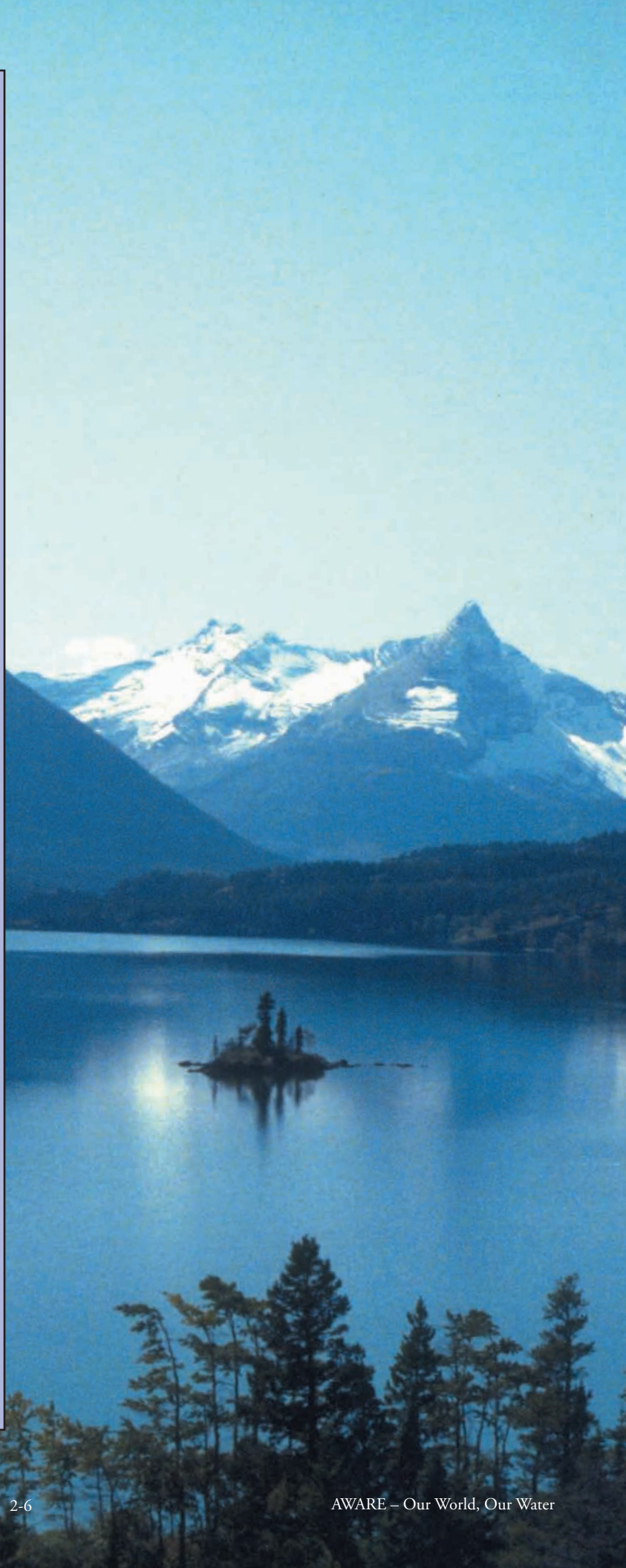
多くの場合、湖沼は、季節的な水温の成層構造を繰り返し作ります。まず夏に、日光によって水面が温められます。水温が上がると、密度が減って、比重が下がります。このため、温められた水は、その下の冷たく重い水の上に浮かぶこととなります。比重が異なるので、2つの層はなかなか混じり合いません。層の境界線は、水温が急激かつ急速に下がるサーモクライン現象により特徴づけられます。

秋になって気温が下がると、対流・伝導・蒸発によって水面から大気へと熱が逃げます。このため、表面水の水温は下がり、沈みます。しだいに、湖の水面から水底までの水温が均一化していきます。こうなると、水が循環しやすくなり、湖全体に酸素と栄養物が行き渡ります。この季節の移り変わりによっておきる混じり合いは、オーバーターン（ひっくり返し）と呼ばれています。

水独特の物理的な性質により、水層は温度成層に重要で意外な影響を与えます。水温が下がると共に、水の密度は増しますが、水温が4℃（華氏39° F）より下がると密度は減り始め、比重も下がります。このため氷結間近な、軽い水は水面に留まり、水温がさらに下がると氷結します（この性質がなければ、氷は浮かびません）。

興味深いのは、氷のすぐ下の水が、太陽放射によって温められることです。この水温は4℃以下のため、温められれば比重が増します。重くなった水は、水底へと下がり、そこで水底の泥からの伝導によって、温められた水と混じります。こうして、深い所ほど水温が高い、わずかに逆転した成層構造ができると思われます。

春になって氷が溶けると、表面水は再び4℃（華氏39° F）となり、沈み始めます。この混じり合いは、水を循環させる風にも助けられて起こり、水底の栄養物を酸素豊富な表面水と混ぜ合わせるために、重要な過程となります。この結果、プランクトンの成育に理想的な環境がもたらされます。やがて季節が巡り、再び夏の成層構造が形成され始めるのです。



海洋と海

海

洋底は、深海底と大陸の縁から成り立っています。

大陸の縁には、沿岸水域（海岸、沼地、河口、潟）と大陸棚、大陸斜面があります。大陸棚は、その名が示すように大陸に接し、大陸の周りを取り囲んでいる海底部分のことです。大陸棚は、地球総面積の5.4%を占めます。大陸棚の水深は、20～500メートル（60～1650フィート）の範囲ですが、平均は130メートル（426フィート）です。浅海域と呼ばれる大陸棚は、食料の生産性の点で非常に重要なものです。

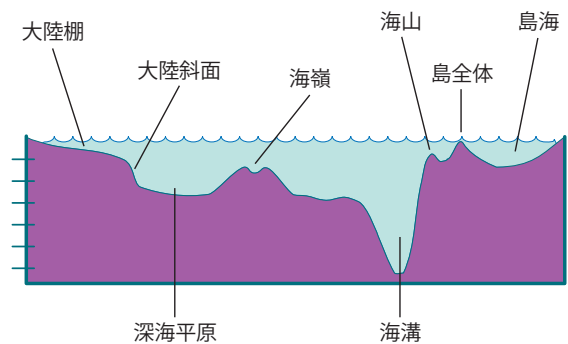
大陸棚のなだらかで滑らかな地形は、ある地点からシェルフ・ブレイクと呼ばれる急なスロープに変わります。地球表面積の10.8%を占める大陸斜面となるのです。大陸斜面よりも深い部分は深海と呼ばれ、地球表面積の半分以上（54.6%）を占めるのです。

海洋は、透光層（光が届く層）と、永久暗黒もしくは無光層という2つの層から成っています。この2層の境はあいまいなため、透光層は、水面の光の強さの1%以上が届いている所と定められました。透光層は、地球上の生物にとって非常に重要な所です。しかし、海洋に占める割合は比較的低いのです。深海の90%以上に当たる、水深200メートル（640フィート）以上の無光層内には、全く光が届きません。

鉱物組成

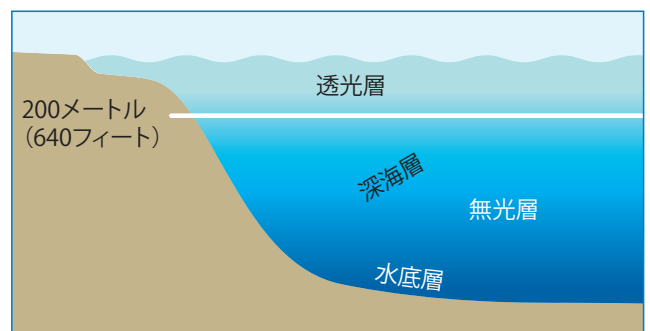
わずかな違いがあるものの、海水には地殻内で見つかるすべての元素・化合物から成る、約3.5%の溶解無機物（塩）が含まれています。仮に、海洋からすべての塩分を抽出して地上に積んだとしたら、大地は1.5メートル（5フィート）の高さの塩で覆われるでしょう。金を抽出できたとしたら、地球上のすべての人が、約4キログラム（9ポンド）の金を手にするでしょう。

鉱物を豊富に含む超高温の液体を噴出する海底の裂け目、すなわち深海の熱水噴出口からも塩が供給されるとはいえ、溶解塩は主として川から海洋に流入したものです。推計によれば、川は海に年間160億トンの堆積物を運んでいて、その内、29億トンは溶解塩です。



主な地形を示した海底断面図

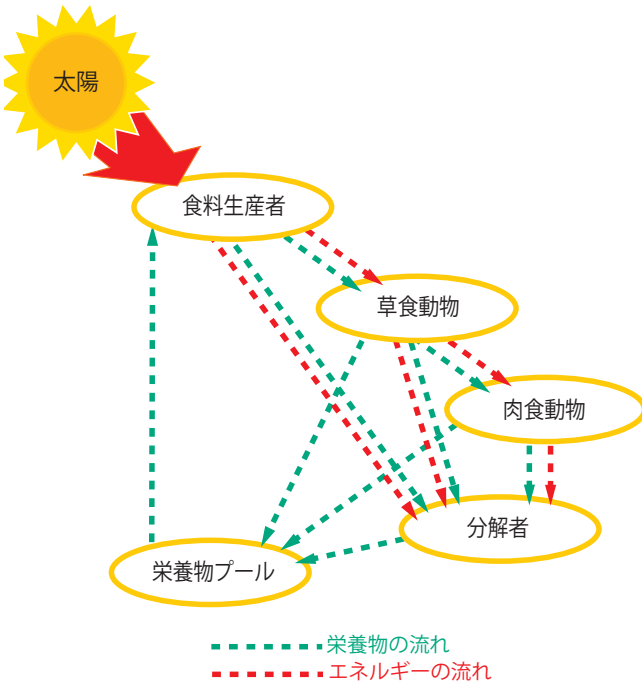
毎年、世界で最も多くの堆積物を運ぶ川は、年間16億トンの中国・黄河で、次は13億トンのインド・ガンジス川です。



主な層と大陸棚、大陸斜面を示した海底断面図

海の生産性

海の食物連鎖



水

の透明度によって多少の違いはあるものの、一般的に水深約200メートル（650フィート）を超えると暗くて光合成ができません。この限定された水域は、植物性プランクトンがよく成育する所でもあります。植物性プランクトンは、食物連鎖上、ひとつ上位の動物性プランクトン（Zooplankton：生物学では接頭辞zooは動物に関連していることを表します）に食料を提供したり、魚類のような大きな生物の餌となります。このため、世界の主な漁場は、植物性プランクトンの生産性が高い場所とほぼ重なるのです。

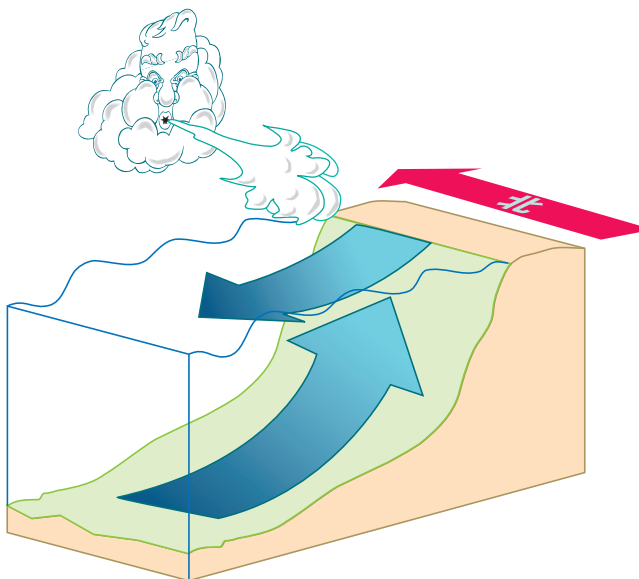
光は生産性に不可欠な条件ですが、それだけでは足りません。栄養物もまた絶対必要な条件です。ところが、栄養物の大部分は、無光層内の海底付近に沈殿しているため、これらの栄養物を、光合成が行なわれる透光層まで運ぶ何らかの手段が必要となります。これを行なうのが海水循環です。アップ・ウェリング（湧昇）が発生する地域では、沖へ吹く風もしくは表層流によって送られた温かい表層水の代わりに、栄養物が豊富な深海水が上昇して、表層に栄養物を多量に運びます。

このアップ・ウェリング（湧昇流）が、ペルー沖やカリフォルニア沖、西アフリカ沖を豊かな漁場にしていて、またその他の主な漁場を支えてきたのです。また、多くの大陸棚の浅海も、川や河口など陸上の栄養源から栄養が流入するため、高い生産性を誇っています。極地域は、海流と風によって海水が混合するため、かなりの生産性を持っています。

沿岸水域とアップ・ウェリングの発生する地域における漁獲高は、世界の漁獲高の50%近くを占めます。世界の漁獲高の約98%が沖合い1771キロメートル（984マイル）以内のもので、だからこそ多くの国が経済水域200マイル（320キロメートル）を守っているのです。経済水域により、これらの海域での漁獲の管理が可能になります。また、海洋生物のおよそ90%が、沿岸水域に集中しています。

外洋の深い水域が全海洋の約90%を占めるのに、そこでの漁獲高は1%以下です。浅い沿岸水域と比較すると、深海は、熱水噴出口付近を除けば、生物学上の砂漠なのです。同じように、熱帯水域も栄養物とプランクトンに乏しく、このために透明度が非常に高くなっています。

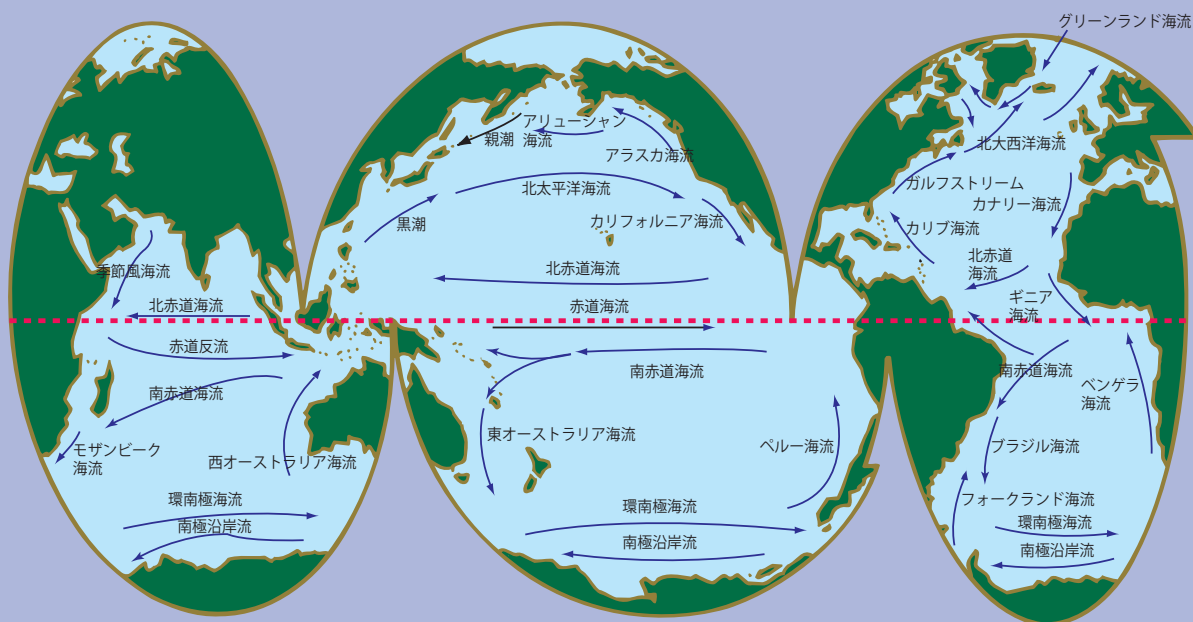
北半球の海岸線におけるアップ・ウェリング



コリオリ効果、アップ・ウェリングとエルニーニョ

栄養豊富な海底水は、アップ・ウェリングによってどのようにして表層に運ばれるのでしょうか？ アップ・ウェリングは基本的なメカニズムであって、これを引き起こすのはコリオリ効果なのです。簡単に言えば、地球の自転により、北半球では海洋の表層流が右へそれて、南半球では左へとそれるのです。コリオリ効果のメカニズムについてはここでは触れませんが、海洋の東側の大陸棚付近に非常に重要な影響を与えます。北半球では、北から吹く風によって表層水が右、すなわち西へそれます。表層水が沖へと移動すると、その場所に深層水が上がってきます。このプロセスがアップ・ウェリングと呼ばれるのです。時おり、南太平洋で

コリオリ効果が逆に働き、エルニーニョが発生することがあります。エルニーニョでは、表層水が沖へではなく、沿岸に向けて動くのです。豊かな漁場がアップ・ウェリングが起こる地域に集中しているため、エルニーニョが発生する年は、ペルーなどの漁民にとって大打撃を受ける年となるのです。



海流：海の川

海洋の水は常に動いていますが、一見ばらばらに動いているようでも、実はあるパターンと方向があるのです。流れは、環南極海流のように地球規模のものもあれば、フロリダ海流のように局所的なものもあり、またどんな深さにおいても起こります。表層流は、海水の上部10%で起こる海流で、主として風によって起こります。

風は、地球表面が太陽によって暖められる際のばらつきによって生じます。こうして発生した風が、水の動く方向を左右するのです。コリオリ効果とあいまって、大量の海水が、北半球では右へ、南半球では左へというような、旋回と呼

ばれる循環パターンをたどります。主な旋回は、北半球では北大西洋と北太平洋、南半球では南大西洋と南太平洋、インド洋、環南極海流とで6つあります。

海水の流れは、海洋の深層にもあり、主にサーモハライン対流（熱塩循環）によって起こります。このプロセスが、ほとんどの海水の上下の移動を促している、海洋全体を循環させているのです。循環は、赤道地方が極地方より熱せられることから始まります。極地方では、海水が冷えて、密度を増し、塩分濃度が下がります。すると海水は沈みこみ、赤道方向へと流れます。海水が赤道に近づくにつれて、熱せられて密度が減り、表層

へと上がり始めます。表層に達すると、再び極地方へと押し流され、そこでまた冷やされて、同じパターンが繰り返されるのです。

海の気まぐれな放浪者：プランクトン

プランクトンの語源は、「放浪する」という意味のギリシャ語の動詞なのです。この「放浪する」生物は、自ら泳ぐというよりは水に運ばれる、外洋（海中の中層に生息する）動物種なのです。種類によってはわずかながら泳ぐものもありますが、ほとんどのものはわずかな流れにさえ逆らって泳ぐことはできません。

プランクトンは、植物性プランクトンと動物性プランクトンの2種に大別されます。プランクトンを実際目にしたことはなくても、夜にスクーバ・ダイビングなどで、プランクトンが驚いた時に発する火花のような光や生物による発光を目にされた方はいるでしょう。

ほとんどのプランクトンは、非常に小さい微生物です。しかし例外もあります。多くの方は、海中生物で最長のものかというとシロナガスクジラを思い浮かべられるでしょうが、じつはクダクラゲというプランクトンの1種なのです。クダクラゲは、クラゲに似た小さくてやわらかい生物の集合体です。クダクラゲの集合体は、30メートル（100フィート）以上の長さがあります。他にも、海中を漂う、15メートル（50フィート）もの触手を持つカツオノエボシも巨大プランクトンの1種です。

プランクトンの仲間は、海洋で最も多いのです。クラゲや小エビ、カニ類、小さな虫類、微小な植物、浮遊している海草も皆この仲間に入ります。生涯を通じてプランクトンのままのものもあれば、幼生形がプランクトンで、成熟してもっと大きくなるものもあります。ロブスターやカニ、ある種の魚は、一生の内、幼時をプランクトンの形で過ごします。

見過ごされがちですが、プランクトンは地球上で最も重要な生物かもしれません。プランクトンは光合成によって、水と二酸化炭素を有機物、すなわち食料に変えるのです。プランクトンは海洋の食物連鎖の基礎であり、もしプランクトンがいなければ、海洋の生物は生きられないでしょう。食料だけでなく、植物性プランクトンは地球の酸素の大部分を形成しているのです。

植物性プランクトンの群れは、空から見るができます。ある種の植物性プランクトンが大発生すると、海水の色が変わるのです。赤錆色のプランクトン大発生は赤潮と呼ばれます。赤潮は、強い太陽光線と、海に流れ込んだリンや硝酸塩など栄養物の濃縮によって発生するケースが多いのです。赤潮は、主として単細胞藻類の渦鞭毛虫が集まったものです。渦鞭毛虫は、他の海洋生物に有害な神経毒を作りだします。また、透明度を下げるなど、海中環境に害を与えることで知られています。





沿岸水域
 アップ・ウェリングの発生する地域

世界の最も豊かな漁場

海は海洋生物だけの宝庫ではありません。海洋は鉱物の宝庫でもあります。塩水は、ホウ素や臭素、カルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、硫黄、ウランを含んでいます。大陸棚や大陸斜面の堆積物からは、砂や砂利、燐灰岩、石灰、珪石が採れます。また、この堆積物には、磁鉄鉱やルータイト、ジルコン、錫石、クロム酸塩、モナザイト、金などの重鉱物が含まれています。大陸棚と大陸斜面の泥は、銅や鉛、銀、亜鉛、原油、ガス、硫黄が豊富です。

深海も、原料の潜在的な宝庫です。様々な化学反応を経て、深海底にはマンガン団塊が眠っています。ところがこのマンガン団塊はマンガ

ン以外の銅やニッケル、コバルトも含んでいます。残念ながら現段階では、解決すべき実際的な問題や法律上の問題が山積されているため、深海鉱床の採掘は困難となっています。

沿岸水域

沿

岸水域は、大陸および島の周りの「陸、海とそれらの上の空中の境界領域」と定義され、潮の影響が及ぶ内陸部から大陸棚の外縁までを言います。沿岸水域に主として影響を与えるのが、沿岸に水を供給する流域だということは注意すべき重要な点で、その流域は数百～数千キロメートル内陸にまで及んでいます。流域内の各地域は相互に関係し合い、依存し合っていて、多くの生態系ばかりか法的な管理の問題をも含んでいます。こういった理由から、なぜ沿岸水域の管理が複雑であるのかがよくわかります。こうした煩雑さを解決するため、統合沿岸水域管理という概念が生まれました。実際の統合沿岸水域管理を示す良い例が、東アジア海域海洋環境管理協力計画（PEMSEA）です。国際協力プロジェクトのPEMSEAは、東アジア地域からの参加11カ国が長期的に自国および地域の海洋汚染を防止・管理するのを支援しています。このプログラムは、全関係各所に、陸上および海洋の汚染源からの廃棄物除去を求めます。数多くの統合沿岸管理手法を活用し、これまでに中国とフィリピンで管理プログラムが実施されました。PEMSEA組織と、PEMSEAの開発したプログラムの成功は、統合沿岸水域管理が沿岸・海洋資源の管理に有効であることを示しました。PEMSEAの次段階は、活動を全東アジアに広げることです。

陸と海の境界領域はすばらしい場所です。最も美しく印象的な場所であると同時に、最も複雑な場所のひとつでもあるのです。この水域に影響を与える要因は多く、またここならではの特徴と重要性を備えていることから、沿岸水域管理は今や世界中で当たり前の事となっています。

沿岸水域は、最も生産性の高い水域で、日常食にも多く使われる数多くの動植物種を育むため、人間にとって重要な場所です。また、漁業などの採集産業も経済的利益をもたらします。沿岸に住む人々にとって、沿岸水域は、台風や寄せ波など、命や暮らしを脅かす自然の脅威を和らげる働きをします。愛好者にとって、沿岸水域は、様々な遊びを楽しめる広大な遊園地でもあります。

ところが、このように美しく重要な沿岸水域が、人為的活動と自然作用の両面で、危機に直面しているのです。自然作用は沿岸につきもので、特に風や波、嵐、大波などがあります。自然作用により、沿岸水



域は常に形を変えています。とはいえ、沿岸水域管理が必要となったのは、人為的活動のためなのです。沿岸水域が持つ美しさも、問題を引き起こします。米国内だけで、沿岸水域が占める土地面積はわずか10%なのに、全国民の約半数が住んでいるのです。このように多くの住民を支えるのに必要なインフラが、自然環境に多大な脅威を与えています。都市部からの人口流入が、沿岸水域管理者にとって最重要問題のひとつで、人口の増加は状況を悪化させるだけです。また、開発のための必要上、防波堤や突堤、防砂堤を作り、自然の地形を変えてしまうこともよく見られます。

前記の自然作用が人為的および社会的活動とぶつかり合う時、沿岸水域の管理が必要となるのです。沿岸水域の人口が増加する一方で、利用可能な資源ベースと自然作用は変わらないままです。ところが、沿岸水域の性質上、政府による管理は難しいのです。管轄が重なったり、もめたりすることが多いからです。また、沿岸水域はしばしば、かなり内陸部の上流流域での活動から影響を受けます。今後、管理上問題となる点は、影響を受ける水域が広大なこと、管轄権が重複すること、漁民や実業家、不動産開発業者、住民といった関係各所の権利と利益の問題です。しかし、安定した沿岸水域管理を目指し、管理側と関係者が協力すれば、この重要な陸と海の境界領域の恩恵を今後も受けられるでしょう。



沿岸湿地帯

マングローブの森や塩湿地、河口など沿岸生態系のいくつかは、生物の生息地や食料源となっているので、特に食料の生産性において、大変重要な意味を持ちます。魚が産卵し稚魚が育つのはこうした所なので、世界の漁業の3分の2が、これら沿岸生態系の豊かさに依存しています。

マングローブの森は、熱帯および亜熱帯沿岸水域の水際に広がっており、生物の生息地の基盤となっています。温帯では、塩湿地がこうした場所を占めています。マングローブの森と塩湿地の両方とも、「低エネルギー域」とも呼ばれる潮の干満のある川岸や、沿岸洲の後方、広い潟の岸といった比較的波が届かない場所にできます。

塩湿地とマングローブの森の生産性を支えているのは、細菌と菌類による植物の微生物分解です。この腐敗する有機物、生物の遺骸は、複雑な食物連鎖の基礎を成しています。マングローブの入り組んだ根は、多くの幼魚だけでなく、イガイ類や海綿動物、尾索類、ヒドロ虫、カキなど、多くの無脊椎動物の生息地ともなっています。

湿地帯は、1ヘクタール（エーカー）当たり有機物を年間3.6トン産出し、特に高い生産性を誇っています。例えば、小麦畑は、1ヘクタール（エーカー）当たり有機物を年間約0.36トンしか産出しませんし、外洋の深い水域は小麦畑の半分以下です。

もうひとつの湿地帯の機能は、「ゴミ処理施設」としての役割です。湿地帯は、微生物腐敗によって多くの汚染物質を除去しますし、また特に熱帯では海洋生態系を害する陸からの栄養物を処理します。

河口は湿地帯と同じく、一般的に栄養物に富んでいます。河口は、河川からの淡水が海洋に流入し塩水と混じり合う、部分的に包囲された水場です。河口から流れ込む栄養物が、多量の植物性プランクトンを養い、次にこの植物プランクトンが魚や貝類など、より多様な海洋生物を養います。こうして、商業的価値を持つ魚の50%以上が、一生の内、少なくとも一時期を河口で過ごすのです。河口は、地球上で生物学的に最も生産性が高い海洋域のひとつとなっています。



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

また、カキやハマグリ、イタヤガイなど商業的価値の高い他の多くの生物も、河口で一生活を過ごします。さらには、サケやシマスズキ、ある種のウナギなどが移動中に立ち寄る重要な場所ともなっています。魚によっては河口で繁殖するものもあれば、産卵後の養育場所にするものもあります。例えば、タラやニシン、シタガレイは沖の水域で放卵しますが、幼魚は河口まで移動し、十分大きくなってから沖の水域へと戻るのです。



淡水湿地帯

淡水湿地帯は、湖や小川に非常に近い存在です。基本的な違いは、湿地帯では、水が土地の高さと同じか上にまで達していて、水生植物に覆われていることです。草が多い湿地帯がマーシュ（湿地）、木が多い湿地帯がスワンプ（沼地）と呼ばれています。

主として堆積した泥炭（未分解もしくはわずかに分解した物質）から成っている湿地は、マイアー（泥湿地）と呼ばれています。マイアーの内、地中を通った水が浸み出し、スゲを多く生やすところはフェン（沼沢地）と呼ばれます。

ミズゴケが多く、水分と栄養を降雨に頼っている湿地帯はボッグ（泥炭地）と言い、排水が阻まれて泥炭が堆積し、生産性が低くなっていることがボッグの特徴です。

マーシュの生態系の働きはボッグと全く異なります。マーシュの植物は栄養分の流れを断ち切るのではなく、土壌から栄養分を引き出して生態系が利用できるようにするというように、栄養の「ポンプ」の働きをします。



練習問題

1. 正誤問題。地球には地理的に分かれた5つの海洋があります。
2. 地球面積の _____ 以上が水に覆われていて、陸は利用可能な生活圏全体の _____ 以上を占めます。
 - a. 50% / 1%
 - b. 70% / 1%
 - c. 85% / 50%
 - d. 85% / 50%
3. 正誤問題。深海の平均水温は3.5℃（華氏37° F）です。
4. 湖と池は、_____ 生態系と分類され、河川は _____ 生態系と呼ばれます。
 - a. 透光／無光
 - b. 静水／動水
 - c. 水中／海洋
5. 光が届かない深海の層は、_____ と呼ばれます。
 - a. 透光層
 - b. 大陸棚
 - c. 無光層
 - d. 深淵
6. 正誤問題。海水は、約10%の塩分を含んでいます。
7. 海洋の食物連鎖の基礎となる、光合成を行なう単細胞の微生物は、_____ と呼ばれます。
 - a. 植物性プランクトン
 - b. 動物性プランクトン
 - c. 動物相
 - d. 植物相
8. 正誤問題。浅海の沿岸水域の生産性と比べれば、深海は生物学的砂漠です。
9. 沿岸湿地帯と河口が非常に重要なのは、次のうちどの理由によりますか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. 多量の植物性プランクトンを養う栄養物を供給するから。
 - b. 商業的価値を持つ魚の50%以上が、一生の内、少なくとも一時期をそこで過ごすから。
 - c. カキやハマグリ、イタヤガイなどの商業的価値の高い多くの生物が、河口で一生活を過ごすから。

いかがでしたか？正解は：

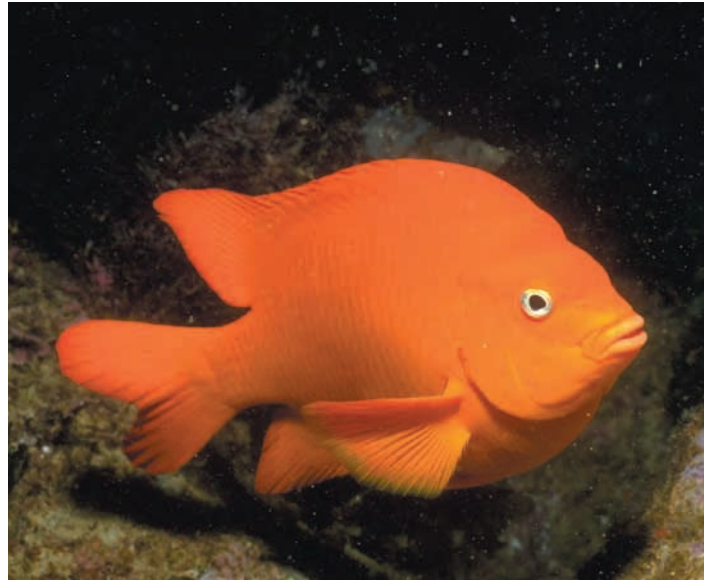
1. 誤 2. b 3. 正 4. b 5. c 6. 誤（約3.5%の塩分を含みます）
7. a 8. 正 9. a, b, c

第3章

温帯水域と極地域 —
海洋の基礎

温帯水域と極地域 — 海洋の基礎

- 海洋生産性
- 潮間帯の生物
- ケルプの森
- 極地域



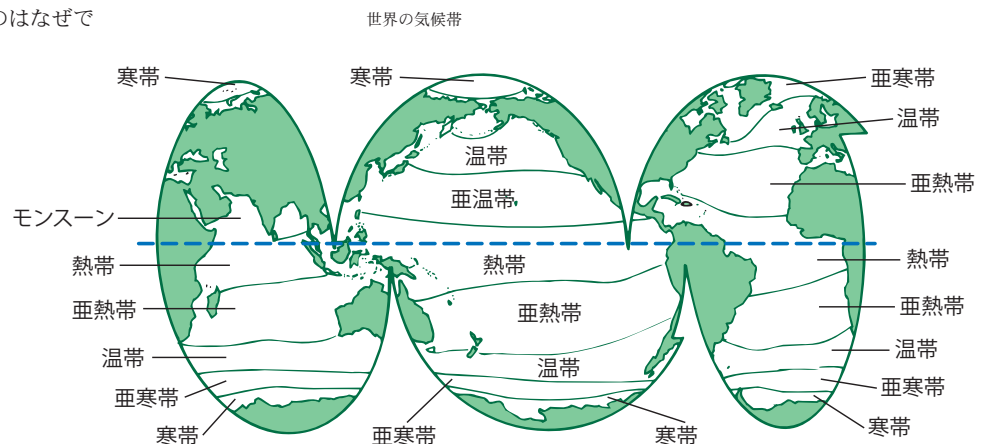
学習目標

マニュアルを読んで、本文の中で以下の質問の答えに該当する部分にマーカーペンで色をつけた
り、アンダーラインを引いておいてください

1. 一次生産性とは何ですか？また海洋の生産性の源は何ですか？
2. 温帯水域で、春と秋に生産性のピークがあるのはなぜですか？
3. 潮間帯生物が直面している深刻な危機とは何ですか？
4. 潮間帯群生地の帯状分布とは何ですか？
5. 岩場の潮間帯生息地の帯状分布に影響を与える3つの要因とは何ですか？
6. ケルプが重要な生息地となっているのはなぜですか？
7. 中枢種とは何ですか？
8. 南極海の生産性が高いのはなぜですか？
9. 北極に南極よりも大きな動物がいるのはなぜですか？

温帯水域は、緯度23.5度から66.5度の間に、極地域は66.5度以上に位置しています。もちろん海洋には境などはありませんし、常に循環しているので、水温で温帯水域と極地域を定義するほうがよいでしょう。

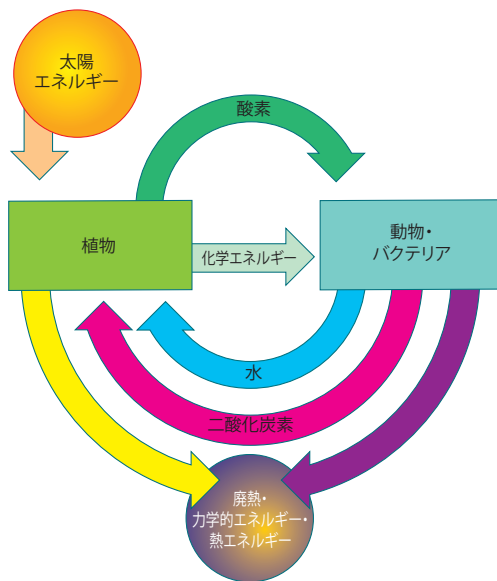
極地域が10°C (50° F) を超えることはめったになく、最低で-2°C (28° F) まで下がります。一方、温帯の表層水の平均水温は約10°C (50° F) です。この水域は、食物連鎖の基礎となっているため、海洋生産性にとって特に重要です。



海洋生産性

次生産性とは、太陽の光を利用して化学エネルギー、すなわち植物性食物を作り出すことを言います。このプロセスを光合成と言います。ほとんどの食物網はこの一次生産性が支えています。海洋の生産性の源は、植物性プランクトンです。陸上では多様な生産性がありますが、海洋ではこの一次生産性に限られています。

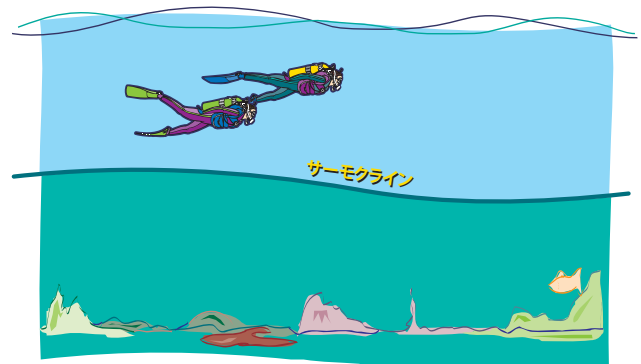
典型的な生態系の栄養物・エネルギーの流れ



温帯海域

温帯海域では、海に注がれる太陽光の量が季節によって変化するので、透光層内では水温が変動します。淡水生態系と同じように、この水温変化が、温度の成層構造を変えるのです。夏の間は、海水に注がれる光量が多く、表層が温められます。この温かい、密度の低い水が、冷たく密度の高い深層の上を覆います。この温かい水と冷たい水の密度の違いによって、ダイバーが体験するサーモクラインのような温度の成層構造が

温度成層



生じるのです。

この成層構造は、2つの層の間に壁を作り出し、混じり合いを妨げます。この壁のため、一次生産に必要な酸素などの無機栄養物は透光層に届かず、温かい表層の生産性は低いのです。

ところが秋になり、太陽エネルギーが弱まって日照時間も減ると、温度の成層構造は弱まります。やがて表層と深層の水温や密度の違いがなくなると、風による海水の攪拌に伴って混合が起こります。成層構造が消えると共に、暴風雨の多い冬が到来し、混合はいつそう進みます。そして春が近づき、太陽エネルギーが強まると表層水温は再び上昇し、夏には温度の成層構造が再び現れるのです。

温帯海域では、生産性は季節と共に変わります。通常の場合、春に生産性の大きなピークがあり、秋に小さなピークがあります。夏は温度の成層構造により、冬は太陽エネルギーの減少により、共に生産性は低くなります。このため、極地域の赤道寄りにあたる高緯度海域で最も生産性が高くなります。



沿岸水域の生産性

沿岸水域の生産性は地域毎の要因が大きいため、このように簡単には説明が付きません。生産性は、栄養物に富んだ深層水を表層に運ぶアップ・ウェリング（湧昇流）と、湾や河川からの栄養物の流入に左右されます。また、大陸棚（浅海域）の海は、通常、透光層なので光合成が行なわれます。そして、浅い沿岸水域では成層構造も強くないので、他の海域のように栄養物が深層に閉じ込められることもありません。

このため、沿岸水域の生産性は夏の間も高く、海洋水域を大きく上回ります。また、底生植物や、海草群、塩湿地、マングローブの森など他の沿岸生態系が、沿岸の一次生産性をさらに高めているのです。

潮間帯の生物

ど

の沿岸水域にも、潮差によって生じる潮間帯があります。潮間帯は、生物が1日の間に湿った環境と乾いた環境の両方に耐えなければならないため、地上で最も厳しい環境のひとつです。温帯では、



多くの沿岸で大きな潮差（最大でカナダのファンディ湾の12メートル（40フィート））となっていて、潮間帯にある群生地は、重要な生息地となっています。

潮間帯の動植物は、干潮時の乾燥状態でも生き残れるように様々な適応をしています。例えば、カサガイのように岩にしっかりとしがみつくものや、巻き貝のようにぴったりと蓋を閉める貝類、熱や風を避けるため潮溜りや岩の裂け目、穴の中に避難するものなどです。潮が再び満ちると、これらの生物は、湿った状態への移り変わりや、打ち寄せる波に耐えて生き延びなければなりません。自分を守るため、海藻類（海草）には、岩にしがみついたための付着根と呼ばれる強い組織があります。中にはイガイ類のように足糸と呼ばれる特殊構造で守るものもあれば、カキやフジツボのように、自らが作る接着液で直接岩に接合するものもあります。

潮間帯の生物は、干潮の時も捕食者と戦わなければなりません。水が引いて外に曝されると、潮間帯は海鳥や哺乳動物にとって格好の餌場となります。



潮の干満はなぜ起こるのでしょうか？

潮間帯の生物は、環境の大きな変化に対応する能力を持っていますが、ではこうした変化はどのようにして起こるのでしょうか？ 潮の干満（潮汐）とは、月や太陽などの天体の引力により、海面が規則的に短い周期で昇降することを言います。太陽よりも月が近いため、特に月の運動が潮の干満に大きく影響しています。月の表面に近い場所にあたる海水は、月の引力によって引っ張られた形になり、増加するため「膨らみ」ます。また、地球のちょうど反対側の場所にあたる海水は、月の引力が弱いので、ここも同じように「膨らみ」ます。逆に、それらの影響により、「膨らみ」の場所の垂直方向にあたる海水は、減少するため「へこむ」のです。地球の自転に伴い、ある一定の場所は水の膨らみ部分を通過し、へこみの部分も通過します。一定の場所から見ていけば、地球が膨らみに近づけば潮が満ちていき、膨らみを通り越してへこみに近づけば潮は引いていくように見えます。

太陽もまた、潮の干満の大きさに影響を与えます。太陽と月が地球に対して一直線上に並べば、重なり合った引力は大きくなり、潮の干満差の大きい大潮となります。一方、地球に対して月と太陽が直角になれば、潮の干満差の小さい小潮となります。

これに補足しなければならないのは、陸地による妨害と、海盆の地形です。これらの理由で、地球の潮の干満は、半日毎（1日にほぼ同じ大きさの2回の満潮と干潮）もしくは毎日（1日に1回の満潮と干潮）、またはそれらが混合した形（異なる大きさの連続した満潮と干潮）となります。



潮間帯の環境条件は、波打ち際より高い陸上から、干潮よりも低い海中まで様々です。ほとんどの生物は限られた区域に生息しますが、これを帯状分布と言います。帯状分布がはっきりと見られるのは、藻類です。黄色と白、灰色の地衣類（菌類とバクテリアの共生体）は、波打ち際に生息します。緑の海草は、潮間帯の高い所に見られますが、至る所にあるヒバマタ属などの茶色い藻類は、もっと水に近い所にあります。赤い海草は、茶色い海草よりも低い所に見られ、大型のケルプは、潮間帯よりも低い所にあります。

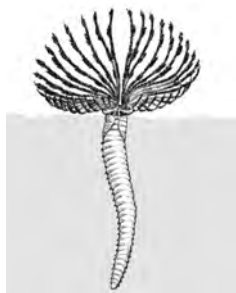
土砂に棲む生物

潮間帯といえば磯を思い浮かべる人が多いと思いますが、柔らかい堆積層もまた、海の豊かな生息地なのです。泥質の海岸のわずかな波の動きにより、栄養に富んだ有機物が蓄積し、海の植物界を養うこととなります。こうした植物には藻類と純粋な海草の両方が含まれます。藻類と違って、海草は顕花植物（被子植物）で、祖先は陸上植物でした。重要な、またよく知られている温帯の海草はアマモで、海草を食べる動物の格好の棲みかになっています。成長の早いこれらの植物は、豊かで生産性の高い食物網の土台となっています。

柔らかい浜辺の動物界は、表層に棲む活動的なエピファウナ（表在動物）と、堆積層の中で生きるインファウナ（埋在動物）の2種に大別されます。

エピファウナは、鳥類のようにチャンスを狙って捕食する動物から、カニのような清掃動物まで様々です。また、エピファウナには多くの幼生生物が含まれるため、浜の潮間帯は海の育児所と呼ばれることもあります。多くの魚類が、特に幼魚期、河口を安全な棲みかとします。

泥質の海岸のインファウナは、その場その場に応じて活発に働く才能と知恵に富んでいなければ生き残れません。泥の粒子は非常に小さく密着しているので酸素がほとんどなく、このため生物は苦勞して酸素を得る方法を身につけました。



底生インファウナ



ハマグリのように穴を掘る生物は、泥の表面にスノーケル状の呼吸管を伸ばし、酸素に富んだ海水を泥に循環させるために沈降流を作り出す生物もいます。

穴を掘る動植物は、泥の中に棲みかを作れて、その上、食料も集められなければなりません。その中には、伸ばした触手を使って水から食物となる粒子を濾し取るものもいますし、陸上の虫のように沈殿層を掘り進むものもいます。隙間に棲む生物は非常に小さいので、沈殿物の個々の粒子を包む水の膜を利用して沈殿層内で生きています。こうした多様で微小な生物は、沈殿層内の生物の遺骸やバクテリアを餌にしています。

砂浜は、常に動いている高エネルギー領域で、そこに棲む生物には別の問題が生じます。砂浜には、付着する場所がないため海草は生きられません、隙間に棲む生物は砂粒の間に生息できます。また、ハマグリやカニ、ある種の虫など穴を掘る動植物や濾過摂食動物も砂浜に棲めます。



磯の潮間帯

温帯水域の磯の潮間帯は至る所にあり、訪れやすいことから、研究者らは数多くの長期的な観察と、生物界の構造に関する実験を行なってきました。このため、海洋の他の生息地に比べて、磯の生物と生態はよくわかってきました。

最も注目すべき磯の特徴は、動植物の棲み分けです。带状分布と呼ばれるこの棲み分けは、すべての潮間帯生物界に共通する特徴ですが、場所や潮差、大波が当たるかどうかによって、個々のパターンや種は異なります。もちろん、移動する動物に比べ、藻類やフジツボ、イガイ類といった付着種では、带状分布ははっきりと表れます。

岩を覆う黒い地衣類や、青緑の藻類、原始的な虫類が、磯の波打ち際に棲んでいます。このすぐ下の層に、タマキビ類の巻き貝が繁殖していることが多く、その数は1平方メートル(1平方ヤード)当たり8361個にもなります。潮間帯内のさらに下には、1平方メートル(1平方ヤード)当たり数千個のフジツボが生息しています。フジツボの下には、ぎっしりと寄せ集まったイガイ類がある場合が多いです。このように混み合っ

て生息しているため、狭い空間を争う生物同士の競争は厳しいものになります。一方で、混み合っ

て棲むメリットもあります。ぎっしりと寄り添って棲むことで、これらの生物の小さな生息地は干潮時の乾燥期にも湿気を保つことができます。また、フジツボのような付着生物の多くは交尾するために高い生息密度が必要なため、混み合えば生殖の可能性が高まります。磯の潮間帯は、潮の高さ以外にも、様々な要因の影響を受けます。潮間帯の高い区域は、物理的な要因によって決まることも多いのです。例えば、ある生物が、空気に曝されたり、温度の変化や塩分の変動にどのくらい耐えられるかなどです。潮間帯の上限は、食物や捕食者の存在など生物学的要因によっても左右されます。潮間帯の下限は、生物学的要因によって決まることが多いです。磯の潮間帯生物界を主に養うのは、底生藻類と植物性プランクトンなどですが、磯はこれらが生き延びるのに難しい環境です。寒帯の潮間帯では、かなりの低温と、こすり取る氷によって、藻類繁殖は妨げられますが、底生藻類は温帯気候で最もよく繁殖します。



これらの植物は、限られた空間と日光を争って確保しなければならないため、物理的要因と生物学的要因の両方が、底生藻類の帯状分布をも決定します。高い区域は、主に空気に曝されたり乾燥に対する藻類の耐性によって決まりますが、捕食者も重要な要因です。さらに人間も影響を与えます。例えば、1967年のトリー・キャニオン号の座礁の後、南西イングランドの潮間帯に繁殖していた草食性の軟体動物が死滅しました。すると、ある種の潮間帯藻類の帯状分布が高い区域にまで広がり、空いた空間を埋めたのです。軟体動物が復活すると、高い所にある藻類

を食べ、元の帯状分布へと戻りました。

潮間帯における捕食動物と餌の関係は複雑です。カサガイやヒザラガイ、ウニは、定着した藻類を食べます。イガイ類やフジツボ、ハマグリ、尾索類、海綿動物、チューブワーム類は水を濾し、プランクトンを主食としています。ヒトデなど潮間帯の肉食動物は、カサガイや巻貝類、フジツボ、イガイ類、カキなどを食べます。肉食性巻き貝は、ハマグリやイガイ類、フジツボなど様々なものを捕食します。イソギンチャクは、エビや小魚、虫類を捕食しますし、清掃動物は数多くいます。岸



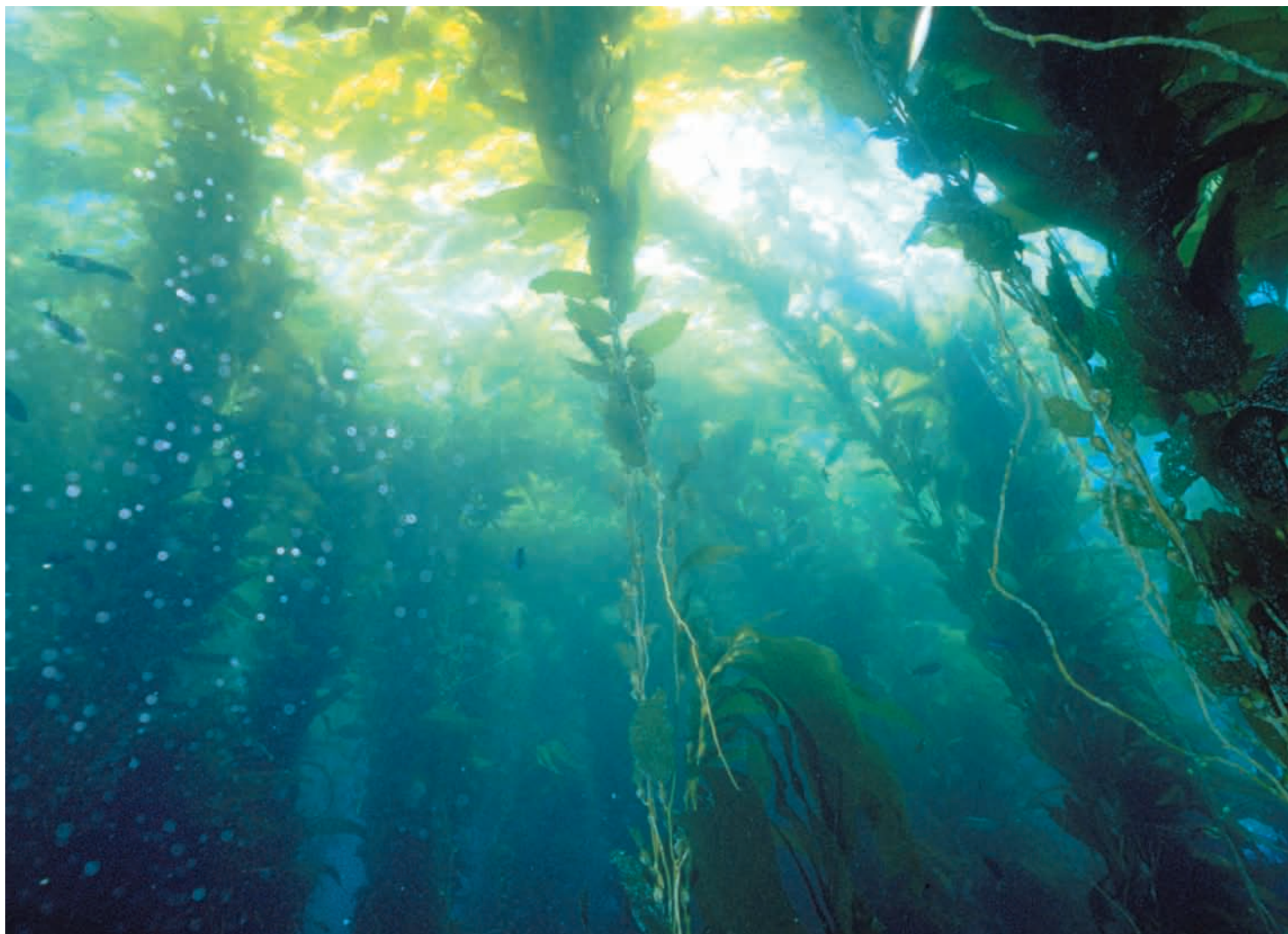
辺に棲む鳥類も、引き潮で生物が無防備になった時、強力な捕食者となります。

また捕食は、磯の潮間帯における一次生産量と、底生藻類の種類も左右します。ある実験によって、草食性のカサガイとウニを除去すると、一次生産性が増加し、海中生物の種類が変わることがわかっています。

磯の潮間帯における生物種の構成と多様性は、競争と捕食によっても左右されます。イガイ類やフジツボ、肉食性のヒトデ、パープルスターは、北米の太平洋北西海岸に多く生息しています。この肉食ヒトデは、様々な軟体動物やフジツボを餌にしています。実験的にこのヒトデを除去してみたところ、この海域の種が約30種からイガイ1種へと減ってしまいました。ヒトデは、多数いるイガイを減らすことで、イガイやその他の生物が圧倒的に増えるのを阻止していたのです。このヒトデは、ある生物界内の生物種の数と種類に、自らの数に不釣り合いなほど大きな影響を与えることから、中枢種と呼ばれています。



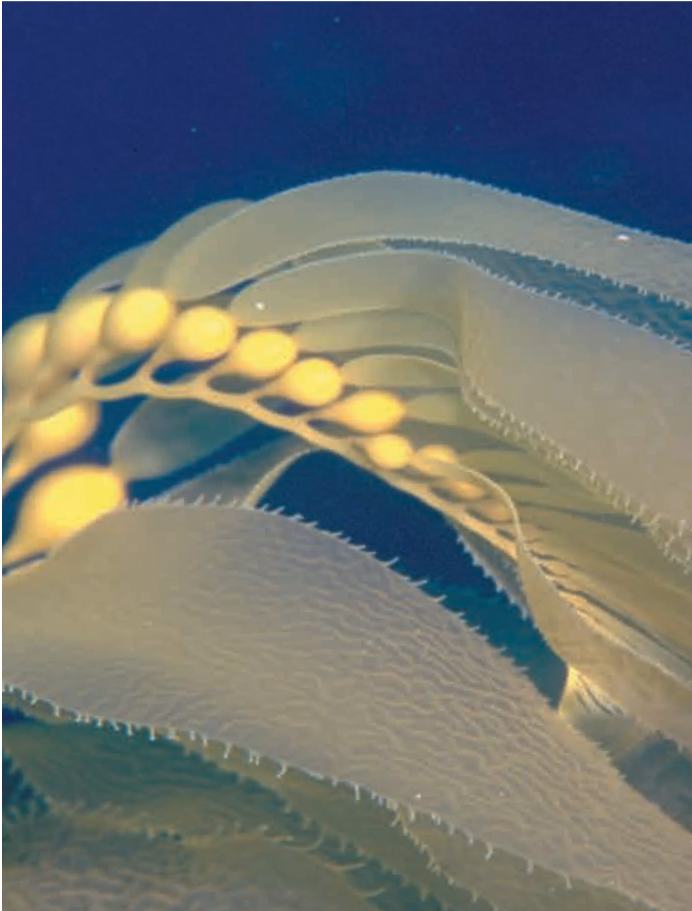
ケルプの森



冷

温帯では磯の潮間帯生物界はなくなり、その代わりに、亜潮間帯にケルプの森が広がっています。ケルプとは、夏水温が約20℃（68° F）のところに生育する、多種多様な茶色の大型藻類のことです。ケルプには、岩などのしっかりとした定着場所が必要で、強い海流や大波に曝される水域の、水深20～40メートル（65～130フィート）から亜潮間帯生物界を作ります。

ケルプは世界中に広く分布していて、太平洋では北米・南米の西海岸や日本、中国北部、韓国で見られます。大西洋では、カナダ東海岸やグリーンランド南部、アイスランド、北ヨーロッパに大きなケルプ床があります。南洋では、ニュージーランドやオーストラリア南部、南アフリカの他に、南米東海岸やフォークランド諸島、サウスジョージア・サウスサンドウィッチ諸島にケルプの森があります。



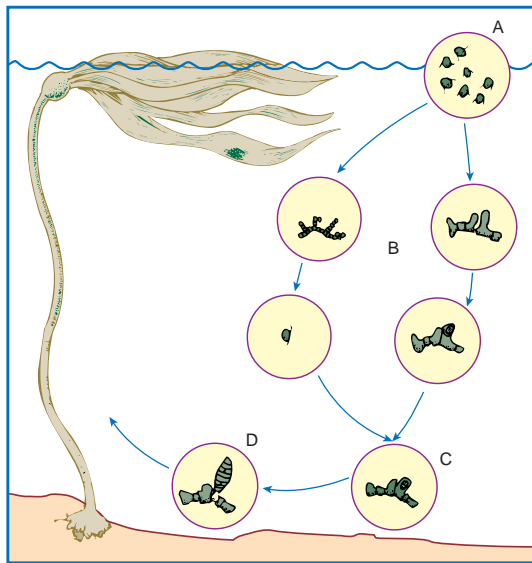
ケルプは藻類なので（陸上にある顕花植物ではありません）根を持ちませんが、付着根によって水底に定着します。また、ケルプの茎はスタイブ、葉はブレードと呼ばれます。ケルプの中には、光合成を行なえるよう葉を水面に浮かせる気胞を持つものもあります。ケルプ界は、光合成を行なえる表面積が広く、海水が掻き混ぜられることで常に栄養物が供給されるため、とても生産性が高いのです。

ケルプは藻類の中で最大で、また地球で最も早く成長する植物でもあります。多くのケルプは1日当たり6～25センチ（2.5～10インチ）成長しますが、ジャイアント・ケルプ（*Macrocystis pyrifera*）は1日当たり50～60センチ（20～24インチ）も成長します。

他の藻類と同様に、ケルプには世代交代があります。オスとメスの胚細胞が作られない無性世代に、成体の孢子体が形成されます。孢子体の孢子が、オスとメスの配偶子（ヒトの精子・卵子に当たります）にさらに成長すると、生殖期が始まります。無性孢子体は、海面にコロニーを作り、成体に成長します。有性生殖によって、オス配偶子とメス配偶子が合体して接合体と呼ばれる受精卵を形成します。有性生殖は多量のエネルギーを要しますが、遺伝子の交配という進化の上での利点があります。

ケルプの森は、非常に生産性が高く、米国アラスカ州アリューシャン列島のケルプ界には、かつてステラー海牛（*Hydrodamalis gigas*）が生息していました。この巨大な草食動物は、マナティーやジュゴンが属する今日の海牛目の中でも最大で、全長が8メートル（26フィート）もありました。ところが、ロシアの毛皮業者によって、発見された1741年からわずか27年で絶滅してしまったのです。ケルプは人にも広く利用されていて、カリフォルニア沿岸では毎年、乾燥ケルプが2万トン以上収穫されます。その用途は、肥料やヨウ素塩、それに塗料からホイップクリームまで様々な製品に増粘剤として使われているアルギンという添加物になります。

ケルプ界は、ケルプの森と呼ぶのがぴったりでしょう。陸上の森と同じく、水底に付着根で「根付いて」いて、日光に届くまで伸びていきます。また、葉はひさしとなるので、日差しは水底まで届かず、日陰に適応した藻類が繁殖することになります。



ブル・ケルプ（Bull Kelp）のライフサイクル：A）成体から孢子が放出される：B）孢子が精子もしくは卵子に成長する：C）体外受精が起こり、胚が海底に定着する：D）胚が成長し、成体の孢子体段階となる



この森には、動物の多様な群生もあります。多種多様な藻類を持つ大きな葉の上は、小さな藻類や珪藻、コケムシ、ヒドロ虫など付着生物界となります。様々な虫類や甲殻類、軟体動物も、葉の上を棲みかとし、またある種のウミウシや巻き貝はケルプの葉を食べたり、大きなケルプの葉の表面に生える着生藻類を食べたりします。

ケルプの森は草食性ウニの餌にもなりますが、またケルプの森に棲む生物を食べたり、森を避難場所にする魚類の棲みかにもなっています。ケルプの森に棲む魚の腹からケルプが見つかったことがあります。これはケルプの上をいた餌を捕まえようとした時、偶然入ったものと研究者は見ています。

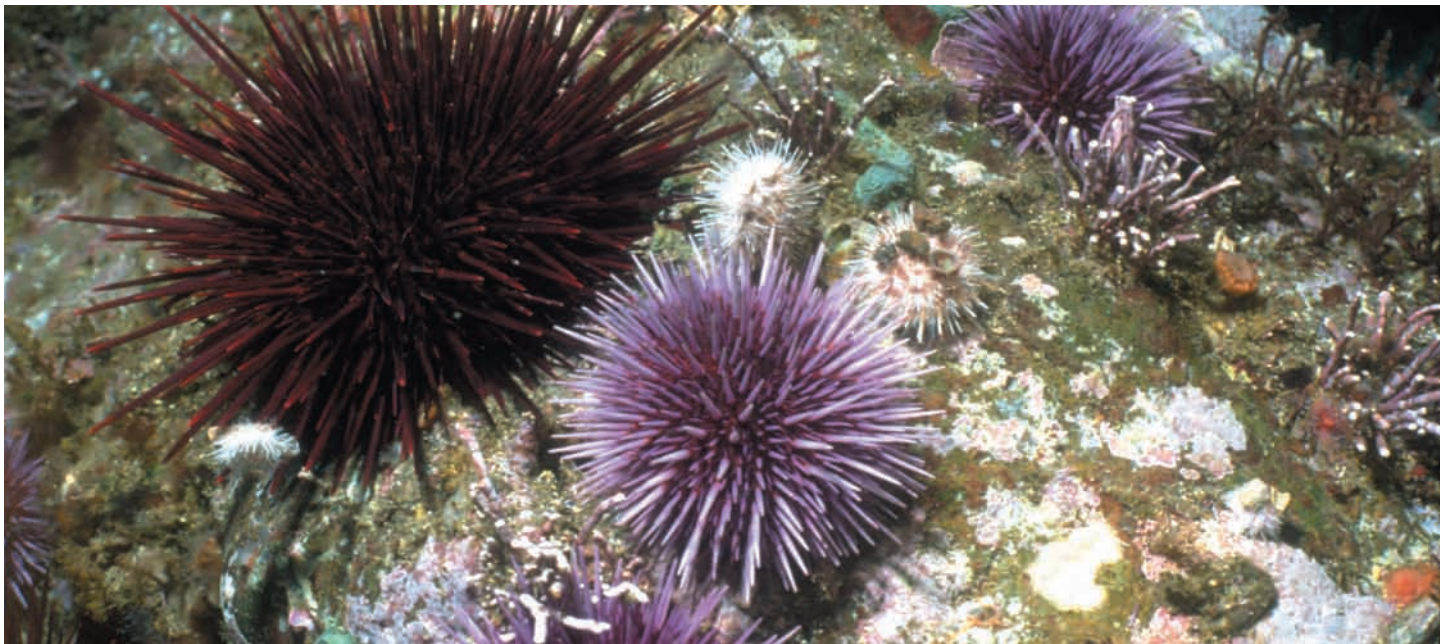
ラッコ (*Enhydra lutris*) は、磯の潮間帯でのパープルスター種のヒトデのように、北太平洋の中樞種と考えられます。ラッコは、カニやウニ、アワビ、軟体動物、動きの遅い魚など様々なものを1日当たり9キログラム (20ポンド) ほど食べます。驚くべきことに、アリューシャン列島での調査によれば、1平方キロメートル当たり20~30頭 (1平方マイル当たり52~78頭) のラッコが年間に食べる餌の重量は、約35トン (7万7000ポンド) にも



なりました。このラッコと、その餌のひとつであるウニの関係が、ケルプの森の分布を調節しているのです。

オオバフンウニ属のウニは、ケルプ床を直接食べ、ケルプを水底に繋いでいる付着根を切り離してしまいます。切り離されたケルプは、海流によって流されてしまいます。ラッコがウニを食べることで、ウニの生息密度を一定に保ち、ケルプが食べられすぎないようにしています。以前、アメリカンロブスター（*Homarus americanus*）が、西大西洋のケルプの森で似たような中枢種の役割を果たしていると考えられていま

した。ところが、その後の研究により、ケルプとウニの変動は、環境変化によって起こる自然現象である可能性が高いことがわかりました。問題点は残るものの、ウニの生息密度がケルプ界の生態を調節していることは明らかです。



極地域

極

地域には、栄養物がアップ・ウェリング（湧昇流）で循環するのを妨げる温度の成層構造がないため、その一次生産性はじつに膨大です。ところが、この生産性は季節によって大きく左右され、主として夏の白夜の時期に限られるのです。この時期、豊富な栄養物と日光により、プランクトンが大量発生します。ところが、この生産性のピークもほんのわずかの間で、短い夏は、長く非生産的な冬の埋め合わせはできません。北半球の北極海の生産性は、海水の循環とアップ・ウェリング（湧昇流）が陸地によって妨げられるため、高くありません。南極とそれを取り巻く南極海では、海水の循環を妨げるものがなく、それに加えて、アップ・ウェリング（湧昇流）によって、大陸近くで沈下した冷たく重い水が入れ替わります。また、環南極海流が海水の混合を促すため、高緯度での一次生産性は、南極が北極を大きく上回ります。



Photo courtesy of Daniel West



南極海

南極海は、世界の海洋の4分の1を占めていますが、平均水温が2℃（36° F）と低く、南極海の持つ熱量は世界の海洋の10分の1しかありません。冬期は、南極海の約2000万平方キロメートル（800万平方マイル）

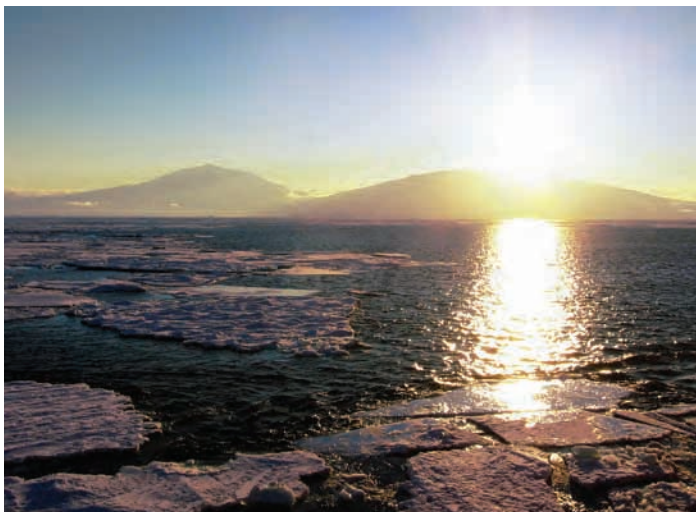


Photo courtesy of John Boyer

ル）が氷に覆われます。氷に覆われると、海洋と大気間の熱・湿気の交換条件が変わるため、氷が覆う状態がわずかでも変化すれば、この地域の海洋と大気の循環パターンが影響を受けます。

100年前から地球の表面温度は上昇し続けているため、南極の氷床への影響が懸念されています。南極の氷床の一部が溶けると、世界的に海面上昇が起こります。しかし研究者の中には、降雪量が増加して氷床を厚くし、海面を下げるのではないかという見方もあります。

もっと懸念されているのが、地球を守っている南極のオゾン層の破壊です。オゾンは、上層大気内の反応性の高い酸素分子層で、地上生物を有害な放射線から守っています。フロンガスは、オゾンと反応してオゾン層を破壊し、かつては広く使われていた化学物質です。オゾン層の破壊により、地表に届く紫外線の量が増加します。太陽の紫外線は、地上植物や植物性プランクトン、ケルプといった食物連鎖の基礎となる生物を害する恐れがあります。

南極は独特な地域です。年間降雨量がわずか5センチ（2インチ）という世界最大の砂漠地帯でありながら、その万年雪は、地球上の淡水の80%近くを占めています。他の大陸棚の平均深度が150メートル（500フィート）なのに対し、南極の大陸棚は水深600メートル（2000フィート）

もあります。大陸棚がこれほど深いのは、大陸と万年雪が非常に重く、地球の半固体マントルに沈みこんだためなのです。

南極の水も、他の大陸のものとは異なっています。南極深層水は、海洋水の中でも最も密度が高く、海水が大陸近くで凍る際に作られます。海水が凍り結晶化する際、塩分が除かれて氷の下に塩水の濃い水をつくります。この密度の高い水は沈んで水底に広がり、数千年かけて北半球まで達することもあります。南極深層水の動きは遅いものの、毎秒2000万～5000万立方メートル（2600万～6500万平方ヤード）もの速さで作られています。

気温の変動と氷河の消滅

産業革命以来、人類はますます多くの二酸化炭素を排出してきました。この二酸化炭素が大気中に放出され、断熱壁の働きをします。温室と同様に、太陽光は地表まで到達しますが、放射線として地球から放出される熱は、二酸化炭素やフロンガス、メタンなどの温室ガスによって閉じ込められるのです。

温暖化により氷河の一部が溶けたとしたら、海洋の水量が増加し、海面上昇をもたらすでしょう。そうならば、低地や沿岸、島などは水没してしまいます。また、サンゴの成長が海面上昇に追いつかず死滅したり、生産食物網に必要な栄養物の循環が妨げられる可能性もあります。



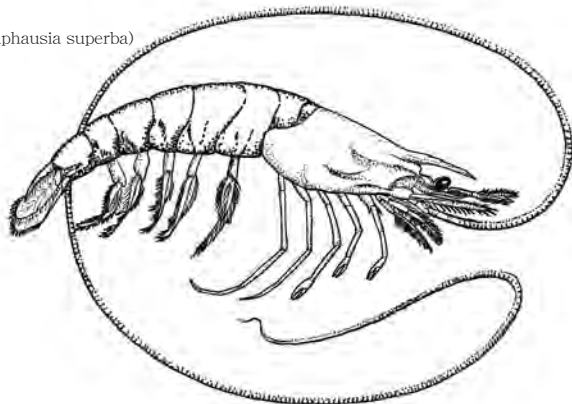
© Michel Verdure

当然のことながら南極は非常に寒く、史上最低気温を記録しています。1983年には、科学者らによって、 -89.2°C (-128.6°F) が計測されました。この寒さのため大陸には食料がなく、定住する鳥や哺乳動物は生き残るために海へと向かいました。実際、南極で越冬するのは皇帝ペンギン (*Aptenodytes forsteri*) のみです。

地上に天然資源がなくても、海洋には豊富にあります。親指大の甲殻類オキアミ (*Euphausia superba*) が、この生態系の中核種です。短い夏の間、草食のオキアミは大発生した植物性プランクトンを食べます。海鳥やヤリイカ、魚類、クジラまでもが多量のオキアミを餌にします。オキアミが大量発生するウェッデル海のアップ・ウェリング (湧昇流) を始めとして、南極海では、毎年5億~7億5千万トンのオキアミを産出します。オキアミは動物性プランクトンとみなされるものの、その動きは魚の群れと似ていて、プランクトンのように垂直方向には動かずに水平方向に動きます。ある研究チームがオキアミの群れを追跡したところ、14日で278キロメートル (172マイル) も移動しました。



オキアミ (*Euphausia superba*)



南極地域は重要な鉱物・生物資源の宝庫ですが、最近まで資源利用に関する国際条約がありませんでした。南極の海洋生物資源、特にクジラは、長い間乱獲にさらされてきました。セミクジラ (*Balaena glacialis*) とマッコウクジラ (*Physeter catodon*) 漁の波は、代替漁獲物が見つかり19世紀に収まりましたが、現在は、近代的な船と爆発物を仕掛けた罾が、シロナガスクジラ (*Balaenoptera musculus*) とナガスクジラ (*Balaenoptera physalus*) を脅かしています。1930年代には、1シーズンで4万3千頭のクジラが殺されました。現在のクジラの数



は、漁が行なわれる前の6分の1から10分の1になっています。例えば、南極のシロナガスクジラはかつて25万頭もいましたが、現在は500頭ほどしかいません。ザトウクジラも同様で、数千頭となっています。

現在は国際条約によって資源管理が行なわれています。1961年には、12カ国が南極条約を承認し、南極大陸での軍事活動禁止や、科学協力の推進、領土権主張の凍結を決めました。以降、条約に同意する国は44カ国に増え、条約は無期限に効力を発しています。そしてさらに、条約の元の条項は、5つの国際付加条約により、強化されました。その条約とは、南極地域の動物相及び植物相の保存に関する合意協定、南極アザラシの保存に関する条約、南極地域の海洋生物資源の保存に関する条約、南極鉱物資源活動の規制に関する条約、環境保護に関する南極条約議定書です。これらの条約は、南極条約体制として知られていて、南極の保護を最大限に推進することを目指しています。

北極海

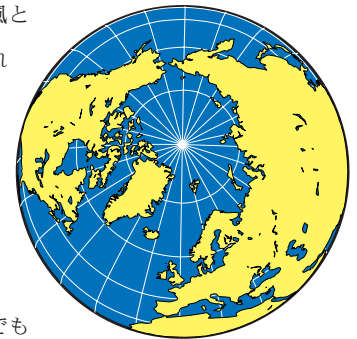
南極は海に囲まれた大陸ですが、北極は大陸に囲まれた海洋です。平均の厚さが3メートル（10フィート）の流氷層に覆われた北極海の氷は、風と膨張の力によって、海面から10メートル（33フィート）の高さに隆起し、また水面下40メートル（130フィート）まで発達しています。北極海の大陸棚は地球で最も広く、その海水温は地球で最も低くなっています。北極海の塩分濃度は、夏にシベリア地方やカナダの河川から淡水が流入するため、南極海より低くなっています。

北極海の循環は、環南極海流に相当するものがないため、南極とは大きく異なります。他の海洋とは違って、北極海はグリーンランド、ユーラシア、北米に囲まれていて、海水の流れの80%以上は、グリーンランド海で発生し、グリーンランドとスピッツベルゲン島の間にある狭い隙間を通ってきます。これは北極が、世界の海洋と深層でつなが

る唯一の場所です。流れの20%以下は、浅いベーリング海峡を通して太平洋へと向かいます。

北極海には氷に閉ざされていない海面があるため、南極より生物が棲みやすく、また流氷があるため、南半球より大型動物が生息しやすいのです。風と海流により、流氷にはポリニアと呼ばれる氷のすきまが作られ、アザラシやクジラの息継ぎの穴として使われる一方で、北極グマ（*Ursus maritimus*）やシャチ（*Orcinus orca*）がアザラシを狙いに来ます。こうして、アザラシや、時には北極グマまでもが極点付近でも見かけられます。流氷は、ある種の鳥や野ウサギ、時には人の一時的な棲みかにもなります。

北極地方





NOAA/Department of Commerce

北極海の海水の2%は、冰山として流れていきます。冰山は、グリーンランドの流氷から分かれ、グリーンラ

ンドとバフィン島間のラブラドル海流に乗って移動します。南極で作られる平たい冰山と違って、北極の冰山は山型をしていて、氷河タイプと呼ばれます。

北極地方は、漁場や原油、ガス鉱床など、重要な資源の宝庫です。しかし、南極と同様、冬期にはほとんど光合成が行なわれないため、北

極の一次生産性も季節によって大きく左右され、総一次生産性は温帯の10分の1に留まります。

北極では16世紀以来、毛皮を狙ったアザラシ猟が行なわれてきましたが、最近では禁止されています。商業捕獲は禁止されたものの、北米やシベリア、グリーンランドの原住民による生活のための猟は続いています。このわずかな捕獲は、北極海のクジラの生息数にほとんど影響を与えていないと思われます。

練習問題

1. 海洋の一次生産性の主な源は、 _____ です。
 - a. 深海の熱水噴出口
 - b. 無光層
 - c. 植物性プランクトン
 - d. サンゴ礁
 2. 正誤問題。プランクトン大発生は、生産性のピークで、通常は春です。
 3. 潮間帯を脅かすのは、次の内どれですか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. 波の動き
 - b. 乾燥
 - c. 捕食者
 - d. 上記のすべて
 4. 正誤問題。帯状分布とは、潮間帯における動植物の棲み分けです。
 5. 磯の潮間帯生物の帯状分布は、次の要因の内、何に左右されますか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. 潮の高さ
 - b. 物理的要因
 - c. 生物学的要因
 - d. 1平方メートル(1平方フィート)当たりのタマキビ類の巻貝の密度
 6. 正誤問題。ケルプは維管束植物で、海洋生物の棲みかとして重要ではありません。
 7. 生態系に対し、自らの数に不釣り合いなほど大きな影響を与える生物は、 _____ と呼ばれます。
 - a. 軟体動物
 - b. フジツボ
 - c. 中枢種
 - d. 上記のすべて
 8. 正誤問題。南極の生産的な食物網の中枢種は、草食性オキアミです。
 9. 南極に比べて北極に大型動物がいるのは、次のうちの理由によりですか？
 - a. 陸地が多いから。
 - b. 氷のない海が多く、そのため気温が低いから。
 - c. 海水密度が南極より低いから。
 - d. グリーンランドに近いから。
-
- いかがでしたか？正解は：
1. c 2. 正 3. d 4. 正 5. a, b, c 6. 誤（ケルプは藻類であり、ケルプの森は多様な動物の棲みかです） 7. c 8. 正 9. c

第4章

サンゴ礁 — 海の熱帯雨林



サンゴ礁 — 海の熱帯雨林

- サンゴ礁 — 多様性とその美しさ
- サンゴ礁の魚
- 繁栄の限界
- 自然の脅威と人為的脅威

学習目標

マニュアルを読んで、本文の中で以下の質問の答えに該当する部分にマーカーペンで色をつけたり、アンダーラインを引いておいてください。

1. サンゴ礁が海洋環境にとって、とても重要なのはなぜですか？
2. サンゴ礁 (coral reef) と言うより、生物礁 (biotic reef) と言ったほうが正確なのはなぜですか？
3. サンゴ礁にはおよそ何種の魚が棲んでいますか？
4. 世界のサンゴ礁の内、何%が危機に瀕していますか？ それらの今後の見通しはどうですか？
5. 現在、サンゴ礁の破壊を引き起こしている自然要因と人為的要因は何ですか？
6. ダイビングがサンゴ礁の破壊にどのような影響を与えると考えられていますか？

サンゴ礁 — 多様性とその美しさ

「危機に瀕している生態系の中でも、サンゴ礁が作る環境は、私たちダイバーにとってほんとうに大切な資源です。そして私たちひとりひとりが、サンゴ礁の環境保護の手助けをすることができるのは幸せなことです」

— ドリウ・リチャードソン/PADIプロジェクトAWARE 財団総裁



ダイビングやスノーケリングをする人にとって、地球上でサンゴ礁ほど特別な領域はありません。温帯海域もダイビングにとっておもしろくすばらしい場所ですが (第3章参照)、熱帯のサンゴ礁の楽園に潜り、色彩豊かな生物を眺めることもダイバーにとって無上の喜びなのです。だからこそ、ダイバーはサンゴ礁の健康状態を心配しているのです。

サンゴ礁には独特な美しさがあり、ダイビングやスノーケリングのポイントとして人気を集めている一方で、知られている海洋生物種の25%の棲みかたと成育場所にもなっており、その多くを人間は食料にしています。これは、全海底のうち、サンゴ礁の占める割合が非常に低いことを考えると、実に興味深い数値です。推定は難しいものの、一般的に

サンゴ礁の占める総面積はおよそ28万4300平方キロメートル（11万平方マイル）しかありません。これは、総海底面積の約0.1%、または、アメリカ、ネバダ州やエクアドルと同じ広さしかありません

サンゴ礁は、多様な生物の貯蔵庫という意味合いから重要なのです。サンゴ礁（coral reef）という用語は、その生態系の複雑さを物語るのにふさわしくありません。生物礁（biotic reef）と呼ぶほうが的確でしょう。生物学者の中には、サンゴ礁が実に多種多様な生物の棲みかとなっていることから、海の熱帯雨林と呼ぶ人もいます。薬理学者はサンゴ礁から、抗生物質から抗がん剤にいたるまで、実に豊富な生物医学的化合物を発見してきましたし、今後も数千種の化合物が発見されるだろうと見えています。

純粋に物理的な視点から見ると、サンゴ礁は生きている建造物です。サンゴ礁は、島や沿岸地域を嵐や、波による被害や浸食から守っています。サンゴ礁やマングローブは波のエネルギーを最大で90%吸収します。

多くの熱帯諸国は、観光の目玉をサンゴ礁にしています。中には、サンゴ礁でのダイビングやスノーケリング・ツアーが重要な収入源をなし、国の経済を支えている所もあります。

サンゴ

サンゴが最も良く成長するのは、年間の水温が18～30° C（64～86° F）の熱帯や亜熱帯の浅く透明度の高い海です。サンゴ礁は、巨大なサンゴのコロニーなのです。サン

ゴは、刺胞動物門の海洋無脊椎微生物で、炭酸カルシウム（石灰岩）の骨格を分泌し、サンゴ石と呼ばれる小さな杯を作ります。礁は、サンゴポリプと呼ばれる個々のサンゴ動物が、この石灰岩の杯内に定着し、集まって大きな構造物を作ることで成長します。

ほとんどのサンゴは、すばらしい建築の腕を持っています。生物が作った地球最大の建築物は、オーストラリアのグレート・バリア・リーフで、これは宇宙からも見ることができます。

巨大サンゴ礁を作るサンゴ（造礁性サンゴ）は、サンゴポリプの組織内深奥部に棲む藻類と、特殊な共生関係にあります。この藻類（褐虫藻）により、サンゴポリプは、植物と動物の両方の働きをします。この藻類が光合成によって食物を生産する間、サンゴポリプは水中からプランクトンを摂取します。この藻類が放出する酸素と糖を、サンゴポリプ



© Michel Verdure





Photo courtesy of Tom Haight

が摂取し、サンゴは藻類を養う二酸化炭素と窒素排出物を放出します。藻類には日光が必要なため、造礁性サンゴは、25メートル（82フィート）より深い所では成長しません。

自然要因あるいは人為的要因によってサンゴ・コロニーは死滅すると担体を作り、その上に新しいサンゴが成長します。サンゴ石藻（石灰岩を分泌する藻類）は、砂とサンゴ片を固めて、死んだサンゴの骨格の大きな隙間を埋めます。このように固めて成長することで、基礎がしっかりと安定し、サンゴ礁は波や嵐によっても壊れにくくなります。

礁

サンゴは礁の基礎を作りますが、礁の生態系は、他の多種多様な生物のおかげで豊かに繁栄しているのです。例えば、バクテリアと藻が、砂質の水底や、生きたサンゴに覆われていない礁の部分の覆い隠します。これが、軟体動物や甲殻類、ナマコ、ウニ、草食性の魚の餌となります。次にこれらの生物が、サンゴ礁をきれいにすることでサンゴ礁は健康を保つことができ、また食物連鎖上、上位の生物の餌ともなります。

海綿や虫、軟体動物のような他の生物は、サンゴ礁の巨大石灰岩を侵食することで重要な役割を果たします。この種の侵食は、サンゴ礁内に新たな居住空間を作るため、プラスの働きをします。科学者は、サンゴ礁内の40%から70%が空き家になっていると推定しています。サンゴの壊れた部分に新たな生物が棲みつけば、やがてはサンゴ石藻の凝固作用でサンゴ礁へと戻って行くのです。ブダイやウニのような生物がサンゴを食べれば、多量の堆積物が生じ、そこがまた小さな魚や無脊椎動物の新たな棲みかとなるのです。





Photo courtesy of Robert Baker

サンゴ礁の成長速度は同じでしょうか？

一般に信じられているのとは違って、サンゴの成長速度は同じではありません。種によってかなりの違いがあります。例えば、スタッグホーンサンゴのような分枝サンゴは、水平方向に年間約10センチ（4インチ）伸びますが、ボールダーサンゴのような塊状サンゴの成長速度はその10分の1です。垂直方向の成長速度も異なり、年間数ミリメートル以下というスローペースです。

繁栄の制限

生物学では、GPP（gross primary production：総一次生産量）という用語は、ある地域で植物が生産する生体の総量を表します。これは、食物連鎖の基礎を定量化する方法です。GPPは栄養物が豊富な沿岸水域では高く、外洋では非常に低くなります。理屈から言えば、サンゴ礁のGPPはこの中間より低い方になるはずですが、ところが、サンゴ礁のGPPは、周囲の海洋の250倍になることもしばしばあるのです。このため、サンゴ礁は、自然生態系の中で生産性が最も高いもののひとつになっているのです。

このことは、栄養物の少ない水で生産性が高いという、熱力学の法則に反しているように思われますが、これは極めて複雑で完全には解明されていません。しかし、大まかに言えば、これはサンゴおよびサンゴの群生が、栄養物（硝酸塩とリン酸塩）を極めて効率的に循環させているため、採り入れられた栄養物が外に出ないからなのです。

その高いGPPから、サンゴ礁は、そこに棲む生物の必要量を大きく上回る生産量を考えても無理はないでしょう。ところがサンゴ礁の生産量は、消費量とほぼ同じで、余分量はほとんどないのです。このようにパ

ランスが取れていることが、サンゴ礁漁業にとって重要な意味合いを持ちます。生産性の高い海洋生態系と違って、サンゴ群生に害を与えずに獲ることができる有機物（魚と無脊椎動物）の量は少ないのです。数世紀の間、生計を立てるための小規模な漁業を支えてきたサンゴ礁に、一旦商業的な漁業が導入されれば、数年の内に死滅してしまうでしょう。



サンゴ礁の魚



世

界には2万1千種以上の魚がいて、そのうち4千種以上がサンゴ礁で見られます。サンゴ礁の魚の多くは鮮やかな色彩とおもしろい模様がありますが、中には周囲に溶け込むため、色合いや模様が単調なものもあります。サンゴ礁の魚は、沖の水域の魚に比べてほとんどが小ぶりですが、その大きさと形は多種多様です。

その行動や餌、生殖方法、ライフサイクル、生き残り戦略もまた、種類によって大きく異なります。例えば、スズメダイはほとんど絶え間なく泳ぎ回っていますが、カサゴは、餌となる生物に見つからないようカムフラージュして、静かに横たわっています。ブダイは、岩棚の下で、粘液質の繭に守られて眠りますが、テンジクダイは夜になると隠れ場所から外に出ます。また、ほとんどのチョウチョウウオは一生涯、つがいとなりますが、オスのゴンベはハーレムを作ります。

魚の見分け方

サンゴ礁の魚の種類は実に多いため、すべてを覚えるのはもちろんのこと、その多くを覚えることさえ不可能です。しかし、普段よく見かける魚は30～50の科に絞られるため、これをうまく使えば、識別はいくらか簡単になります。

プロジェクトAWARE財団とPADI、リーフ環境教育財団（REEF）は、PADIスペシャルティ・ダイバーコース「AWARE - 魚の見分け方」を共同で開発しました。このコースでは魚を個々に見分けるのではなく、科に共通の特徴で見分けるフィッシュ・ウォッチングの方法を勧められています。REEFの教材や他の資料を使って、コース参加者は魚の科の主な特徴を覚え、科をグループ分けすることで魚を見分けます。30以上の異なる科を持つ、一般的な12のグループは以下の通りです。

1. チョウチョウウオ、キンチャクダイ、ニザダイの仲間

このグループの多くは胴が薄く、楕円形もしくは円盤状をしています。色は明るく、はっきりとした模様があります。チョウチョウウオの仲間は丸い形をしていて、小さな胴体とくぼんだ額を持っています。また、裂け目から餌を取れるように、口先が長くなっています。キンチャクダイは、背びれが長く、前頭部が丸くなっています。ニザダイの仲間は、通常濃淡のない色合いをしていて、尾の付け根の各側面から突き出ているトゲがあります。



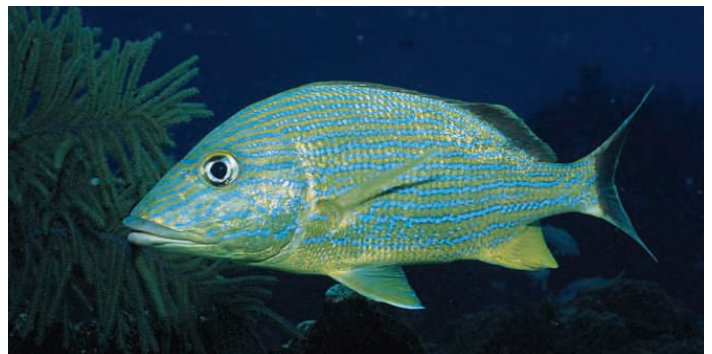
2. アジ、オニカマス、タイ、イズミの仲間

このグループは通常、銀色をしていて尾がV字に分かれています。サンゴ礁の魚の中では大きな方です。アジはサンゴ礁外辺近くを泳ぐ、銀色または青みがかった魚です。アジは強力な捕食者です。オニカマスは、長い筒状の体形をしていて、鋭い歯のある大きな口を持っています。タイは楕円形の体形をしていて、額は急勾配の曲線を描いています。イズミは細長い楕円形をしていて、通常銀色をしており、礁の上域で見かけることが多いです。



3. フェダイ、イサキの仲間

このグループの特徴は、頭から口に向かってゆっくりとカーブを描き、長くて先細りした身体をしています。フェダイは上向きの口先を持っていて、目で見ることができる糸切り歯があります。イサキは、その名が示すように捕まったときに鳴き、カラフルで、よく群れを成しています。



4. スズメダイ、クロミス、ハムレットの仲間

このグループは、小型で楕円形をしており、裂け目付近で出たり入ったりしているところがよく見られます。様々な模様やまだらのある、カラフルな種もあります。スズメダイは、藻類を主食としていて、縄張りを守る習性があるため、棲みかに近づくダイバーを威嚇することもあります。クロミスはスズメダイよりも細長い体形をしており、尾は深く二叉に分かれています。ハムレットは正確にはスズキの仲間ですが、外見はスズメダイに近く、頭の輪郭はスズメダイよりも平らで傾斜しています。



5. ハタ、スズキ、ハナダイの仲間

ハタは、大型のスズキ科の通称です。通常、大きな口と唇を持つ大きな胴体の特徴で、サンゴ礁で見られる魚の中でも大型で、陰に潜んでいることが多い種です。また、少しずつ尾に向かっていく短いトゲ状の背びれを持っています。スズキの仲間には小型種もあり、ハタよりも細長い体形をしています。ハナダイは小さくカラフルな魚で、深い所にあるサンゴ礁や岩棚辺りでよく見られます。



6. ブダイ、ベラの仲間

このグループは、カラフルな魚で、オウムのようなくちばしと虹色の外観を持つブダイと、ブダイより小型で細長い体形のベラが含まれます。ブダイは、がっちりしたくちばしでリーフ表面から藻を削りとります。ベラは、砂の中の小型の無脊椎動物を探して、砂地をあさり回ります。



7. キンメダイ、キントキダイ、テンジクダイの仲間

このグループの多くは夜行性で、夜になるとリーフ上に姿を現わし、日中は岩の割れ目や裂け目に隠れています。赤みがかった体と大きな目を手がかりに見分けることができます。キンメダイは、後部に、リスの尾



に似た目立つ背びれがあります。キントキダイは、切れ目のない背びれを持ち、目がキンメダイより大きく、うろこが少ない外観をしています。テンジクダイは、小型の赤みを帯びた魚で、短い口先と2つに分かれた背

びれを持っています。

8. ギンボ、ハゼ、アゴアマダイの仲間

このグループは小型で長い胴体を持っており、水底の小さな穴の中で、頭だけ出しているところをよく見かけます。ギンボは通常、胸びれで体を支えていて、頭部に、毛状突起と呼ばれる眉毛や小さな角に似た外肢があります。ハゼも、胸びれで体を支えて、まっすぐに体を伸ばし、停止姿勢をとっている魚です。クリーニングフィッシュとも呼ばれます。アゴアマダイは長い体形と大きなあごをもっており、石を移動して作り上げた穴の中でよく見かけます。



9. ダルマカレイ、カサゴ、エソ、カエルアンコウの仲間

このグループは水底を棲みかにしており、非常にカムフラージュがうまく、珍しい形状をしています。ダルマカレイは平たい魚で、海面側の体



の側面に両目があります。砂に潜りこむことも多いです。カサゴは周囲に合わせてカムフラージュしており、ずんぐりした体形で、毒を持つトゲ状の背びれがあります。エソは細長い体形をしていて、大きな上向きの口を持ち、水底にじっとしています。カエルアンコウはずんぐりした体形をしていて、膜のある胸びれと腹びれを持ち、大きな上向きの口があります。針金のような外肢を口の前に餌のようにぶら下げて、小魚をおびきよめます。

10. カワハギ、モンガラカワハギ、フグ、ハコフグ、ウミスズメ、ヒメジ、ヤガラ、ドラムの仲間

このグループは、自由に泳ぎ回る、特異な形状をした魚です。カワハギとモンガラカワハギは、非常に固い皮膚をしていることから、レザージャケットと呼ばれる種が含まれています。薄い胴体を持っており、特徴のある唇の形をしています。フグは、海水を体内に入れることで体を膨らませることができます。膨れる時に、トゲを立てることができる種類もあります。ハコフグとウミスズメは、三角形とその骨鱗からボックス



フィッシュとも呼ばれます。ヒメジは長く、円筒状の体形をしていて、あごから垂れ下がった特徴のある口ヒゲがあります。ヤガラは、管状の体形と、餌を吸い込める長い口を持っています。ドラムは背中前部に非常に長い背びれがあり、目立つ白黒の模様があります。

11. ウツボの仲間

ウツボの仲間は、へびのような長い形をしていて、昼は裂け目や穴の中、岩棚の下にいます。自由に泳いでいるのが見られるのは、ほとんどが夜です。



12. サメ、エイの仲間

このグループの魚は、軟骨によって作られた体内「骨格」を持っています。サメは尾びれを使って泳ぎますが、エイは変形した胸びれを使って、飛ぶように泳ぎます。



REEFとはどんな組織で、どのようにすれば参加できるのでしょうか？



REEF（リーフ環境教育財団）とは、1990年に、水中カメラマンと海洋生物ライターのポール・ヒューマンとネッド・デローチによって設立された、民間非営利団体です。REEFの目的は、ダイバーおよび一般の人々に援助を求めたり、啓蒙活動を行うことで、海洋生息地の保存運動に参加してもらうことです。REEFが進めているひとつの方法は、ボランティアのダイバーやスノーケラーに援助を求めて水中調査に協力してもらい、そうして集めた重要なサンゴ礁および沿岸の魚類生物の多様性に関するデータを、海洋科学者や資源管理者、自然保護団体など関連各方面に提供することです。

REEFのプログラムに参加することで、フィッシュ・ウォッチングは単なる遊びではなくなり、水中環境の調査保護活動へ個人的に貢献できるのです。REEF魚類調査プロジェクトは、REEFとザ・ネイチャー・コンサーバンシー（The Nature Conservancy：TNC）が共同で進めている活動です。TNCとは、地球上の生物多様性を示す動植物と自然界を、生存に必要な陸地や水域の保護によって守ろうとする、1951年に設立された民間非営利団体です。

同プロジェクトに参加することで、ボランティアの方は、多くの種のいろいろな情報を集め、そのデータを同プロジェクトのデータベースに移します。その後データベースを通じて、サンゴ礁に棲む魚類の生息数の過去のデータだけでなく、長期的かつ広い地域をカバーした種の保存リストを学界や資源管理者、自然保護団体などに提供します。

REEF魚類調査プロジェクトに参加するためには、基本的な魚の見分けができ、そしてREEFに入会しなければなり

ません。魚の見分け方を覚えるのに最適な方法は、PADIの「AWARE - 魚の見分け方」スペシャルティ・コースに参加することです。プロジェクトAWAREがREEFと共同で開発したスペシャルティ・コースは、REEF魚類調査プロジェクトへ参加できるように、ダイバーの地元の水域でよく見かける魚の種類を示し、魚類調査の方法を教えるものです。



自然の脅威と人為的脅威

世

界のサンゴ礁の5分の1は機能上死滅しています。残されたサンゴ礁の35%は危機的状況に陥っており、すべてのサンゴは気候変動により長期間におよぶ脅威に曝されています。

国際自然保護連合（IUCN）が行なった調査によれば、人為的な要因が発生した109カ国のうち、93カ国のサンゴ礁が大きく破壊されたり、深刻な被害を受けました。現在、最も深刻な危機に瀕しているのは、南アジア、東南アジア、東アフリカ、カリブ海のサンゴ礁です。

サンゴ礁は、未来の世代まで残るのでしょうか？残念ながら、私たちに知る由もありません。しかしながら唯一確かなのは、サンゴ礁が生き残れる可能性があるとするれば、サンゴ礁を保護するしかないということです。サンゴ礁の国々は、その破壊を防ぐ強力な環境プログラムを開発、推進する必要があります、世界中の国々は協力して気候変動と戦う必要があります。

サンゴ礁の敏感さ

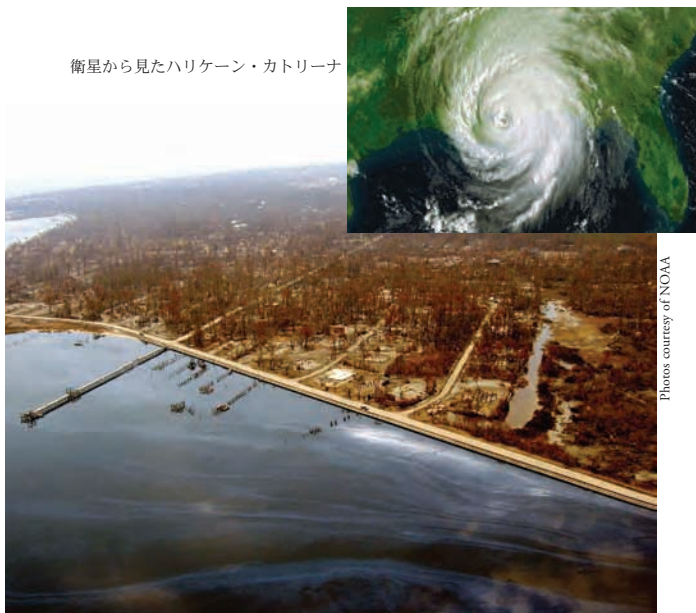
サンゴ礁は、自然要因と人為的要因の両方から脅かされています。サンゴ礁は、日光や水温、栄養物のどれに対しても耐性幅がとても狭く、デリケートなので、害を受けやすいのです。水温が高すぎたり、低すぎたりすると、温度ストレスによって死滅する恐れがあります。海水が濁れば日光が遮られ、光合成が減って栄養不足となります。海水に栄養分が多すぎれば、栄養分を好む大型藻類によって追いやられてしまったり、成長過多になります。海面が急に変化すれば、サンゴ礁が浅くなりすぎたり、深くなりすぎて、ゆっくりと死滅していきます。

サンゴ礁は環境条件のわずかな変化にも敏感なので、汚染や大気の変化を最初に感知する生態系のひとつです。様々な専門領域の科学者は、この敏感なサンゴ群生を調査することで、環境の悪化や地球の気候変動の兆候を見つけようとしています。生態系の指標となることが、サンゴ礁のもうひとつの重要な役割なのです。

自然の脅威

サンゴ礁は、誕生してから数億年経っているため、ある程度の変化への適応能力があります。自然の環境条件がサンゴ礁にダメージを与えても、それ以上何も加わらなければ回復できるのです。自然の脅威によるサンゴ礁のダメージは、より高いレベルの生物の多様性へ進化する機会となるかもしれないのです。自然の脅威とは、例えば以下の通りです。

- ・ エルニーニョ現象のような地球規模の気候不順
- ・ 強い嵐（ハリケーンや台風など）
- ・ 淡水の氾濫
- ・ 特定の生物種の大発生
- ・ 極端な干潮による空気への露出
- ・ 病気



衛星から見たハリケーン・カトリーナ

ハリケーン・カトリーナによる被害：ミシシッピ川、セントルイス湾に浮かぶ油膜

人為的脅威

当然ながら、サンゴ礁への最も深刻な脅威は、人為的な環境変化です。多くの科学者や資源管理者は、人為的な環境変化は陸上で起きていると



になりました。しかしその際、付近のサンゴ礁のことはほとんど考慮されていません。

森林伐採や過度の放牧などと、けっして上手とは言えない土地利用の方法が、大規模な土壌侵食と川への沈泥を招きました。サンゴ礁へ堆積物を捨てれば日光が遮られますし、肥料や殺虫剤、開発が生む下水など、家庭ゴミや農業・工業廃棄物は富栄養化をもたらします。その結果、サンゴは死滅し、かつて健康だったサンゴ礁は泥色に変わってしまいます。

考えています。例えば人口増加や、高度な機械を用いた沿岸開発です。沿岸開発への影響が小さかった以前の工業と違って、現在は重機や浚渫機など建築機械が進歩し、沿岸水域での都市開発やリゾート開発は簡単

サンゴの白化現象： 暗い未来

80年代、世界中の岩礁のかなりの数のカラフルなサンゴやムチャギ、海綿が白化して死滅するというサンゴ白化現象が起きました。海洋生物学者は、カリブ海やソサイエティ諸島、グレート・バリア・リーフ、西インド洋、インドネシアで白化現象を見つけました。1998年と2005年に起きた世界的な白化現象は、サンゴ礁の未来に対する強力な警告メッセージとなりました。

気候変動の主な原因は人為的要因であるとして、多くの科学者の意見は一致しています。気候変動への流れをくい止めない限り、私たちの知るサンゴ礁は今後30年から50年の間に消滅してしまうかもしれません。



サンゴの白化現象

© Reef Relief

魚の乱獲やサンゴ採掘といった沖合いでの資源の乱獲もまた、サンゴ礁に壊滅的なダメージを与えます。捕獲した魚の種類ばかりか、魚の平均捕獲高や最高捕獲高が減るといった乱獲を示す指標は、ずさんな漁業管理のために見過ごされがちです。捕獲高が減少すれば、漁民はダイナマイトや青酸カリを使った破壊的な漁法を使いたくなります。魚を穫りすぎれば、サンゴ礁の掃除をする魚や藻類を食べる魚がいなくなり、藻類が増えすぎてサンゴを追いやってしまいます。

東南アジアでは、建築資材やおみやげ用にサンゴを採る産業により、大きなサンゴ礁が破壊され、シャコ貝などの種を絶滅の危機に迫りました。水族館の取引でさえも、魚や無脊椎動物、「生きた岩」であるサンゴ、それに岩自体さえも採取することで、その生息数に影響を与えます。

最後に、だんだん大きな脅威となりつつあるのが、観光の影響です。観光が、サンゴ礁で収入を得る方法として環境に優しいと言えるのは、リゾート開発・運営が十分慎重に行なわれる場合に限りです。スポーツフィッシングやアンカリング（投錨）、スノーケラーやダイバーが偶発接触してしまうといった人為的活動がサンゴ礁を傷つける



ことは確かです。とはいえ、これらのケースはほとんどの場合、他の脅威に比べれば比較的軽いものです。しかも、ダイバーやスノーケラーや海洋観光客は、自ら海洋環境に働きかけることで、自分た

ちが与えた傷を最小限に止めることが可能です。アンカー（錨）による傷は、係留ブイを使うことで完全に防ぐことができます。係留ブイは、ボートをダイビングや釣りのポイントに繋ぐことができる半永久的に使える固定装置で、アンカー（錨）がサンゴ礁を傷つける可能性がなくなります。プロジェクトAWAREは、係留ブイの設置と利用をサポートし、係留ブイプロジェクトを行なう際に考慮すべき点を説明した、詳しい係留ブイ立案ガイドをまとめました。

もっと重要な脅威となるのが、観光施設から流れ出てサンゴ礁水域を汚染する未処理のままの下水です。また、建築業者が、海岸やマングローブの森、海草床など沿岸生息地にリゾートを作った場合、ただちに破壊が始まります。

人為的脅威の内、最も解明が遅れているのはおそらく大気の変化に関する脅威でしょう。まだ論争は続いているものの、オゾン層の破壊と温室ガスの増加がサンゴ礁の破壊をもたらすのではないかと考える科学者が増えてきました。オゾン層が破壊されれば、地表に届く潜在的に有害な紫外線の量が増えます。データによれば、紫外線の増加はサンゴやその他の褐虫藻と共生する生物に極めて深刻な影響を与えます。

地球気候変動は、海水温が上昇したり、熱帯性暴風雨のパターンや分布、頻度が変わったり、降雨パターンが変わったり、海流の動きが変わるなど、壊滅的な影響を与えています。

サンゴ礁に対する人為的脅威

- ・ 沿岸地域の人口増加
- ・ 沿岸地域の港湾開発や宅地開発、リゾート開発
- ・ 特に大河や河口部において、内陸部の侵食がもたらす沈泥
- ・ 化学物質や肥料、殺虫剤、下水による汚染と富栄養化
- ・ 乱獲と、それに伴う生態系バランスの崩れ
- ・ ダイナマイトや青酸カリなどを使った破壊的な漁法
- ・ 建築資材やおみやげ用のサンゴやサンゴ砂の採取
- ・ 水族館向けの魚や無脊椎動物、サンゴの採取
- ・ サンゴや貝類、魚などサンゴ礁生物の必要以上の収集
- ・ アンカリング（投錨）や衝突による破壊
- ・ 大気変化

プロジェクトAWAREの サンゴ礁保護活動

サンゴ礁生息地に対する自然の脅威と人為的脅威が増す中、プロジェクトAWAREはサンゴ礁保護活動に正面から取り組んできました。「プロテクト・ザ・シャーク（サメを守る）」キャンペーンという成功例に基づいて、このキャンペーンではパンフレット類や展示ポスター、ステッカーなどのキャンペーン道具を使い、さらに様々なイベントへの参加、法律制定に向けた活動を通して、認知度を高める

ために企画されました。この活動では、ダイビング出版物の記事や記者会見、行政サービス公告を通じたマスコミへの頻繁なアピールも行ないました。



一般の認知度を高めるキャンペーンに加えて、プロジェクトAWAREのサンゴ礁保護活動には、教育的な内容を含むPADIスペシャルティ・コース「AWARE - サンゴ礁の保護」があります。

練習問題

- サンゴ礁が海洋環境にとって重要な理由は、次のうちどれですか？
 - よく知られている海洋生物種の25%の育成場所になっているから。
 - 生物の多様性の貯蔵庫だから。
 - 島の潟や沿岸地域を守る防壁となるから。
 - 上記のすべて。
- 正誤問題。生物学者の中には、サンゴ礁が多様な生物を養っているため、海の熱帯雨林と呼ぶ者もいます。
- 世界の約2万1千種の魚類のうち、サンゴ礁で見られるのは、 _____ 種以上です。
 - 16000
 - 8000
 - 4000
 - 2000
- 正誤問題。現在、世界のサンゴ礁の50%もが、回復不可能なほど壊滅しています。
- サンゴ礁に対する人為的脅威は、次の内どれですか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - 淡水の氾濫
 - 魚の捕獲のための青酸カリやダイナマイトの使用
 - 沿岸建設による沈泥
 - アンカーリング（投錨）による破壊
- 正誤問題。スノーケラーやダイバーが偶然接触してしまったことによるサンゴ礁へのダメージは、比較的軽いものです。

いかがでしたか？ 正解は：

1. d 2. 正 3. c 4. 誤（10%近くと推定されています） 5. b, c, d 6. 正

第5章

危機に瀕している水中資源



危機に瀕している水中資源

- 汚染
- 漁業問題
- 沿岸地域と湿地帯の自然破壊

学習目標

マニュアルを読んで、本文の中で以下の質問の答えに該当する部分にマーカーペンで色をつけたり、アンダーラインを引いておいてください。

1. 水中環境へ流れ込む汚染源は何ですか？
2. 最大の原油汚染源は何ですか？また原油汚染の環境への影響はどういったものがありますか？
3. 有機物や固体廃棄物、軍用品廃棄物、温排水、外部からの生物種の侵入が水中環境にどのような影響を与えますか？
4. 共有財産の悲劇とは何ですか？
5. 多くの海洋漁業が崩壊に瀕しているのはなぜですか？
6. 混獲とは何ですか？それは海洋生態系にどんな影響を与えますか？
7. 現在行なわれている、最も破壊的な漁獲方法とはどんなものですか？
8. 世界の人口は沿岸水域にどのような影響を与えますか？
9. どんな要因が湿地帯の破壊をもたらしていますか？
10. 世界の漁業を守るためには、どんな手段を取るべきだと環境団体は考えていますか？
11. 効果的な沿岸水域管理の例はどんなものがありますか？
12. 船から出る石油など有害物質の投棄の汚染をなくすために、どのような国際手段が取られましたか？



汚染

地

地球上の水が提供してくれる生活資源と引き換えに、人間は膨大な量の廃棄物とゴミを返しているように思われます。毎年、主として陸上の汚染源もしくは大気の堆積物によって、200億トン以上の汚染物質が水中環境に捨てられます。海洋は、直接投棄と、大河から流入する汚染物質の最大のゴミ置き場なのです。国連環境計画（UNEP）によれば、海洋汚染の量と種類は、以下のように分けられます。

- 44%：農業および工業からの流入
- 33%：スプレー用の高圧ガスや炭化水素（水素と炭素しか含まないメタンやベンゼンなど有機化合物）、殺生剤（抗生物質や、他の生物を殺す殺虫剤などの物質）
- 12%：海運事故や、船底にたまる水やバラスト水、その他船からの廃棄物（ゴミ）
- 10%：産業廃棄物や都市ゴミ、農業廃棄物の廃棄や浚渫土の投棄

海などの水中環境に一旦捨てられた汚染物質は、1カ所に留まりません。自然の物理現象によって汚染物質の一部は大気に戻り、一部は分解され、一部は生物の体内に摂取されますが、水流と海流は汚染物質を非常に遠くまで運ぶこともあります。例えば、南極付近の海域で検出された炭化水素が、数千キロメートル（マイル）離れた所のものだったこともあります。



石油

多くの人にとって、石油と水質汚染は同義語になっています。毎年、約540万トンの石油炭化水素が最終的に海洋と水中環境に流入します。汚染源は例えば、タンカー・船舶の運航や事故、乾船渠（水を排水して船を整備できるドック）への入渠、海上原油生産、港での積み込み、産業

廃棄物や都市ゴミ、都市や川からの雨水の流入、大気からの堆積物、自然からの浸出物です。

一般的に取りざたされる石油汚染の問題としてはタンカー事故があげられますが、これは水中環境へと流入する石油のわずか5%ほどでしかありません。同様に、海上掘削基地から石油が流出すること

がありますが、その量は船舶関連の流出量にも及びません。石油輸送と抜き取り活動は、石油総流入量の4分の1でしかありません。石油汚染の第一の原因は何でしょうか？それは、石油を使っている私たち全員なのです。





ほとんどの石油は、駐車場（またはその他の表面が不透水性の所）からの流入や、排水処理プラントからの排水（環境に放出される廃棄原料）など陸上汚染源から水中環境に流入します。米国だけで、アラスカでタンカー・エクソンバルディーズ号から事故によって流出した量に等しい年間推定4200万リットル（1100万ガロン）の石油が、海洋に流入します。排水処理プラントを加えればもっと増えます。

石油を取り除くためには

一旦、水中環境に入ってしまった石油を処理するために、様々な手法が用いられます。

- ・ 化学薬品で石油の乳化を加速させ、粒が固まりにならないうよう、分散させる。
- ・ 化学処理した砂によって、石油の固まりを海底に沈める。
- ・ 化学薬品によって、石油を液体からジェル状に変え、カーベットのよう巻き取る。
- ・ 粉末化したコルクや泥炭、わらなどの吸収剤を使って石油を除去する。
- ・ 燃焼する。

理想を言えば、汚染が海岸にまで達すると、問題がいつそう深刻化するので、そうなる前に、石油を処理すべきです。海岸の清掃は、大変な作業で費用もかさむため、さらに別の問題を引き起こします。また、汚染場所から石油を完全に除去するには、バクテリアと菌類が石油製品を分解しなければならないため、長い時間がかかります。

もうひとつの重要な陸上汚染源は、私たちの乗用車やトラック（貨物用車輛）とその整備なのです。自動車燃料が不完全燃焼すると、石油炭化水素が大気に放出され、やがて降雨や降雪によって海へと降り注がれます。同じように、オイル交換の際に何気なく使用済みオイルを排水管などに捨ててしまうと、雨水排水管は特に、処理せずに直接水路へとそのオイルを流すので、石油汚染につながります。また、多くの場合、使用済みのオイルなどを処理せずに捨ててしまうことは違法行為となるので、廃油を使用済みオイル回収センターや再利用施設へと持っていく、処理するようにします。

最後の石油汚染源は、自然に起こる地下からの浸出です。この自然の汚染源は、おそらく大気から海洋に流入する石油の量と同じで、タンカー事故の2倍になります。

石油汚染の結果は、至る所に見られます。石油が海鳥の羽につくと水をはじかなくなり、体温が奪われて溺れてしまいます。また、比較的少量でも石油が体内に摂取されると、産卵や孵化が難しくなります。羽から卵へと移動した石油は、殻に浸透して胚の生命を奪います。

自分の体を掃除する際に石油を飲み込んでしまった鳥や海洋哺乳動物は、腸の不調や器官の機能不全を起こします。クジラが石油汚染によって危機に瀕しているという証拠はないものの、石油は多くの海洋哺乳動物の命を奪いかねません。

石油がわずかに生物濃縮しただけで、魚や甲殻類の漁獲物すべてが汚染され、市場に出せなくなる恐れがあるのです。ハマグリやカキなどのフィルターフィーダー（海水中の微小な生物を濾し取って食べる種類）は、乳化処理した石油の微小な粒を摂取して、組織内に取り入れる可能性があります。この石油は食物連鎖により生物濃縮され、最初の摂取からかなり後に、害を及ぼしたり命を奪ったりします。

化学汚染物質の製造

毎年、重金属やハロゲン化炭化水素、産業化学物質、放射性物質などの毒性廃棄物が、19兆リットル（5兆ガロン）以上、流入します。これらの物質の多くはバクテリア分解をしないし、消えてなくなることもありません。化学物質は最終的に生物の中に蓄積し（生物濃縮）、食物連鎖上、上位の捕食者の体内に濃縮していき、やがて毒性レベルに達します。



Photo courtesy of Terence O'Brien

生物濃縮することが知られている化学物質や元素は、水銀や鉛、銅、亜鉛、ハロゲン化炭化水素などです。これらの物質は、サメや人間といった最高位の捕食者においてリスクが最も高くなりますが、食物連鎖のどの段階でも害を与える恐れがあります。これらの物質は生物の生まれ持った化学的処理過程を妨害します。水中生物の体内では、ほんのわずかな量でも、ヒレの粘膜が剥がれていただれたようになってしまったり、癌腫瘍の形成、骨格の変形、幼生の奇形が起こります。

炭化水素は水素と炭素を持った有機物質で、水素と炭素は、塩素やフッ素、臭素、ヨウ素など他の元素の原子と反応して、塩素化炭化水素やハロゲン化炭化水素を作ります。水中環境における毒性から考えると、2種の塩素化炭化水素、殺虫剤のジクロロ・ジフェニル・トリクロロ

エタン（DDT）と、工業用滑剤・冷却剤のポリ塩化ビフェニル（PCB）に注意しなければなりません。

以前は安全で効果の高い殺虫剤と考えられていたDDTは、60年代初頭に、海鳥の大量死との関連性が疑われて使用禁止となりました。時と共に、DDTは海鳥の餌となる種の脂肪組織に集まっていきます。鳥が汚染された魚を大量に食べると、DDTは、卵殻を作るのに必要なカルシウム代謝を妨げます。このため、卵殻は薄く壊れやすくなり、多くの鳥類の生息数が減少します。

PCB汚染は、アザラシやアシカ、クジラといった食物連鎖上、かなり上位の海洋生物の命を奪いました。カナダのセントローレンス川では、餌としている底生無脊椎動物から、バレーガの体内に高濃度のハロゲン化炭化水素が蓄積されて、消化器官の癌がんを発生させました。80年代に生息数が激減したことから、72頭の解剖を行なうと、PCBが引き起こした腫瘍や潰瘍、呼吸器疾患、免疫系の欠陥が見つかりました。

海水はカリウムやウラン、トリウムといった元素の自然崩壊物質を含むため、もとより放射能を含んでいます。しかし、廃棄物の投棄により放射性物質が増えた場合、放射能レベルは有害となる恐れがあります。1940年代、核兵器実験や放射性固体廃棄物処理によって、海洋に放射性物質が放出されました。

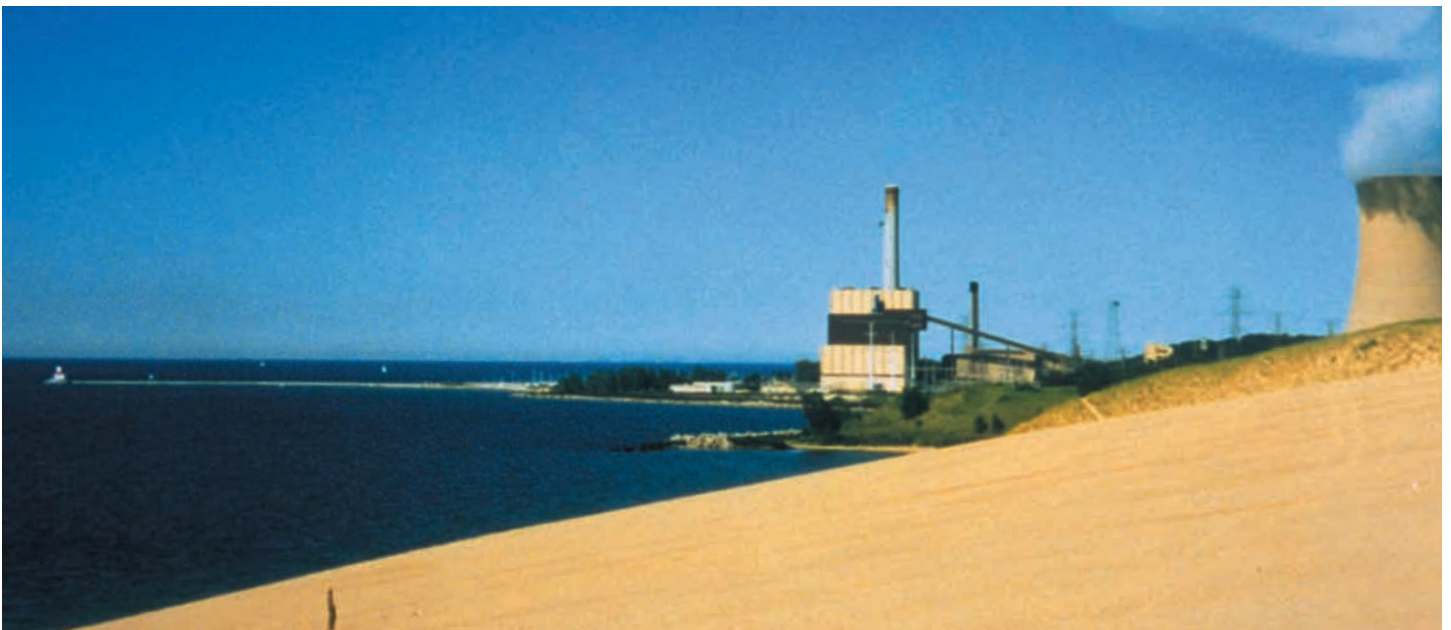


Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce



化学反応

現在、世界では約6万種の化学物質が使用されていて、さらに毎年、化学産業は新たに200~1000の新種を導入しています。ある目的をもって製造された物質は、特定の用途を持っているのに、残念ながらその多くが環境問題を引き起こすのです。特に心配されているのが、化学の発達から生じる、予想外の問題や有害な化学反応です。

化学者らは、こうした予想外の結果を「補足的な化学反応によって最終的にできた化学製品」と表現します。こうした偶発的な最終製品の多くは、量や性質、毒性がわかっていない場合が多いのです。

現在まで、水中環境を汚染する有機化学物質は3000種以上に上り、その多くは私たちの飲料水に含まれます。こうした有機微小汚染物質が私たちの健康に与える影響を示す確固たる証拠が得られるまで、まだ数十年かかると思われます。

1975年、ロンドン海洋投棄条約により、高レベル放射性廃棄物の投棄は禁止されましたが、それまでに大量の放射性廃棄物が海へと投棄されました。例えば米国は、1946年から1970年までの間、しばしば人口密集地域の近くに、11万バレル以上のプルトニウムとセシウム廃棄物を海洋に投棄しました。

ロシアは、ソ連時代に核反応炉を含む固体と液体の放射性廃棄物を、北海に投棄したことを認めました。中央ロシアでは、数十年間、カラチャイ (Karachay) 湖が放射性物質の投棄場所で、現在も大量の放射性物質が眠っています。

1983年にロンドン条約の禁止の対象に低レベル廃棄物も加えられましたが、まだ施行には至らず、現在も安全性が心配されています。放射性物質は、船で輸送されることが多く、船舶事故が起これば海に流れ込む恐れがあります。

幸いなことに、海洋生物の放射能に対する耐性は比較的高いと見られ、現在の海中放射能レベルでは生態系への影響は観測されていません。でも将来の事は誰にもわからないのです。

有機物質

有機物質は、沿岸水域への廃棄物の中で一番大きな割合を占めます。バクテリアによって無機物質へと分解され、海洋生態系を豊かにするため、一定量の流入なら処理可能で、むしろ有益でさえあります。ところが、分解可能な量以上に流入すると、バクテリアの活動が活発化して、海水中の酸素不足を招きます。

酸素が不足した水は、富栄養化と呼ばれる状態となり、動物より植物に適した状態になります。富栄養化は、植物性プランクトンの大発生、すなわち第2章で述べた赤潮を招きます。赤潮は他の生物に有害な神経毒を作ります。カキやハマグリなど二枚貝は毒を蓄積し、食べた人の体内に毒を運びます。こうして病気を起こしたり、命を奪う恐れがあります。



人間の下水を含む有機物質が海に流入すると、海産食物の汚染も起こります。蓄積されたヒト病原体を多く含む甲殻類や魚を食べると、腸チフスやサルモネラ菌中毒、ウイルス性肝炎、ボツリヌス中毒症にかかる恐れがあります。未処理もしくは不十分な処理の下水投棄は、深刻な健康問題を引き起こします。

固体廃棄物

水中環境の最も深刻な汚染源は、港湾や河川、通行水路で、船舶航行をスムーズにするため浚渫した泥土です。浚渫土には、毒性のある化学物質や重金属、石油が含まれていることが多いのです。浚渫土は、埋め立てに使われることもありま



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

すが、大抵は水中に投棄され、有害物質を撒き散らすことになりま

す。浚渫土に有害物質が含まれていない場合でも、水中に浮遊する粒子が広がれば、摂食器官や呼吸器官に詰まったり、光合成に必要な光の透過を妨げたり、粒子が水底に降り積もって定着生物を埋没させたりします。固体廃棄物の海への投棄は、その水域に生息する自然界を害することがわかっています。

プラスチックやビニール

軽くて強く、耐久性があって、分解しにくいというプラスチックの利点は、環境にとってみれば欠点そのものなのです。硬いということは、自然分解や微生物分解が起こらないということなのです。例えば、プラスチックでできた6本ずつ缶飲料をパックするためのホルダーは、通常の環境下で450年の耐久性があります。

海洋保護センター（Ocean Conservancy）によれば、海洋ゴミの80%以上がプラスチックだそうです。よく見られるのは、漁業の道具やビニール袋、包装材料、風船、ペットボトル、注射器です。陸から離れた太平洋の環礁から南極に至るまで、環境を破壊する醜いプラスチックゴミから免れる場所は地球上のどこにもありません。

プラスチックやビニールは、流れたり浮かんだりしているため、水中生物や鳥が餌と間違えやすいのです。ウミガメに多い死因は、ビニール袋を、主食のクラゲと間違えてしまうことです。研究者の推定によれば、海鳥の15%以上がプラスチックやビニール袋などを食べてしまったり、ひなに餌として与えてしまうとのこと。ポリスチレンフォームの細かな粒も、プランクトンや魚の卵に似ているため大きな問題です。



プラスチックやビニールの締めひもなどの包装材料が、海洋哺乳動物の首に巻き付き、肉に食い込んで感染症を引き起こしたり、呼吸や摂食を妨げたりすることもあります。

プラスチック製の漁業道具の中でも、特に網は従来のものより強く細いため、見にくく、壊れにくくなっています。捨てられたり、流されたりした網は、魚や鳥、海洋哺乳動物の命を奪い続けるのです。



軍用品

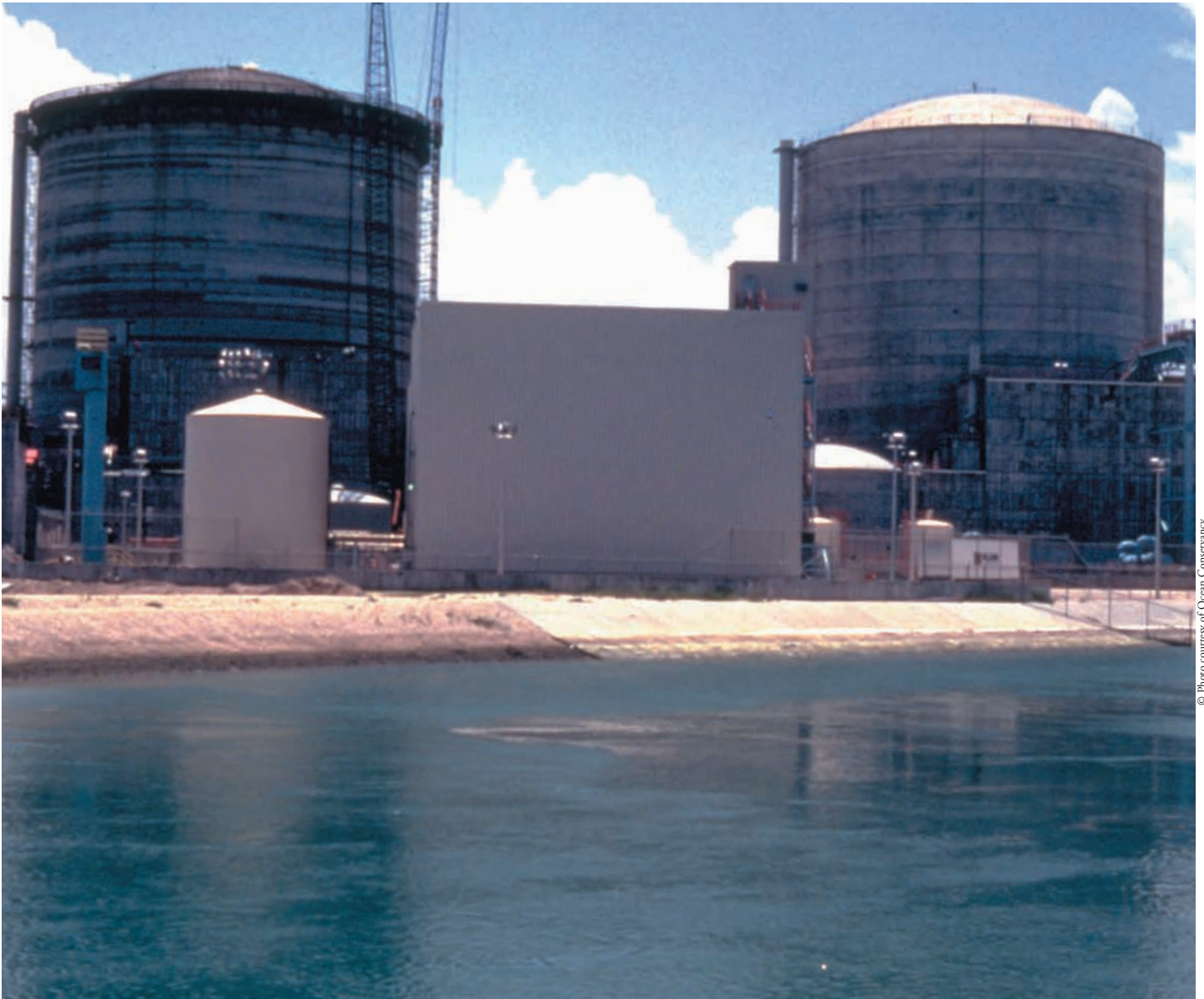
かなり以前から、軍は軍用品（化学兵器も含まれます）で欠陥があったり、古くなったり、不要になったものを海中投棄によって処理してきました。現在は規制されており、沿岸水域での投棄は緊急時のみ認められているものの、完全実施はされていません。

海底は、爆発処理されていない軍需品を載せたままの、沈没軍艦の残骸の山となっています。ミクロネシアのチューク環礁のように、一部のレック（難破船）・ダイビングは、ダイバーが知らずに暴発の恐れがある弾薬に近づく恐れがあり、危険です。

プラスチックやビニールは摂取すると、動物の腸に蓄積して、空腹感をなくし、摂食を妨げます。このため、脂肪の蓄えが減り、成長や生殖、移動が十分行なえなくなってしまう。またこれらは腸や胃に潰瘍を作ったり、合成化学物質を体内組織に吸収させて、卵殻を薄くしたり、異常行動や組織の損傷を引き起こします。

熱

熱を汚染源とみなすのは奇妙に思えます。温帯では、熱水の放出は環境にプラスで、生産性を上げるための養殖技術として使われます。ところが、環境によっては、熱の影響は化学物質よりも有害なのです。熱汚染の主な源は、沿岸の発電所や工場が放出する冷却水です。夏の水温が、すでに多くの生物の許容温度上限に達している熱帯や高温水域では、このような熱の放出（温排水）は死をもたらします。多くの熱帯の海洋生物は、通常水温より2~3℃の温度上昇に耐えることができません。



© Photo courtesy of Ocean Conservancy

外部からの生物種の侵入

海運貿易の増加は、世界経済にとって重要な要素ですが、それが環境に予想外の悪影響を与えました。船舶が引き起こす問題のひとつは、船が船底のビルジから放出するバラスト水や排水です。バラスト水には、放出された水域で外部からの生物種となる、成体と幼生の両方の生物が含まれている場合があります。こうした生物は、水温や塩分濃度、その水域の捕食者によってすぐ死滅してしまいますが、時にはこうした新種生物が環境に容易に適応して、繁殖することもあるのです。生来の捕食者が存在しないため、こうした新種生物はやがて、地元の生物を追いやっ

てしまいます。

新種生物の侵入は、環境破壊をもたらします。特に河川や湖は、外部からの生物種の侵入に弱いのです。例えば、最近、北米にやってきた迷惑なゼブライガイ (*Dreissena polymorpha* and *D. bugensis*) は、1988年、カナダと米国の五大湖に出現しました。その幼生は、おそらく欧州の船舶のバラスト水に含まれていたと思われます。そもそも、黒海か、ウクライナのカーソン (Kherson) 港やニコラエフ (Nikolayev) 港に近いドナイパー (Dneiper) 低地にいたと科学者は見えています。1989年までに、ゼブライガイは1平方メートル (25,083平



米国五大湖のゼブライガイ (*Dreissena polymorpha* and *D. bugensis*)



Photo courtesy of Michigan Sea Grant

方ヤード) 当たり3万もの密集した群れを作り、水中施設にびっしりと付着し、取水パイプを詰まらせた。物理的被害に止まらず、ゼブライガイはこの水域の水中食物連鎖の基礎だった藻類を食べ尽くし、生態系を脅かすに至りました。

船底水の放出が外部からの生物種の侵入の主な経路ですが、他の経路もあります。例えば、60年代に水族館取引によって、水中雑草のクロモ (*Hydrilla verticillata*) が、米国南東部に導入されました。クロモがひとたびフロリダの温かい淡水に侵入すると、この地域のすべての土着種底生植物を追いやってしまう、迷惑な外部からの生物種となったのです。

私たち人間のせいで、地球はひとつの均質な生態系へと急速に姿を変えつつあり、このため種の多様性は失われつつあると考える生態学者もいます。スピーディな輸送や、生息地破壊、外部からの生物種の侵入

は、多くの種を危機に曝すと生態学者は警告を發します。環境変化は太古の昔からあったものの、現代の海運貿易は、変化の速度を加速させました。この結果、生物圏は急速な環境変化に適応するために、大きな変化に迫られているのです。

漁業問題

何

千年も前から人類は、海には無限の資源があると信じてきました。人口増加に伴って食料が必要になると、獲る量を増やしました。ところが、生物種と漁獲量の減少は、海洋がけっして「底無し」ではないことを私たちに教えているのです。生産量は限りがあるのに、技術進歩により、海洋生物資源を使い果たしてしまうことが起こりうるようになったのです。

米国の生物学者ギャレット・ハーディンは、1968年に「共有地の悲劇」と題する文章の中で、利己的利用という現象を説明しました。ハーディンは、町民全員が共有牧草地に自分の家畜を放牧している田舎町を取り上げました。他の牧草地と同様に、この共有牧草地では、限られた数の動物しか養えません。もしも、ひとりひとりの農夫が、共有財産が荒廃するかもしれないというリスクよりも、自分の家畜を増やすという目先の利益が大切だと考えたとしたら、牧草地はすぐに荒廃してしまいます。ハーディンが言いたかったのは、共有財産の乱用は、ひとりが行なうにしろ、多数が行なうにしろ、乱用された分だけ全員が背負わなければならない悲劇だということです。

国境の外に広がる海洋は、しばしば地球の共有財産と呼ばれます。この地球の共有財産で得られる資源は、どの国のものでもないで、どこの国でもわがものにしていいのです。漁業にはほとんど規制はなく、海洋共有財産に対する法的所有権という観念がないため、各国は共有資源を管理するという道義的責任をほとんど感じていません。地球の共有財産の悲劇は、乱用されやすいところにあるのです。

世界の漁業

いくつかの先進国では、魚は第一の食料源ではなく、時々食卓に上る程度のもので、ところが、世界の多くの人にとって、魚などの海産食物は日常生活に欠かせません。魚は、人間が摂取する動物性蛋白質の約18%を占め、牛肉・鳥肉・豚肉など他の食肉を合わせた量を上回ります。およそ10億人が魚を主要蛋白源としています。世界中で漁業に従事している人は、約2億人に上ります。2005年の世界の年間漁獲高は1億4200万トンを上回り、その80%以上が海洋資源、約15%が養殖資源、残りが淡水資源です。

この150年間で海洋漁獲高は、需要に追いつこうと70倍に跳ね上がりました。現在の年間漁獲高を保つのは難しいと、多くの専門家は見ています。国連食糧農業機関（FAO）によれば、2004年までに、400万隻を数え、30年前の8倍となっています。こうした傾向を踏まえると、現在の年間漁獲高を維持することは不可能です。

崩壊

世界漁業は、経済上の問題に加えて、環境破壊と生物減少という問題に直面しています。汚染と生息地破壊が生殖を阻害しているのも事実ですが、一番の問題は、海洋が生産する以上の魚が獲られているということなのです。



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

国連食糧農業機関（FAO）の計算によれば、海洋漁業資源の50%は完全に獲りつくされており、25%は獲りすぎか枯渇の状態です。

乱獲を、経済および人口上の必要性に由来する開発途上国の問題と割り切るのはたやすいことです。しかし、乱獲危機を生んだそもそもの原因は、開発途上国と先進国の双方にあるのです。魚資源の需要が高い8つの海域のうち、5つ（北西大西洋、北東大西洋、地中海、北西太平洋、北東太平洋）は、先進国の管轄下にあります。残る3つの海域のうち、2つ（大西洋中東部、南東大西洋）は先進国の漁船が支配しています。

フランス、日本、ノルウェー、スペイン、ロシアが大西洋中東部を

支配しており、この地域で大規模に操業している開発途上国は韓国のみです。日本、ポーランド、スペイン、ロシア、南アフリカが南東大西洋で大規模に操業していて、ここでの開発途上国はキューバのみです。例外は、



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

海洋法

海洋法の起源は、法皇アレキサンダー6世が国境画定の大勅書（法皇の命令が書いてある文書）を発令した1493年に遡ることができます。国境画定の大勅書は、新世界をスペインとポルトガルで分割し、この2つの大国に、東インド・西インドとの独占貿易特権を与えるものでした。

その後の116年間は、海洋法を概念を発展させる出来事はありませんでした。ところが1609年になって、著名なオランダの理論家グロチウスの著作「捕獲法論」の12章が、公海の自由として出版されました。この著作は、あらゆる国の公海を通行する権利を擁護しました。

その後100年以上経て、沿岸諸国が完全な主権を有する、「領海」と呼ばれる5キロメートル（3マイル）国境が設けられ、グロチウスの観念が公式に認められました。領海の外は、どこの国にも属さない公海とされました。以来、「公海の自由」に表現された法的根拠と規則が、すべての近代国際海洋法の基礎となったのです。

1945年、トルーマン宣言が、それまでの領海の定義に異議を唱えました。第二次世界大戦後、技術の進歩により、5キロメートル（3マイル）の米国領海外の大陸棚にある原油や天然ガスの開発が可能になったためです。これらの資源を守るため、トルーマン大統領は、米国付近にある大陸棚の物理資源や生物資源を併合する、片務的（契約の当事者の一方だけが義務を負うこと）宣言を発しました。他の国はただちに訴訟を起しました。同宣言には国際法上の根拠がなかったものの、反対はほとんどなかったため、国際的な大陸棚規制の規準となりました。

1953年、大陸棚外辺法が成立し、大陸棚の外辺部の海底および地下の管理権は米国政府に委ねられました。同法が作られるきっかけのひとつは、チリとエクアドル、ペルーの海・海底・地下に対する管轄権及び主権を海岸線から350キロメートル（200

マイル）まで拡大するという、海事水域宣言と呼ばれる1952年の文書です。

この海事法の大きな変化を巡る国際的な論議に促され、国連は、1958年、スイスのジュネーブで、海洋法会議を開きました。その後24年間かかりましたが、1982年4月に国連は、国連海洋法会議（UNCLOS）を承認しました。1988年までに、140ヵ国以上が、同協定の一部もしくは全部を承認し、1994年に発効しました。

同会議は、各国の海岸線から370キロメートル（200海里）に拡大する経済専管水域（EEZ）を設けました。各国は、EEZ内の資源、経済活動、環境保護の主権を有します。EEZの外は、世界市民が共有する共有財産である公海とされました。同会議により、世界の海洋の約40%がEEZに属し、沿岸国の管理下に置かれました。



波及効果

ある海域で漁場が崩壊すると、それが世界全体に及びます。問題のケースは、かつて繁栄していたカタクチイワシ漁場です。以前は、世界で有数の漁場でしたが、1972年にエルニーニョ・南方振動が原因で崩壊すると、ペルーは主な輸出品である魚食品と、カタクチイワシに左右される海鳥が作る肥料にする鳥ふん石の2つを失いました。カタクチイワシの崩壊により、ペルーは海外債務が山積みし、世界は、豚や家禽類（家畜として飼育される鳥）に与える主要蛋白源を失うことになりました。これにより、世界の食肉価格は大きく値上がりしたのです。

ペルーとチリが主体となっている南東太平洋です。

混獲

乱獲は、魚屋の陳列ケースに並ぶ魚に限られた話ではありません。商業的な海洋漁業では、目的の魚に付随して獲ってしまった混獲として、毎年およそ2400万トン近くの魚や海鳥、ウミガメ、海洋哺乳動物などの海洋生物が廃棄されます。ほとんどの混獲は殺されてしまうため、環境保護論者の中には、これを「混獲は殺生である」と見る者もいます。

混獲は、世界総漁獲高の3分の1を占めます。漁場によっては、混獲が多い所もあります。例えば、エビ・トロール船は、漁獲量の80～90%を廃棄します。これは市場に出回るエビ1キログラム（ポンド）につき、8キログラム（ポンド）の混獲が廃棄されることを意味します。

80年代、マグロ網で混獲として殺されるイルカが世界的に注目を浴びました。それ以来、世論の高ま

りや法規制、国際協定により漁法が大きく変わり、毎年殺されるイルカの数は一時的に減少しました。依然としてマグロ網に捕まるイルカは少数いるものの、この運動は、漁法と機器を改善すれば、混獲を減らせることを証明しています。



漁法

技術進歩により、漁獲の技術は高くなりすぎました。以前は、競争が激化すると魚の数が減るので、減った分を取り戻そうと、進歩はしているけれども環境に対して破壊的な漁法が開発されていたのです。技術進歩のおかげで、工場用冷蔵庫を備えたトロール船により漁場で魚を加工し、1ヵ月以上も漁が続けられるようになりました。今日では、魚を見つけるのは運の問題ではなくて、レーダーやソナー、衛星や飛行機を使った技術の問題なのです。

環境に対して破壊的な漁法は、以下の通りです。

- ・ はえ縄 — 数千の餌針をつけた全長130キロメートル（80マイル）以上の糸。これにより、漁船は大量の魚を獲ることができます。残念ながら、混獲として目的の種類以外の魚や海鳥も引っかかってしまいます。
- ・ 刺し網（流し網） — 全長65キロメートル（40マイル）もの網は、商業漁業で最もよく用いられる道具です。その大きな網は目的の魚を効率よく捕えますが、同時に目的以外の魚や海洋哺乳動物の命も奪います。
- ・ ペアトローリング（引き網漁） — 2隻の船が前後に並んで、網を

引く漁法で、比較的新しく効率のよい漁法です。網を目的の魚に合った深さまで下ろし、魚を囲いこんで引き上げる。記録的な漁獲量を上げます。

- ・ 底引き網漁 — 海底を底引き網でさらうことで、海底の魚を獲りますが、海底を破壊したり、沈泥を巻き上げたりします。あらゆるものが掬い上げられ、目的以外の種は廃棄されます。よく底引き網漁が行なわれる海域では、生き残れる魚が限られているため、ほとんど生物の多様性がありません。
- ・ 爆薬 — 多くの場合、手製の爆薬をサンゴ礁の近くで爆発させます。必要な魚だけでなく、爆薬近くのものすべてを気絶させたり殺したりします。無脊椎動物や稚魚、サンゴの死は生態系を弱体化し、時には回復不可能にします。残念なことに、地域によってはこの漁法がよく使われ、漁村の「伝統文化」にまでなっている所もあります。
- ・ 毒 — 通常青酸カリが使われますが、毒は魚を一時的にマヒさせ、生きたまま捕まえるために使われます。水族館や鮮魚レストラン向けの取引のためによく使われるようになったこの毒の漁法は、インド・太平洋など生物に富んだ海域で大きな問題となっていま

釣りをしたい？それならルールを守りましょう

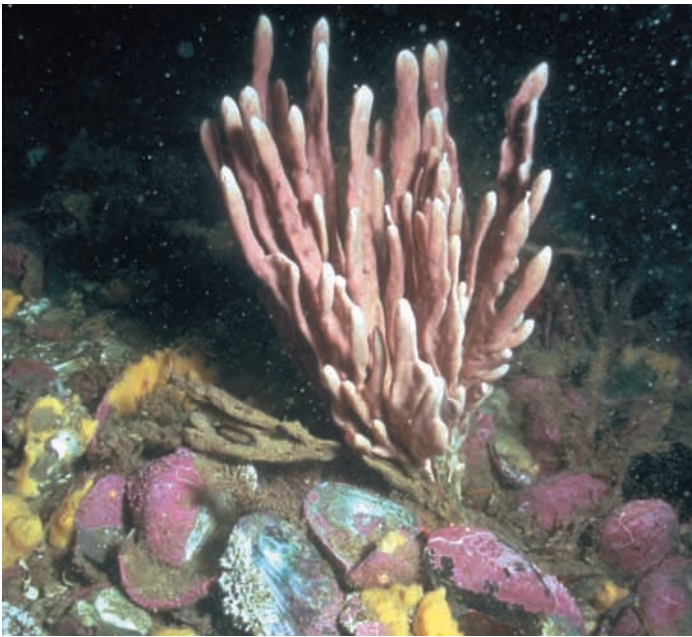
釣りは人気の高いレクリエーション活動で、ますます盛んになっているようです。責任ある行動を取れば、釣りは、人類が昔から行ってきた生活のための漁と同じく、環境を害することはありません。ところが、釣り人口の増加により、乱獲の恐れが高まっています。

釣りをしようと決めたら、その地元のルール（法規）を知って、それを守る必要があります。心に留めておくべきことは、ルールよりも、より控えめな釣りをすれば、水中環境に優しいということです。

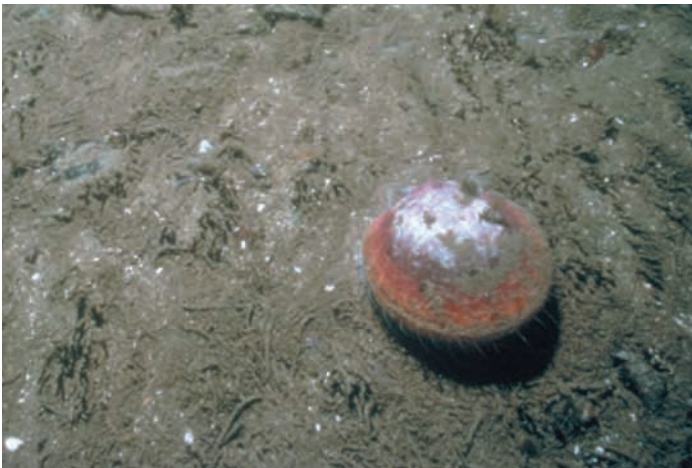
釣り糸を垂れる前に、また網を投げる前に、次のような地元のルールを知っているか確認してください。

- ・ ライセンスの必要性
- ・ 魚のサイズ・重量制限
- ・ 種の規制
- ・ 1日（一定期間）の漁獲制限
- ・ 海域制限
- ・ 漁期限
- ・ 用具制限
- ・ キャッチ・アンド・リリースの手順





© Photo courtesy Peter Auster–National Undersea Research Center



© Photo courtesy of Peter Auster–National Undersea Research Center

健全な状態の海底（写真上）と底引き網漁によって傷ついた海底（写真下）

す。毒による魚の致死率は時には50%にもなり、また多くの魚の産卵場所で生息地でもあるサンゴ礁を死滅させます。この市場は、10億米ドル規模にまで成長し、年間18～23トンの漁獲高を上げていて、もっと多くの魚を殺しています。

サメ漁 — 災いのレシピ

ほとんどの魚類は、年に数回産卵し、数万個から数十万個の卵を水中に放出します。その戦略は、たとえ死亡率が高くても生き残って成魚となるものが出るように、とにかく多くの稚魚を産むことなのです。

ところがサメの生殖戦略は異なり、また種によって多様性を持っています。サメの中には、卵を産み、母体の外で孵化する卵生の種がいます。また、子宮と関係なく、シロワニのように、体内で卵を育てる種もいます。これは無胎盤胎生と呼ばれ、体内で孵化した後、稚魚が生きて体外へ出ます。しかし多くのサメは、人間と同じような生殖を行いません。胎児が栄養を受け取る卵黄囊胎盤を作るのです。これは、胎盤胎生と呼ばれます。

受精から産卵までの妊娠期間も、魚類というより哺乳類に近いのです。種によっては妊娠期間が1年以上のものもあります。アブラツノザメ (*Squalus*

acanthias) の妊娠期間は、知られている脊椎動物の中で最長の20～24ヵ月です。

またサメは成長もゆっくりしていて、他の動物と比べてかなり遅く性的に



袋状のサメの卵

成熟します。例えばニシレモンザメ (*Negaprion brevirostris*) は、性的に成熟するまで平均15年かかります。おそらく大西洋で商業的に最も重要な種であるメジロザメ (*Carcharhinus plumbeus*) は、約20年たたなければ性的に成熟しません。

生殖方法や妊娠期間、成長率がばらばらとはいえ、あらゆるサメに共通する点が、子孫の数が少ないということです。なぜでしょうか？サメには、生来の捕食者がいないので稚魚は生き残るため、子孫を残すことにエネルギーを向ける必要がないと思われます。

問題は、残念ながら人間がサメに有効な漁法を使って、重要な捕食者となったことです。いままでのサメの効率的な種の保存方法では、捕まったり殺されたりする数を捕うことはできません。サメが子孫を残す前に捕まえてしまえば、やがてサメは確実に死滅します。

プロテクト・ザ・シャーク (サメを守る)

多くの人は、サメを冷酷な殺人マシンと考えがちです。ジョーズのような映画のみならず、小説やドラマもこのような誤解を助長させています。実際は、およそ400種のサメの内、人に危害を加えると思われるのはわずか21種です。泳いだり、スノーケリングやスクーバ・ダイビングで海に入る人のリスクは、極めて小さいのです。

年間で落雷やワニ、蜂、家畜動物が原因で亡くなる人の数は各々、サメによる死者よりも多いのです。サメによる被害は世界で年間100件以下で、その内、死亡例は15%にすぎません。実際、サメから見た私たち人間の存在の方がはるかに危険なのです。サメに襲われた人ひとりにつき、およそ100万頭のサメが殺されているのです。



© Photo courtesy of Jeremy Stafford-Dietsch

サメは、ほんとうに助けを必要としています。サメは、生態系において非常に重要な役割を果たしており、もしもサメがいなくなったら、自然の基本的なバランスが崩れてしまうでしょう。サメは4億年前から生き延びてきたのですから、いくつかの種が人間によってまもなく絶滅してしまうとは、残念でなりません。



© Photo courtesy of Jeremy Stafford-Dietsch



こうした問題に加えて、ある種のサメは、海岸近くの成育場所に出産するために集まります。若いサメは、この水域に数年間留まることが多いのです。サメの生息数を健全に保つためには、こうした生息地を守ることができるかどうかにかかっています。ヨシキリザメ（*Prionaceglauca*）のような種には、同性で群れを作って泳ぐ習性がある

ります。こうした習性が漁民に利用されて、多くの成熟したメスが姿を消し、子孫を残す望みが薄くなっています。

これまで歴史的に大規模なサメ漁はうまくいかなかったものの、サメ漁は残っています。世界の総漁獲量の算定は難しいものの、毎年3000万から1億尾のサメが殺されています。残念なことに、多くのサメはヒレを採るためだけに捕獲されるのです。背びれと尾びれ、胸びれを切り落とすと、サメは時に生きたまま海に捨てられます。

サメ漁はほとんど規制されていません。サメに関しては国際的な管理計画も存在しません。世界でこれまで、米国、南アフリカ、オーストラリア、英国の4カ国しか、国内のサメ管理計画を持っていません。しかし、いくつかの国も保護措置を取り始めています。例えば1998年に、モルジブ政府は同国の観光名所の7つの環礁すべてで、向う10年間サメ漁をするのを禁止し、捕獲の対象ではなくて生物資源としてサメが自国経済にとって重要であることを示しました。

サメ管理計画が存在する国でさえも、管理の対象となっている種の回復が計画通り進んでいないことが心配されています。管理者が決定する際、サメの低い生殖率が考慮されていない場合があるのです。科学者は、捕獲数の大幅な減少を定期的に勧告していますし、中には、ほんのわずかな捕獲でも、沿岸のサメ生息数の回復を困難にすると考える者もいます。

重要な問題は、一般の人々の支持がなければ、いかなる資源管理計画も有効に機能しないということです。プロジェクトAWAREの「プロテクト・ザ・シャーク（サメを守る）」キャンペーンのような啓蒙プログラムを通じて、人々はサメの海洋の健全性への寄与を学び、サメの保護に貢献できるのです。

責任ある漁業管理

海洋漁獲量が減少し、従来の漁場が乱獲されている現状では、回復は漁業管理の向上にかかっています。しかし、様々な要因が種の発展や生き残りを左右している今、漁法だけを改善しても不十分です。

沿岸湿地帯や河口、サンゴ礁の消失など生息地の破壊が、多くの魚類の生殖を妨げ、成長を阻害しています。おそらく、資源管理者が魚の生息数の回復と漁業管理をする際に、最も有効かつ唯一の手段は、ダメージを受けた生態系の復活でしょう。

環境問題すべてに共通することですが、世界の魚類生息数を回復するには、地域的な対策と世界的な対策の両方が必要となります。地球規模では、重要な活動が進められています。その内の2つは、共に1995年に採択された、国連魚類ストック協定（UN Fish Stocks Agreement）

と、国連食糧農業機関の「責任ある漁業の行動規則」（Code of Conduct for Responsible Fisheries）です。

この2つの活動とも、世界漁業を危機から回復させる可能性を持っていますが、現時点で国連加盟国の半数しか、協定に同意もしくは承認していません。世界の魚類生息数の回復は、もっと多くの国が真剣にこの問題に取り組んで初めて、軌道に乗ると思われます。



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

国連活動の他にも、世界自然保護基金（WWF）や海洋魚類保護ネットワーク（Marine Fish Conservation Network）といったNGO組織が、責任ある管理計画によって現在の漁業危機を解決しようと努めています。WWFの基本原則は、以下の通りです。

1. 国際的な魚類保護・管理の最低規準を設定し、実施する。
2. 破壊的な流し網、底引き網漁、はえ縄装置を別の漁法に代えるよう義務付ける。
3. 維持できない漁業に対して、現在行なわれている経済的な優遇措置（補助金など）を縮小する。
4. 重要な海洋生息地の保護と回復。
5. 混獲と、目的以外の種の漁獲を2005年までに最低20%減らす。

法制化には時間がかかり、実施の普及は難しいため、地元での行動が重要になります。個人個人が、科学的データに基づいた漁業管理を支援する組織に参加することで、漁業の管理方法を変えることができます。より個人レベルでは、消費者として環境のことを考えて海産食物を買うとか、自分が釣りをする時に責任ある行動を取ることで貢献できます。

こうした傾向により生産性は上昇しますが、消費者はなじみのない魚を買いたがらないので、市場では問題が起こります。また、こうした新しい魚は、知られていない相関関係を通じて従来種に悪影響を与える恐れもあります。



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

責任ある海産食物の選択

環境のことを考えて、海産食物を選ぶことが望ましいのですが、あまりにも多くのことを考えると決断が難しくなります。種によっては、漁の影響を受けにくいものもあります。「持続可能な海産物購入ガイド」を参照して正しい選択をしましょう。www.projectaware.orgからダウンロードしてください。

将来の展望

魚の数の減少に伴って、カラフトシシャモやスプラット、パシフィックポロックといった非従来種がますます多く獲られるようになっていま

多くの人は、乱獲問題に対するもうひとつの対策は、漁獲を止めて育成を始めることだと考えています。養殖により、世界の漁業に対するプレッシャーはいくぶん和らぐかもしれません。60年代以降、養殖での魚および甲殻類の生産量は3倍になっています。

しかし、養殖にも問題がないわけではありません。狭い養殖場で大量の魚を育てるため、高濃度の排出物が生じます。また、魚同士が非常に接近しているため病気や栄養の問題が生じやすく、そのため養殖業者はステロイドやビタミン、抗生物質を養殖場に投入することが多いのです。養殖場が外洋につながっている所では、こうした物質が環境に流出しますが、長期的な影響はわかっていません。もうひとつの懸念は、広大な沿岸湿地帯、特にマングローブの森が、養殖施設建設のために破壊されていることです。これは、南米や東南アジアのエビ養殖で特に問題となっています。

沿岸地域と湿地帯の 自然破壊



© Photo courtesy of Mort/Alese Pechter



Photo courtesy of Dana Point Historical Society



© Photo courtesy of Cliff Wassmann

開発前の沿岸地域（写真上）と停泊地が作られた後（写真下）

世

世界の人口60億人のうち、およそ3分の2が海岸線付近に住んでいます。先進国では、自らが選んで住み着いていますが、開発途上国では、仕事や食糧の必要上から移住してくることも多いようです。米国では人口の70%が、1日間ドライブすれば海岸にたどり着く範囲に住んでいて、世界有数の大都市の多くは沿岸地域にあります。

沿岸海域が、下水から有毒物質まで様々な陸上廃棄物の捨て場所となるのは当然の成り行きです。沿岸地方には、汚染物質が絶えまなく流入するのに加え、建造物が増えると共に物理的な破壊に直面します。突堤や防潮堤、栈橋など、橋は水と堆積物の循環を阻害します。このため、海岸の堆積物のパターンが変わり、沿岸侵食など生息地の破壊が始まります。

沿岸地域は一等地と見られているため、干潟や沼地、海辺は埋め立てられて、住宅や会社、空港までが建設されます。河口は、停泊地として使うために浚渫されることが多いので、さらに自然破壊が起こる恐れがあります。沿岸地域の森林を伐採して丸太を切り出したり、農業を行なうというわけではなくて上手とは言えない土地利用の方法や、管理が不十分な浚渫や埋め立てプロジェクト、ダム建設、沿岸地域開発のための砂丘破壊といったことはすべて、沿岸湿地帯の急速な消滅を促進します。

淡水資源の減少

人口増加を背景にした過剰な水需要が、地下水面の低下や、内海・湖・河口の縮小、河川の流れの変化による自然破壊の原因です。地下水の枯渇や、都市化、伐採や家畜による森林破壊といった破壊的な土地利用もまた、淡水生態系の減少を促進しています。下水の流入などの汚染が、豊かな資源を利用不可能な汚水へと変えてしまいます。

地下水が急速に減少したり、川の流れが変わったり水量が減ったとしたら、壊滅的な結果を招きかねません。湿地帯や沼沢地、池は干上がり、地盤沈下や後退が起こって街路や建築物に被害が出るでしょう。

その例は、以下の通りです。

- ・ カザフスタンとウズベキスタンの境にあるアラル海 — 最近までアラル海は、世界で4番目に大きい湖でした。今でも大きな内海ですが、大規模な縮小により面積を40%減らしました。アラル海を支えている川は、現在、ウズベキスタンやトルクメニスタン、タジキスタンの綿花畑や稲田の灌漑に使われています。流入量の減少により、1960年以来、水面は18メートル（59フィート）下がりました。
- ・ カスピ海 — 主としてボルガ川のダム建設と、灌漑のための迂回が原因で、この50年間で水面が3メートル（10フィート）以上下がりました。水面は、現在も下がり続けています。
- ・ 北アフリカと東アフリカ — 少なくとも10カ国が深刻な水不足に悩んでいます。エジプトは、上流域の国（南部の国）が川の源流を開発しているため、限界に近づいていて、ナイル川からの重要な水供給を失う恐れがあります。
- ・ 中国 — 中国の主な河川の水の3分の1は汚染されていて、安全レベルを下回っています。50都市が深刻な水不足に直面しています。北京の地下水面は、毎年最大2メートル（6フィート）下

がっています。北京周辺の農民は、生活用水や産業用水に用いる水の供給が30~40%減る恐れがあります。

- ・ インド — 数万の村が淡水不足に直面していて、ブラマプトラ川から取水する計画により、バングラデシュの水不足の不安が増大しています。ニューデリーの大部分では、日に数時間しか取水できません。
- ・ ラテンアメリカ — ほとんどすべての都市下水と産業排水が近くの川に捨てられています。メキシコシティでは所によっては、地下水の汲み上げが供給を40%上回っているため、地盤沈下に悩まされています。
- ・ 中東 — イスラエルやヨルダン、ヨルダン川西岸といった、再生可能な水源の使用に積極的に取り組んでいる国を除けば、ほとんどの国で水不足は深刻です。シリアは、トルコが巨大なアタチュルクダムを稼働してから、重要な淡水供給を失いました。
- ・ 米国 — 総灌漑用地の5分の1が、地下水の過剰な汲み上げによってまかなわれています。西部の川の約半分が、水不足となっています。各都市は、水供給を増やすために農民の水の権利を買い上げていますが、これは問題をさらに悪化させるだけです。

熱帯では、マングローブの破壊が深刻な問題となっています。マングローブは、海水で成長する数種の木や低木が生い茂る、多種多様な熱帯の内陸生態系を表す一般的な用語です。かつては、地球の熱帯沿岸線や亜熱帯地域の60~75%をマングローブの森が占めていましたが、それも変わりました。現在では、マングローブが生えている面積はかつての50%以下となり、熱帯雨林よりも早い速度で消滅しています。

例えば、東南アジアや南米の多くの場所で、養殖池を作ったり、薪や炭として使うため、かなりの面積のマングローブが伐採されました。



Photo courtesy of NOAA/Department of Commerce

沿岸地域管理



Photo courtesy of Margan Zajdowicz

淡水生態系と海水生態系の双方が直面する問題の多くが、不十分な管理や誤った土地利用法から生じることは明らかです。だからこそ、海岸線のみや水域のみではなく、水域と分水界の双方を含む沿岸地域全体を管理することが重要なのです。多くの国は現在、沿岸保護にはこのようなアプローチが必要だと認識し、より完全な沿岸地域管理に向けて手段を

講じています。

ひとつの例が、1972年米国沿岸域管理法（CZMA）です。CZMAは経済的な優遇措置によって、個々の沿岸州が、自州の沿岸地域の保護に中心的な役割を果たすよう勧めています（強制はしません）。また同法は、すべての沿岸州同士の関わりと一貫性を強化し、集団的な管理も

促しています。

米国沿岸資源の保護と維持を目的とする、もうひとつの重要な法律が、1972年の海洋保護・調査・サンクチュアリ法です。同法により、連邦政府は特定の地域を、多様で誰でもが使える（multiple compatible use）という原則に基づき、研究・保護・娯楽を目的に指定、利用できることになりました。この原則では、沿岸資源はたくさんの人の持ち物であって、すべての人が発言権を持ち、沿岸地域の保護の責任を負わなければならないと認めています。

地元レベルでは、責任ある沿岸地域開発戦略を実施し、管轄権と生態系の両方を考慮に入れた政策を支持することによって、あなたも貢献できるのです。

ひとつの名もなき声では何の効果もあがらないだろうと思われがちですが、けっしてそんなことはありません。草の根運動と責任ある展開により、差し迫った問題に対する、環境に優しい解決策が見つかった数多くの事例があります。例えば、三菱はメキシコ政府と食塩製造会社のESSAと共同で、メキシコ・パハの食塩製造施設を、コクジラの最後の出産場所のひとつであるサンイグナシオ・ラグーンへと拡大しようとし

たことがありました。その後続いた政治的な論議において、科学的審理と自然環境にどのような影響を与えるかを調査した後、三菱はいくつかの理由から食塩工場の建設を中止する決定を下しました。その理由のひとつが、プロジェクトAWARE財団など環境保護団体からの圧倒的な反対でした。市民が開発ではなくて、海洋保護地域に関わることで、水中環境の継続的な利用に貢献できるのです。この典型的な例は、インドネシア・北スラウェシのミナハサのブロンコ海洋保護区です。同保護区はもともと、地元のブロンコ村住民が、近くのアボ島を真似して、米国開発庁（USAID）とインドネシア沿岸資源管理プロジェクトの支援を受けて作ったものでした。ブロンコ村民は、村が運営する保護区を作ったのです。この村営保護区運動により、これまで資源を使っていた側

が管理する側に回って、積極的に資源の維持に取り組むようになりました。ブロンコ海洋保護区は、草の根運動から始まって生息地保護を広げた、よい例です。

環境観光（エコツーリズム）を実践することによってでも、あなたが沿岸地域管理を支持していることを示すことができます。環境保護を基本としているリゾートに泊まるのです。この典型的な例が、マホ湾のロッジ・グループです。米国バージン諸島のセントトマスにあるマホ湾は、4つに分かれたリゾートから成り立っています。ロッジ・グループはガラスやアルミニウム、包装材料、紙、雨水、排水のリサイクルと再生利用を調整、実施しています。堆肥を利用して有機果樹園とガーデンを持ち、代替エネルギーを利用しています。この土地の建物は、環境への

害を最小限にすることを第一に考えた、環境優先の建築資材を使って作られました。マホ湾リゾートは、環境保護をビジネスに取り入れ、この島で周りに迷惑をかけていないことを誇りにしています。この種のエコツーリズムの人気は高まっています。より多くの支援者が、環境に優しい選択を行えば、水中世界はその恩恵を受けるのです



ノースカロライナ国立河口研究保護区

Photo courtesy of NOAA

国際的な措置

国連漁業法や各国の沿岸地域プロジェクトの他に、世界の海洋を保護・保存しようとする国際的な運動が、以前から行なわれてきました。この内、重要なものを歴史的に振り返ってみます。

1972年 – 廃棄物その他の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（別名：ロンドン条約）。プラスチック製品の海洋投棄が禁止されました。

1973年 – 船舶汚染防止のロンドン国際会議（別名：海洋汚染会議）。石油汚染および、包装品や下水、ゴミの処理を規制する規定が作られました。1983年には、ロンドン会議への付加条項として、低レベル放射性廃棄物投棄が一時停止されました。

1973年 – 汚染防止国際条約（MARPOL）。船からのオイル、毒性液体物質、有害物質、下水、ゴミの放出を規制しました。

1980年 – 国連環境計画（UNEP）、自然および天然資源保護国際連合（IUCN）（別名：国際自然保護連合）、世界自然保護基金（WWF）は、世界環境保護戦略と呼ばれる文書を作成しました。この文書は、世界の資源管理戦略の改善を目指した、700人以上の科学者の努力の結晶であるアクション・プランです。これには、各国が資源破壊を行わずに経済を発展させるための方法も含まれています。

1991年 – マドリッド南極条約特別協議国会議において、南極環境の包括的保護を規定し、南極での人為的活動を規制する規準を設定しました。これにより、南極地域での採掘や石油開発は少なくとも今後50年

THE DISCHARGE OF PLASTIC OR GARBAGE MIXED WITH PLASTIC INTO ANY WATERS IS PROHIBITED. THE DISCHARGE OF ALL GARBAGE IS PROHIBITED IN THE NAVIGABLE WATERS OF THE UNITED STATES AND, IN ALL OTHER WATERS, WITHIN THREE NAUTICAL MILES OF THE NEAREST LAND.		
THE DISCHARGE OF DUNNAGE, LINING, AND PACKING MATERIALS THAT FLOAT IS PROHIBITED WITHIN 25 NAUTICAL MILES FROM THE NEAREST LAND.	OTHER UNGROUND GARBAGE MAY BE DISCHARGED BEYOND 12 NAUTICAL MILES FROM THE NEAREST LAND.	OTHER GARBAGE GROUND TO LESS THAN ONE INCH MAY BE DISCHARGED BEYOND THREE NAUTICAL MILES OF THE NEAREST LAND.
A PERSON WHO VIOLATES THE ABOVE REQUIREMENTS IS LIABLE FOR A CIVIL PENALTY OF UP TO \$25,000, A FINE OF UP TO \$50,000, AND IMPRISONMENT FOR UP TO FIVE YEARS FOR EACH VIOLATION. REGIONAL, STATE, AND LOCAL RESTRICTIONS ON GARBAGE DISCHARGES ALSO MAY APPLY.		

MARPOL付属書類Vによって、8メートル（26フィート）以上のすべての米国船がつけるように義務付けたプラカード。

間禁止され、全南極大陸と大陸が依存する海洋生態系は「平和と科学に捧げられる自然の蓄え」と名付けられました。

一緒に取り組もう

1974年、世界環境保護戦略は、公海を共有する各国が、海洋問題を地域的に解決できるよう、地域海洋プログラムを設けました。海洋地域に接する各国は協力して、この地域の環境ニーズに合わせたアクション・プランの作成に取り組めます。これまでに地域海洋プログラムは、140カ国が参加して13地域で作られました。この地域とは次の通りです。

- ・ 黒海
- ・ カリブ海
- ・ 東アジアの海
- ・ 東アフリカ
- ・ クウェート
- ・ 地中海（ブループラン）
- ・ 北西太平洋
- ・ 紅海とアデン湾
- ・ 南アジアの海
- ・ 南東太平洋
- ・ 南太平洋
- ・ 南西大西洋
- ・ 西アフリカと中央アフリカ

練習問題

- 水中環境へ流入する汚染源は主に何ですか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - スプレー用の高圧ガスや炭化水素、殺生剤
 - 農業流出や工業流出
 - 工業廃棄物や都市ゴミ、農業廃棄物の投棄や浚渫土
 - 海運事故や、船底水やバラスト水、ゴミを投棄する船舶
- 正誤問題。水中環境へ流入する石油のほとんどは、駐車場や廃水処理プラントの建物や排水など、陸上からのものです。
- 水中環境におけるプラスチックやビニールは：（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - しばしば動物に餌と間違えられます
 - 数百年間、分解しません
 - 魚や哺乳動物、鳥に絡みついたり、首をしめたりします
 - 常に流れていて、海岸に打ち上げられます
- 正誤問題。一般的に海洋共有財産の法的所有権の観念がないため、各国は限られた資源を管理する道徳的な責任感に欠けることがあります。
- 正誤問題。多くの漁業は、汚染や生息地破壊、乱獲によって崩壊の危機にあります。
- 混獲には、次の内どれが含まれますか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - 海鳥と海洋哺乳動物
 - ウミガメ
 - 目的の魚
 - 目的以外の魚
- 今日の最も破壊的な漁法は、次の内どれですか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - はえ縄
 - 毒
 - 爆薬
 - フライフィッシング
- 世界人口のおよそ _____ が沿岸地域に住んでいます。
 - 1/3
 - 1/2
 - 2/3
 - 3/4
- 正誤問題。沿岸湿地帯は、一等地として高い経済価値を持っているため、破壊されやすいです。
- 環境保護団体は、世界の漁業を守るためには、次の内どのような手段を取るべきだと考えていますか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - 魚の保護管理の国際的な最低規準を設定し、実施する。
 - 破壊的な捕獲用具や漁法を別の漁法に代えるよう義務付ける。
 - 維持できない漁業に対して、現在行なわれている経済的な優遇措置を縮小する。
 - 重要な海洋生息地の保護と回復。
 - 混獲と目的以外の種の漁獲を減らす。
- 効果的な沿岸地域管理には、次の内どれが含まれますか？
 - 水域および分水界の管理
 - 海岸線管理
 - 水域管理組織
 - 上記のすべて
- 海洋汚染防止国際会議（MARPOL）は、船から放出される廃棄物として、次の内どれを規制しましたか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - 石油
 - 毒性液体物質
 - 有害物質
 - 下水とゴミ

いかがでしたか？正解は：

1. a, b, c, d 2. 正 3. a, b, c 4. 正 5. 正 6. a, b, d 7. a, b, c 8. c
9. 正 10. a, b, c, d, e 11. d 12. a, b, c, d

第6章

進む環境破壊 — その他の水中環境



Photo courtesy of NOAA

進む環境破壊 — その他の水中環境

世界で最も危機に瀕している海域

- 地中海
- マラッカ海峡
- 北海
- バルト海
- ペルシャ湾
- カリブ海

学習目標

マニュアルを読んで、本文の中で以下の質問の答えに該当する部分にマーカーペンで色をつけた
り、アンダーラインを引いておいてください。

1. 世界で最も危機に瀕している海域はどこですか？
2. これらの地域を脅かしている主な要因もしくは状況は何ですか？

世界で最も危機に瀕している海域

地

地球上のすべての淡水資源と海水資源は、環境面である程度の危機に瀕しています。しかし、それぞれの海域が抱える問題やその影響、環境破壊の程度は、海域によって異なります。当然のことながら、最も深刻な危機に直面している海域は、沿岸人口が増加していて、海運によく使われている所です。

多くの危機に直面した海域は、地元住民とそこを訪れる人々に、水中の経済的資源と観光資源の両方を提供し続けていますが、これら海域が、増大し続ける環境へのプレッシャーをかかわることができるかが懸念されています。これらの海域の内、いくつかはダイビングやスノーケリングに適していて、観光の目玉になっています。ところがその人気は環境破壊をもたらしているのです。

国連環境計画（UNEP）によれば、世界で最も環境が危機に瀕している海域は、以下の通りです。

- 地中海
- マラッカ海峡
- 北海
- バルト海
- ペルシャ湾
- カリブ海

喜ばしいことに、水中生態系は、チャンスさえ与えられれば驚くべき回復能力を発揮します。しかし、回復の前に環境への脅威を改善もしくは最小化して、それから生態系が回復するのを待つべきです。以下の地域の現状は深刻ですが、絶望的ではありません。

地中海

人類の文明は、数千年の間、ローマ人が「私たちの海（Mare Nostrum）」と呼んだ地中海沿岸に栄えてきました。その歴史を通じて、沿岸に住む人々は、ゴミを地中海に捨て、海はそれを処理してきました。

ところが今日、地中海のゴミを処理する力は試練を受けています。未処理もしくは処理が不十分な下水が、120以上の沿岸都市から流入し、毎年、数千トンの産業廃棄物と農業化学薬品が流れてきます。長期に渡り高濃度の汚染が、北アドリア海、ギリシャのエレフシス湾、トルコのイズミル湾、チュニジアのチュニス・ラグーン、エジプト・アレキサンドリアの沿岸海域など、地中海全域で記録されてきました。



Photo courtesy of Damian Searles



世界で最も環境が危機に瀕している6つの海域

石油

石油汚染は地中海が抱える第一の問題です。地中海の面積は、世界の海洋面積の1%でしかありませんが、毎年、地球の石油の22%、すなわち5億4400万トンの石油製品を輸送する船が地中海を通ります。そして、45万3592トン以上の石油が、船からの流出や底荷積み込み作業を通じて地中海に流入すると推定されています。これには、陸上汚染源から地中海に入る、22万6796トンの石油汚染物質は含まれていません。

船舶は、バラスト水に含まれるタールや、石油タンカーのタンクの洗浄、石油の混じった船底水の廃棄によっても地中海汚染を加速させていますが、特にこれらは、海辺を汚すことで地中海地域の主要産業である観光に悪影響を与えます。

石油汚染は、スペインやフランス、イタリアの港湾都市近くで様々な魚や甲殻類を汚して、漁業にも影響を与えています。石油が原因で、チュニジアのイセエビは死滅し、トルコ沿岸のカツオとサバの産卵場所はダメージを受け、ナポリ湾やカリアリ湾、ベネチア・ラグーンの魚の生息数は激減しました。最もひどい影響を受けた場所のひとつは、トリエステのマジア湾です。以前は豊かだったこの湾も、今では石油化学汚染により生物のいない砂漠と化してしまいました。

地中海は、ジブラルタル海峡とスエズ運河のみで海洋とつながっている、ほとんど完全に陸地に囲まれているユニークな海です。これは環境上重要な意味を持っています。というのは、こうした特徴から地中海では廃棄物を消散させるのに時間がかかるからです。実際、地中海のすべての水を完全に再生させるには80~100年かかります。

汚染物質

汚染は汚れた水や海産食物を通じて、ウイルス性肝炎や赤痢、腸チフス、コレラといった病気をもたらすため、沿岸地域では差し迫った関心事となっています。現在では、多くの海辺が、公衆衛生上危険であるため定期的に閉鎖されています。中には海産食物を食べるのは危険な場所もあり、またプランクトンの大発生や酸素不足により、多くの潟や河口が「死の海」になっています。

生息地の破壊や汚染は、地中海の海洋哺乳動物に深刻な被害を与



えており、イルカの数も激減し、地中海モンクアザラシ (Monachus monachus) は、現在絶滅の危機にあります。モンクアザラシは、現在、ギリシャの孤島付近の海域から、トルコのエーゲ海沿岸までの海域に生息していて、その他にモロッコとアルジェリアで生き残っています。

工業地帯からの廃棄物流入も重要な問題です。現在、地中海の人口集中地域付近の海域には、高レベルの産業廃棄物と重金属が多く含まれています。

戦争

東地中海の断続的な戦争状態が引き起こす混乱によって、国際関係は緊張し、協力活動が進まなくなっています。政治問題や社会問題は、この海域の環境維持に必要な政策決定に影を落としがちです。

マラッカ海峡

マラッカ海峡は、インドネシアのスマトラ島と西マレーシアの間の狭い海域です。この海峡がインド洋から南シナ海に抜ける最短ルートである



Photo courtesy of John Boyer

ことが、環境破壊の危機を招きました。ペルシャ湾から日本に向かう原油のほとんどすべてが、マラッカ海峡を通ります。そして日本は原油の85%を中東から輸入しているため、タンカーの通行量は非常に多くなっています。

推定で年間2億7200万トンの原油・石油化学製品をいっばいに積んだ4300隻以上のタンカーがマラッカ海峡を通過します。混雑は必然的に事故や原油流出を招きます。8年間で、原油タンカーが関与する43件の事故があり、その内10件は原油が流出しました。

事故による流出の他に、タンカーは、マラッカ海峡の東水路に入る

前に、バラストタンクから原油の混じった水を流します。海峡が浅いため、タンカーは高く浮く必要があるので、喫水を少なくするため余分な重量を排出するのです。環境保護論者の中には、ここによく生じる風と

海流がこの原油をマラッカ海峡の最も生産性の高い漁場に運ぶと見る者もいます。

さらに複雑なことに、マラッカ海峡の東端にあるシンガポールは、世界最大の精製地帯です。精製の他に、沿岸の船のドックでの作業時にも流出や事故が起こります。

マラッカ海峡の海辺は、よく点々としたタールのしみが見られ、当然ながら漁業生産性は下がりました。



Photo courtesy of Andy Muir

北海

北海は、常に世界で最もにぎやかな海域のひとつでした。ドーバー海峡と北海南部には、往来の激しい航路があります。砂利や砂の浚渫がそこら中で行なわれていて、石油・ガスの海上基地も多くあります。生産性



Photo courtesy of NOAA

の高い漁場には、激しい開発の波が押し寄せています。

廃棄物

北海の工業化した沿岸には、3千万人の住民がいます。人が出した廃棄物は、およそ85万平方キロメートル（33万1500マイル）の面積の水が流れ込むいくつかの大河を通して、北海に流入します。ほとんどの下水は未処理もしくは固形物を除去するだけの基本的な処理のみで、北海へと流れ込みます。

北海には、地球上で最大の工業プラント群があり、世界の工業生産の15%を占めています。産業革命以来、膨大な量の産業廃棄物が北海へと流入しました。

原油

航路の往来が激しいということは、事故と原油流出が起こることです。最悪の事故のひとつが、1978年3月16日に起きた、石油タンカーのアモコカディズ号がフランスの海岸で座礁し、2億6400万リットル（7千万ガロン）の原油が流出しました。史上6番目に大きい原油流出事故によって生じた原油の塊は、1989年のアラスカでのエクソンバルディーズ号の座礁事故の8倍にもなりました。

石油基地や船舶運行、小規模事故や船から捨てられるパラスト水や船底水によって北海に流入する石油の量などはさらに多いのです。小さな石油の塊は、北海では珍しくありません。

水中生物

乱獲や、生息地破壊、汚染物質はすべて、北海の水中生物を危険に曝して、種の数を減少させています。乱獲は、長く続いていた漁場の崩壊を招いてしまいました。砂や砂利の浚渫は北海のかつて重要だった産卵場所を破壊し、生産量を減少してしまいました。

浚渫に加えて地元の川の沈泥による濁りは、底生生物を窒息させ、毒性物質を環境に放出します。その結果として、北海で獲れた海産食物内の重金属が生物濃縮されているかどうかをモニタリングすることが必要なのです。

水中生物の他にも、北海には多数の鳥が生息していて、多くの浜鳥や海鳥の越冬地となっています。石油汚染は、鳥にとって災いであり、毎冬、多くの鳥が死んでいます。沿岸湿地帯や浅瀬の開発や、餌場の破壊、商業乱獲による魚の激減など、北海にかつて多数いた鳥にとっては、すべてが問題です。

バルト海

バルト海の問題の幹は、水が流れこんでくる土地の広さがバルト海の4倍あり、岸には数千の高度汚染産業と人口密集地を抱えている点にあります。バルト海の平均深度は約60メートル（200フィート）しかなく、水が循環するには30年かかるため、流入した汚染物質を処理するのは難しいのです。

バルト海は、汽水である表層水が、密度と塩分濃度が高い深層水の上を漂っている点が特色です。これらの層は、秋と冬にはいくらかは混じり合うものの、水深40～60メートル（130～200フィート）のところに永久的な塩分躍層があります。塩分躍層の下では、バクテリアによる有機物分解が酸素を使い尽くすために、水の流れが滞って、水が溜まっています。無酸素状態の広い水域が、魚の姿も消え失せた、生物が死滅するデッドゾーンを作っています。



Photo courtesy of 5Ball

富栄養化

バルト海には、現代で最も富栄養化が進んだ海域という特徴もあります。富栄養化とは、過剰な栄養物が水域に放出された場合に生じる物理的・化学的・生物学的な変化のことです。富栄養化には、食料源が増えるので漁場にとってプラスになる場合もあるものの、進みすぎた富栄養化は、より上位の捕食魚の減少を招きます。

1988年の5月と6月に、デンマークとスウェーデン、ノルウェーの間の海域で、高レベルの栄養汚染と温暖な気候があいまって、すさまじい毒性藻類の大発生が起きました。大発生は、たちまち7万5千平方キロメートル（2万8900平方マイル）以上の海面を覆いつくしました。大発生した藻類が死滅すると、バクテリア分解が大量の酸素を消費して、1千キロメートル（650マイル）近い海岸線には数百万の海洋生物の死骸が打ち上げられました。



Photo courtesy of Kriss Szkurlatowski

海洋の富栄養化問題は、海岸に住む2500万人の人々と、海岸線から200キロメートル（124マイル）以内に住む5000万人の人々が出す大量の有機廃棄物が流入することで起こります。有機廃棄物の40%が、未処理のままバルト海に流れ込みます。

化学物質と重金属汚染

水銀の高度な生物濃縮と、高レベルのカドミウム、鉛、亜鉛、銅が、バルト海の水と水底堆積物から見つかりました。60年代以来、魚の体内での水銀の生物濃縮のために、デンマークやフィンランド、スウェーデンの沿岸海域では時折、漁業が停止されます。水銀は、パルプ・紙・材木産業からの廃棄物と共に流入します。水銀は、菌類を殺す化学物質や粘着物の中で使われています。

現在、海洋生態系のより詳しいモニタリングが、水銀汚染の減少をもたらしています。また、魚のサンプルも、他の重金属汚染の減少を示しています。

ところがハロゲン化炭化水素は、依然として問題となっています。ジクロロ・ジフェニル・トリクロロエタン（DDT）と、ポリ塩化ビフェニル（PCB）のレベルにより、バルト海の野生動物が心配されています。現在のところ、これらの化学物質の魚類への汚染は高くありませんが、生物濃縮により、魚を食べる鳥や哺乳動物の体内のDDTおよびPCBレベルを高くします。例えば、70年代のある調査は、アザラシや鳥の体内での生物濃縮が、スウェーデン西部海域よりもバルト海の方が10倍高かったということを示しました。幸いなことに、状況は改善しましたが、バルト海が健全な状態に戻るためにはまだまだやるべきことがたくさんあります。

ベルシャ湾

ベルシャ湾は世界で最も乱用された海域のひとつという定評がありますが、これには多くの理由があります。第一の理由は、UNEPによればベルシャ湾の海岸線は、世界の石油生産および積み出しにおいて中心的な役割を果たしているため、地球上で最も急速に発展している海域のひとつだからです。生命の元となる河口やサンゴ礁、潮間帯生物界は姿を消して、かわりに石油生産と増え続ける人口を支えるのに必要なインフラができました。石油の収益のおかげで、8つの湾岸諸国の工業化は進んでいます。そのため新しい港の建設と沿岸埋め立てが必要となり、多量の浚渫が行なわれています。

人口増加に伴い、淡水需要の増加があります。この海域は淡水化プラントが世界で最も集中している所で、残った苦塩(濃塩水)はペルシャ湾に放出され、塩分濃度を上げます。生息地の中には、塩分濃度が上がると、その変化に敏感な生物を脅かします。

ペルシャ湾の小ささと浅さは、ますます増えていく流入汚染物質の吸収を妨げているため、湾が乱用されている大きな理由のひとつとなります。最深部は91メートル(300フィート)、平均深度は34メートル(110フィート)で、ペルシャ湾には水深10メートル(33フィート)以下の広い海域があります。

ペルシャ湾は外海と、幅がわずか50キロメートル(30マイル)しかないホルムズ海峡でつながっています。ホルムズ海峡は狭すぎて、うまく汚染物質を外海に排出できませんし、石油タンカー同士が接近せざるを得ません。世界の原油生産の60%以上が、この狭い海峡を通っていくため、環境被害の可能性はとて高くなります。

ペルシャ湾の水深が浅いことから、日光が海底に届き、大量の植物性プランクトンが生産されますが、このプランクトンが多様性に富んだ広い漁場を養います。ところが、人間が引き起こした変化により、漁獲量は減っています。また、新しい産業の絶え間ない発展と都市部の拡大により廃棄物が生じ、現在では魚の体内から高レベルの水銀と鉛が見つかり、その汚染に関連する疾患が見られます。

この海域を蘇らそうとする試みを妨害してきた最後の要因は、最近の戦争です。1991年の湾岸戦争や、10年間のイラン・イラク戦争などの動乱は、ペルシャ湾の既に危機に瀕している生態系に、さらにプレッシャーを加えます。

カリブ海

その美しい砂浜や、温かくて透明な海から見ると、カリブ海が重大な危機に瀕しているというのは意外な気がします。UNEPによれば、環境上の視点から見ると、カリブ海は最も汚染が進み、危機に瀕している海洋のひとつだそうです。ザ・ネイチャー・コンサーバンシー(The Nature Conservancy : TNC)の観測もこれを裏付け、カリブ海の内湾

は、西半球で最も森林伐採が進んでいて、それが招く流出に関連した問題を抱えているとしています。

近代になって絶滅したすべての脊椎動物種の40%近くがカリブ海にいたものです。例えば、カリブ海モンクアザラシ(Monachus tropicalis)は50年代半ばに絶滅しました。また、続く沿岸開発と、それに伴う汚染により、危機に瀕した西インドマナティー(Trichechus manatus)の残る生息地の多くが破壊されました。



Photo courtesy of Laurel Canty-Ehrlich/NOAA

殺虫剤・化学物質・石油

カリブ海では、主としてメキシコと米国の農地からの農業流出物により、世界で最も殺虫剤による汚染が進んでいます。米国の土地の41%の排水がミシシッピー川を流れ下って、メキシコ湾に入り、そこからカリブ海へと流れ込みます。カリブ海の島国は、コーヒーや綿糸の原料であ



Photo courtesy of Jean-Marc Labbe



Photo courtesy of Vee TEC

る綿花、バナナ、砂糖、ココア、柑橘類の作物からの化学残留物を放出しています。その他の廃棄物は、鉄や鉄鉱、アルミニウムを精錬したり、塩素のような生体に激しく作用する物質を生産する重工業から生まれます。

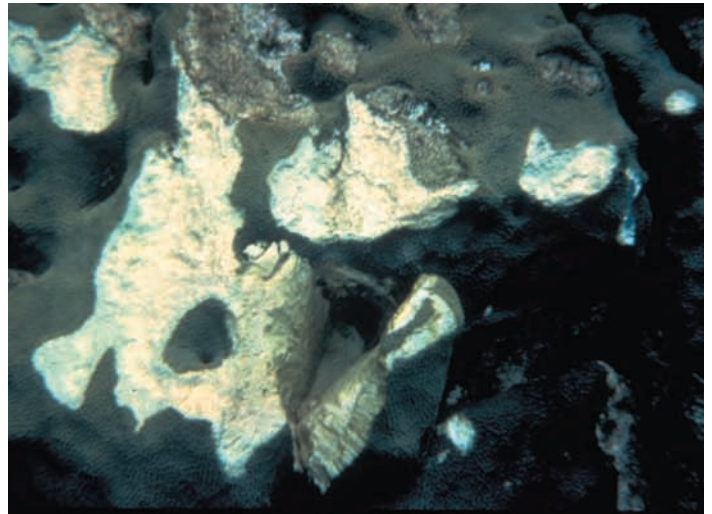
殺虫剤や化学物質に加えて、石油がカリブ海に重大な脅威となっています。カリブ海といえば連想されるのは太陽やサーフィン、白い砂ですが、世界で最も豊かな石油産出地域になる可能性を秘めています。現在、米国のメキシコ湾海域には、固定された海上石油基地が2千以上あり、トリニダード・トバゴやベネズエラ、メキシコ湾の原油生産海域には建設中の基地がもっとあります。破裂したり、あふれ出たり、パイプラインが割れたりする基地の事故が、カリブ海石油汚染の主要汚染源です。その他、付加的な汚染源としては、タンカー事故や、油を含んだバラスト水放出があります。

観光

カリブ海といえば、観光で毎年1億人以上の人が訪れます。カリブの小さな島国が既に非常に高い人口密度となっていることを考えれば、これはかなりの人数です。

観光産業を支えるにはインフラが必要ですが、このインフラが環境に影響を与えます。ホテルなどの沿岸の建設によって沈泥や下水が直接サンゴ礁生息地へと放出されますが、カリブでは下水や産業廃棄物の10%しか処理されていません。

多くのサンゴ礁の生態系バランスは、アンカリング（投錨）による破壊、濫用、みやげ物集め、増え続ける魚の需要など観光に関連する活動によって崩壊に瀕しています。世界資源研究所によれば、カリブ海の11万1370平方キロメートル（4万3000平方マイル）のサンゴ礁の75%が死滅したか、もしくは死滅しかかっています。



練習問題

1. 国連環境計画（UNEP）によれば、世界で最も危機に瀕した海域は _____ です。（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. 地中海
 - b. マラッカ海峡
 - c. 南シナ海
 - d. バルト海
 - e. アラスカ湾
 - f. カリブ海
2. これらの海域の多くに影響を及ぼす主な脅威は _____ です。
 - a. 石油汚染
 - b. 人口増加と工業の発展
 - c. 化学物質と重金属汚染
 - d. 上記のすべて

いかがでしたか？ 正解は：

1. a, b, d, f 2. d

第7章

水中環境保護のために
何ができるか



水中環境保護のために何ができるか

- **AWAREダイビング**
- **環境保護への関わり**
- **水中環境からのゴミの撤去**
- **係留ブイ**
- **海洋保護地域**
- **人工漁礁**
- **未来**

学習目標

マニュアルを読んで、本文の中で以下の質問の答えに該当する部分にマーカーペンで色をつけたり、アンダーラインを引いておいてください。

1. どうすれば環境に優しいダイバーやスノーケラーになれますか？
2. どのような環境保護運動にあなたは関わられますか？
3. どのようにして責任持って、水中環境からゴミを撤去できますか？
4. 係留ブイとはどんなもので、それはどのように水中環境を守りますか？
5. ダイバーやスノーケラーは、どのように保護地域をサポートできますか？
6. 人工漁礁は、付近の天然漁礁に対してどのような恩恵をもたらしますか？

AWAREダイビング

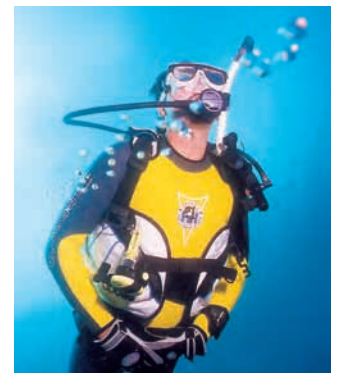
AWAREダイビングへの

第一段階は、自分の態度を、お客という態度から招待客という態度に転換することです。招待客は自分の態度を、招いてくれた主人にうまく合わせようとしませんが、お客は合わせようとしません。招待客は主人やそ

の土地の文化を尊重し、その意見に従いますが、お客はサービスと便宜を要求します。このように態度が変われば、水中環境との付き合い方も変わるでしょう。

招待客の態度とは、水中生物との付き合い方においては、行動的ではなくて受け身になることを意味することが多いのです。しかし、受け身になることで、野生動物の行動が見られるという見返りが得られます。ハタやツバメウオの群れを一生懸命追いかけている時に、このことを思い出してください。お客は水中世界を遊園地のように扱いますが、招待客は、静かな森に分け入るように近づいて行くようなダイビングをするのです。

また、AWAREダイバーは、最も価値のある体験とは、フィッシュ・ウォッチングとか、責任ある水中撮影といった、可能な限り環境に影響を与えないものであると理解しています。AWAREダイバーは、





多様な水中生息地を觀賞します。多くのダイバーにとって思いもよらなかった、海草床やマングローブ、瓦礫地帯でさえもです。少々の学習でも、このように見過ごされがちな環境が、実際にはどれほど重要で興味深いものかがわかるようになるでしょう。

また、自分のダイビング技術を見直しましょう。AWAREダイバーは、自然環境を自分が訪れた時のままにしておきますし、少しでもきれいにしたいと思うものです。重要なのは、しっかりとした浮力コントロールです。これは、AWAREダイバーにとって最も重要なテクニックです。浮力のコントロールがとれていれば、水底に接触することもないですし、デリケートな水中動物にダメージを与えてしまうこともありません。しばらくダイビングをしていない時や、新しいダイビング器材を初めて使う時、または浮力スキルを磨きたい時は、PADIピーク・パフォーマンス・ボイアンシー・スペシャルティ・コースへの参加をご検討ください。

AWAREダイビングのもうひとつの技術は、魚のような動きです。ゲージやオクトパスを引きずったり、環境を（そして自分のダイビング器材も）傷つけたりしないように、器材や姿勢を流線形に保ってください。クリップやホルダー、ストラップを使って、アクセサリやゲージ類、オクトパスなどを体から離さないようにしてください。動く時は、水中生物の邪魔をしないように、ゆっくりと泳ぎます。水底にあまり近づきすぎないようにし、砂を巻き上げないようにフィン・キックしてく

ださい。偶然接触するだけで、水中生物は傷つく恐れがあります。キックしている時も、静止している時も、自分のフィンの先がどこにあるか、意識してください。フィンによるダメージは、サンゴ礁などの環境への故意ではない損害の内、最も多い原因のひとつなので、自分の足を頭や手よりも高く保つようにして、フィンがサンゴ礁や水底に触れないようにしてください。

AWAREダイビングでは、獲物の採取ができないというわけではありません。これまでも水中ハンターは、熱心な自然保護活動家でもありました。しかし、倫理観を持った水中ハンターなら、責任を取るべき限度があることを知っており、ルールに喜んで従うのです。どうしても獲物を獲りたいというなら、ルールに従って、自分で食べる分だけ獲ってください。必要もないのに、法律の上限まで獲る必要はありません。

水中写真を撮る場合、自分の動きに特に注意してください。水中で撮影する前に、自分の浮力テクニックを見直してください。撮影準備の時、自分の手足やフィン、カメラを置く場所に気をつけてください。ロケーションによっては、何人かのフォトグラファーのいい加減な行動のため、水中写真を撮ることに對する評判が悪い所もあります。そうはならないようにしてください。

人々が、死の海や危機に瀕した水路が広がりつつあることを知って、行動を起こした時、奇跡が起こります。ただのダイビングではなくて、AWAREダイビングをしてください。



スクーバ・ダイビングを習うということは、水中世界への大使になること

毎日のように水中マスクをつけて、多くの時間を水中で過ごす人は、どうしても水中環境の破壊に気がつきます。水中世界と個人的かつ身近に接しているため、生息地の衰退に最初に気がついて、警告を発するのは、ダイバーやスノーケラーたちなのです。こうしたことから、ダイバーには元来、水中資源の保護や保存を担う大使の役割があるのです。

またダイバーは、対応策の効果が現れた時、最初にそれに気がつく人でもあります。水中世界への大使として、ダイバーやスノーケラー、その他のマリンスポーツ愛好家たちには、こうした環境面での成功を分かち合う責任もあるのです。

環境保護への関わり

元

来ダイバーたちは、社会との関係が深く、積極的ですが、水中環境の保護には特に関与しています。よく行なわれているダイバー活動は、例えばクリーンナップ・キャンペーンや、生息地の種のモニタリング、海洋保護地域のサポート、様々な自然保護関連の法制化運動です。

今日、数百万人のダイバーと、数千万人のスノーケラーは、強力な政治有権者団体となっています。運動を組織すれば、環境政策に影響を与えることができます。この巨大な有権者団体は、保護区域の設立、強力かつ効果的な水質規制、絶滅の危機に瀕した海洋生物種保護の法制化を支援します。ここにこそプロジェクトAWAREの役割があるのです。財団はダイバーやプロフェッショナルと協力し、サンゴ礁やサメ、その他の重要な種の保護を目的として「プロテクト・ザ・シャーク」や「プロテクト・ザ・リビング・リーフ(サンゴ礁保護)」といった環境保護活



動を組織し、また地域の生息地保護を目的として国際的なクリーンナップ・デーやコーラルウォッチなどの地域ベースのキャンペーンを実施してきました。こうした活動やプロジェクトAWAREに対するあなたの支援により、私たちにとって実に貴重な資源を保護する実際の行動へと移されるのです。



水中環境からのゴミの撤去

1 986年、海洋保護センター(以前の海洋自然保護センター)は、全コミュニティ活動の環境イベントの中でも最大級なもののひとつになった国際クリーンナップ・デーを始めました。数年の内に、マスコミで大いに宣伝されたこのイベントは多くの人に知られるところとなり、人々は地元で海辺でゴミを拾うようになりました。1995年には、PADIおよびプロジェクトAWARE財団の協力を得て、この活動は海辺から水中全体までも組み込み、世界的な広がりを見せました。毎年9月の第三土曜日に、ダイバーやスノーケラー、地元で海辺利用者が集まって、海辺や水路の水面と水中を清掃します。この毎年開催されるイベントには、全世界で数万人のダイバーが参加し、実際の活動を助けるだけでなく、集めたゴミの種類を記録もします。詳しい情報についてはwww.projectaware.orgを参照してください。

あなたが水中環境からのゴミ撤去を開始するのに、何も国際ナショナル・クリーンナップ・デーを待つ必要はありません。世界中でダイビングして、水中にゴミが見当たらないことを想像してみてください。水中に入るリクリエーション・ダイバーの大半が、ゴミを1~2個撤去したとしたら、60メートル(130フィート)までの水中世界は今より

ゴミ拾いの準備

ダイビング・ポイントのゴミ拾いを行なう前に、道具がちゃんと揃っているかを確認してください。

- ・ 体を守る、手袋も含めた保護スーツ。
- ・ モノフィラメントの釣り糸を切るための刃の短いはさみ、もしくはステンレスの刃先が丸まったはさみ。
- ・ ゴミを入れる、小さなメッシュの袋。
- ・ 拾ったゴミの中の生物をチェックするための、水中で使用できるライト。



ずっときれいになるでしょう。人気のダイビング・ポイントは、缶もボトルもプラスチック製品も釣り糸もない、文字通りしみひとつない状態になるでしょう。大きな視点に立てば、どこのダイバーでもその気にさえなれば、水中世界の状況に大きな影響を与えるのです。

あなたがどんな種類のダイビングをしようとして、1~2個のゴミを拾う時間ぐらいはあるでしょう。水中のゴミを拾うことは、日常ダイビングの第二の目的にもなりうるのです。しかし、悪意はなくても準備不足から、ゴミを拾う際、ゴミよりも悪い害を与えてしまうこともありえます。水中のゴミの適切な撤去とは、単に水底からゴミを拾うだけに止まりません。まず、ゴミを撤去することで害を与えないかを確認めます。このため、ダイビング前の器材チェックリストに、安価なアクセサリをいくつか加えることが必要になる場合もあります。

鉄のパイプやアンカー(錨)など重くてやっかいな物を見つけたら、リフトバッグを使って撤去しなければならないでしょう。適切なトレーニングを受けたかを確認し、自分のBCDを用いてそれらを引き上げてはなりません。何らかのきっかけで、引き上げている物体を落としてしまったら、急浮上してしまい、危険です。

水中でゴミを見つけた時、それを撤去するか、そのままにしておくか、重要な決断を下さなければなりません。一般的に、ゴミに水中動生物がついていなかったり、水中生物の棲みかになっていなければ、撤去しようとするでしょう。例えば、缶がよくある藻に覆われているだけで、中に何もいなければ撤去しようと思うでしょう。逆にボトルが大きなサンゴに覆われていて中に数匹のエビが棲んでいたら、おそらくそのままにしておくでしょう。水底で、拾ったゴミをよく調べてください。もしも魚や甲殻類など、そこを棲みかとしている動生物を見つけたら、その生物が隠れ場所を見つけられるように水底近くでやさしく取り除いてください。その生物を傷つけずに取り除けない場合は、その物体をそのままにしておいてください。また、外見が危険そうに見えたら、そのままにしておいてください。例えば、マーカのついていない108リットル（55ガロン）のドラム缶や花火、弾薬を見つけたら、後で当局が回収できるように、位置を示すマーカープイをつけてください。

いったん船や岸に戻ったら、もう一度ゴミをひとつひとつ調べてください。ゴミの中に隠れていた生物を見つけたら、ゴミごと海水の入ったバケツに入れてください。生物がゴミを離れたら、ゴミだけ取り出して、生物はできれば見つけた場所の近くの海に戻してください。ゴミの中の生物が動かなかったら、ゴミごと水底に戻してください。ダイビングが終わった後、回収したゴミの中に危険そうなものが見つかったら、注意して地元当局に預けてください。また、できる限りリサイクルしてください。単に水底から埋め立て地へと場所を移すだけでは、大した助けにはなりません。

ゴミの撤去は残念ながら一時的なものにすぎませんが、データ収集は永久的な解決策への第一段階です。あなたが見つけたゴミの場所と種類を記録して、項目別リストを海洋保護センターへと送ってください。

あなたが水中のゴミを適切に拾うことで、水中世界を今よりずっときれいにできるのです。「ひとりがひとつ拾う」というフレーズが、この運動への参加のシンボルとなっています。

釣り糸

ほとんどのダイビングで、どんな環境でもモノフィラメントの釣り糸を見かけるでしょう。釣り糸は、ダイバーと水中生物にとって危険な存在です。釣り糸を撤去する際は以下の点に注意してください。

- 2人1組のチームで行なってください。ひとりが見つれをほどこき、もうひとりが巻き取ります。作業はお互いの姿が見える所で行ないます。
- 釣り糸に沿って泳ぎながら、くぎや小さなブロック、グローブをした手などに緩く巻き取って行ってください。巻き取らずに回収すると、作業している2人からみつく恐れがあります。
- 刃の短いはさみで釣り糸を切ってください。釣り糸はしばしば、サンゴやウミウチワ、海綿などの水中生物にめりこんだり、巻き付いたりしています。引っ張ると、サンゴ礁が傷つくので、はさみで釣り糸を安全かつきれいに取り除きます。
- 釣り針に気をつけてください。見つけた釣り針は、木のブロックや木くぎに埋め込むか、小さな容器にしまってください。釣り針を安全に運べない場合は、そのままにしておいてください。



汚染源を知ってゴミをなくそう

海辺や水路をきれいにする行為は正しいことに決まっていますが、これは問題の基本的な原因に対処しているわけではありません。私たちは、ダイバーや海の愛好者として、最初に汚染や投棄、海洋ゴミの悪影響を目にするのですが、この問題の本当の源はどこにあるのでしょうか。

汚染源には大きく分けて、点源（特定汚染源）と面源（非特定汚染源）の2種類があります。点源（特定汚染源）は、下水処理プラントの排水パイプといった、わかっているひとつの放出源から生じる汚染物質によるものです。面源（非特定汚染源）は分散した管理されていない源から水に入り込むもので、例えば地表を流れて入り込む汚染です。森林・農業生産や現場下水処理、排水管流出、レジャーボートなどからは、病原体や浮遊土壌、毒が水中に入る恐れがあり、蓄積による影響は重大です。

この問題に対処するには何ができるでしょうか？点源の管理は、政府当局に委ねるのが最善です。しかし、面源の問題はあなたも軽減することができます。単純に、家庭で非点状源汚染への加担を減らすことができます。多くの問題は遡って行くと結局、住宅地にいる消費者にたどり着きます。沿岸地方以外の上流に住む人たちは、自分たちが行っている行為が下流にもたらす影響を知らない場合が多いのです。以下の事柄は、あなたが地元や近隣の水域をきれいにするために行なえる、簡単なアドバイスです。

- ・ 人に伝えてください。ほとんどの人は故意に、または知っていて環境を汚しているわけではありません。単に自分のしていることが害となっていることを知らないのです。ダイバーとしてあなたは、何が環境を害するか知っています。だから他の人に、自分たちが家でしていることが、海洋や下流水路で害を与えうることを理解してもらってください。
- ・ あなたの住宅をきれいに保ってください。歩道をきれいに掃いて、ゴミや毒物など危険な化学物質を適切に処理し、けっして排水管には捨てないでください。排水管は、処理施設に向かわず、直接水路に流れ込むのです。
- ・ 舗装しないで植物を植えてください。植物や芝生、低木など、水が浸透できる地表が増えれば、住宅が美しくなるばかりでなく、あなたの土地からの流出を最小限にすることができます。

- ・ 殺虫剤使用を減らしてください。殺虫剤をよく使う人は、必要量よりずっと多くの化学物質を使うことが多いのです。注意書きをよく読んで、正しく捨てましょう。
- ・ 非毒性の代替品を使ってください。ほとんどの洗剤や殺虫剤には、天然もしくは毒性の弱い代替品があります。
- ・ 車のオイルを交換したら、使用済みオイルは正しく捨ててください。使用済みモーターオイルは、環境に極めて有害ですが、ガソリン・スタンドなどの回収ポイントは行きやすい所にあります。オイルを排水管に捨てると、水中環境が直接毒に汚染されることになります。
- ・ 毒物を責任持って処理してください。家庭の毒物や洗剤を排水口や排水溝、トイレに流してはいけません。すべての毒性物質には正しい処理のガイドラインがあります。自治体に連絡して、危険物質の廃棄場所を教えてもらってください。
- ・ ゴミを減らし、再利用し、リサイクルしてください。使う量が減れば、処理の心配も減ります。包装の少ない品を選んで、ゴミを減らしてください。チャリティーに寄付できるものは寄付してください。あなたの地域の便利なりサイクル・システムを利用したり、またはリサイクル・システムを作ったりしてください。

大変な作業に見えますが、やるだけの価値はあります。あなたの住居の運営方法を少し変更し、こうした変更点を他の人たちに知ってもらうことで、あなたは環境に対する管理責任を提起し、それが水質の浄化へとつながるのです。

係留ブイ

サ

ンゴ礁のように水底がデリケートで脆い海域において、水中環境を守る最善の方法のひとつは、船のアンカー（錨）による破壊を未然に防ぐことです。これは、ドリフト・ダイビングを実施することでもできますし、半永久的な係留ブイを設置することでもできます。

係留ブイの概念は簡単です。係留ブイを、船が通常アンカー（錨）を下ろす場所付近に設置するのです。船に乗っている人は、アンカー（錨）の代わりに係留ブイにつなぎとめ、それによって破壊の恐れが減ります。係留は、ある水域を特定の活動毎に分けるのにも使え、例えば漁民とダイバーのいざこざを未然に防ぐことができます。ある水域の利用が多すぎる場合、係留は簡単に取り外して他の場所に移すことができ、時間が経って十分回復したらまた元の場所に戻すこともできます。

係留ブイの設置には、プロジェクト立案と実施のどの段階においても、専門的な知識を必要とします。プロジェクトの範囲、プロジェクトの場所の予想される利用度、設置する係留の数・位置・種類、設置と継続的な整備のための資金調達、その後の教育プログラムなど、いくつもの要因が考慮されなければなりません。

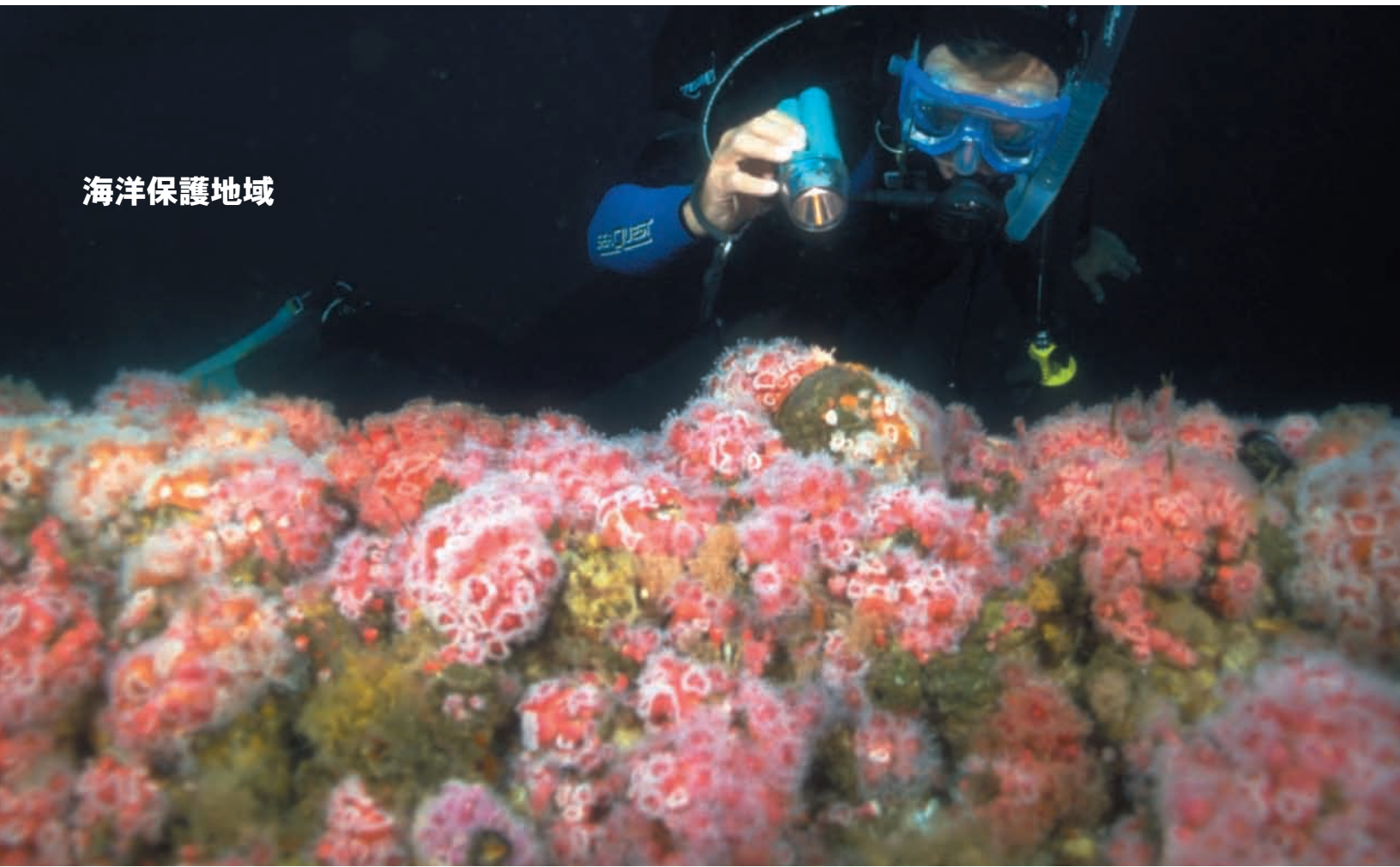
係留ブイ立案・設置プロジェクトには大変な労力を必要とするものの、それをはるかに上回る恩恵が得られます。係留ブイ・プロジェクトは、世界的水中環境の未来への貢献として、しっかりと根を下ろしています。

係留ブイや、自分でプログラムを始める方法について詳細を知りたい方は、「係留ブイ立案ガイド」をwww.projectaware.orgからダウンロードできます。



サンゴ礁がアンカー（錨）で破壊されないように、係留ブイを設置するダイバー

海洋保護地域



水

中環境を保護する最良の方法のひとつは、保護地域を
ることです。公園や特別保留地、保護区は皆、保護すれば水中生物の生
息数が程度の差はあれ、回復することを示しました。この観念を科学的
に実証し、また逸話としてよく知られているのが、フロリダキーズ国立
海洋保護区で、ここでは魚類生息数が、禁漁を実施してわずか1年で驚異
的な回復を見せました。

しかし、保護地域が名前だけの保護区にならないためには、財政援
助と強力な管理計画が必要です。海洋保護区の中には、使用料金を課す
ことで、管理計画の実施・施行のための資金を調達する所もあります。
次に保護区でダイビングする時は、これを心に留めておいてください。
ポネール海洋公園のような場所では、年間ユーザーパスを収集可能な記
念品に変えました。これが一般の支持を得て、その年の記念品を求める
ダイバーたちから、郵便が届きます。

けれども、使用料を払ったり、寄付をしたりする以上に貢献でき
ることがあります。ほとんどの保護地域には、係留ブイ設置のアシスタ
ントやモニタリング活動、キャンプファイヤーでの話などの通訳といっ
た、あなたが参加できるボランティア・プログラムがあります。詳細に
ついては、あなたの地元の海洋公園または保護区管理者にお問い合わせ
ください。また、管理計画は一般の方々の参加にかかっているというこ
とを忘れないでください。保護区が今後も保護されていくように、あな
たのダイバーおよび資源消費者としての影響力を活用してください。

人工漁礁

人工漁礁は、海底の何の特徴もない所に、構造物と変化を与えます。また、イガイや海綿、ハマグリ、ウミウチワといった無脊椎動物に、生きていくのに必要な硬い物体を提供します。特徴のない砂の平地で、人工漁礁の構造物は、こうした動物が利用できる生息地を増やします。これらの生物は、食物連鎖で上位の動物の餌になることが多いことから、無脊椎動物の数の増加は、定住する魚の生息数ばかりでなく、サメやアジ、マグロといった通過する魚の生息数までも増やします。

もちろん、人間も恩恵を受けます。人工漁礁は、漁業資源を増大させるだけでなく、ダイビングの機会を増やします。例えば、米国（テキサス）の人工漁礁プログラムにより、毎年数万人のダイバーが沖の人工漁礁へと向かいます。また人工漁礁は、天然漁礁が背負うダイビングやフィッシングの負担の一部を担うことで、天然漁礁に貴重な休息を与えます。その理屈は単純で、人工漁礁を使う人が増えれば増えるほど、天然漁礁を使う人が減るといえるのです。こうして天然漁礁は、回復して豊かさを取り戻す時間を得るのです。



また人工漁礁は、多くの管轄組織が人工漁礁地域のモニタリングを義務づけているため、地元環境をよく知る絶好の機会を提供します。こうした場合、ボランティア研究プログラムが科学データを収集します。ひとつの例は、カナダのブリティッシュ・コロンビア州バンクーバーを本拠とする、ブリティッシュ・コロンビア人工漁礁協会（ARSBC）です。ボランティア団体ARSBCは、人工漁礁の創設と保存を通じて、

海洋環境の改善とスポーツ・ダイビングの振興を目指しています。現在までに、ARSBCは5隻の廃艦となった軍艦を人工漁礁として沈めました。ARSBCはボランティアの人たちに、環境に配慮した設置のために船を用意してもらい、また沈めた後の海洋生物モニタリング・プログラムも設けました。



未来

水

中環境の未来はどうなるのでしょうか？その答えは、私たちにかかっています。このマニュアルを通じて、単純な知識不足や理解不足から、不注意な行為や無駄な破壊に至るまで、私たちの地球を害している数多くの問題を見てきました。また、法制化活動から大衆啓蒙に至るまで、私たちの水中環境を保護するために行なわれてきた、大規模な施策も見えてきました。そこで私たちが理解すべきなのは、現在が変化の時代であり、この方向転換の結果、どこへ行き着くかを決めるのは私たちの責任だということです。

例えば水中環境は、長年の間に多くの変化を耐え抜いてきました。そこでは地球温暖化と海水温の上昇、沿岸開発と沿岸水域破壊、乱獲と種の絶滅が起こっています。専門家の中には、私たちの水中環境の健全

性は、加速的に悪化しているという者もいます。これに対して、一般の意識の向上やコミュニティ活動などのプラス面を指摘して、反論する者もいます。

私たちの水中環境が困難に直面していて、私たち人間の助けが必要となっていることは秘密でもなんでもありません。私たちが、私たちの海や湖、川、水路を汚してきたのです。私たちが食用魚を絶滅の危機に追いやるまで乱獲したのです。私たちが開発とともに沿岸水域と湿地帯の姿を一変させてきたのです。そして私たちは水中環境にこれほどの荒廃をもたらしてきたにもかかわらず、健全な状態へと戻そうともしているのです。



60年代後半から70年代初めにかけて、私たちは、人類の求めるものを与え続けてくれる無限の資源という、水中環境に対するこれまでの見方に代わって、世話が必要な脆い生態系と見るようになりました。「去る者は日々に疎し」とばかりに、海や湖、川、水路をゴミや廃棄物の投棄場所にしてきた、その場しのぎ的な考え方は変化し始めました。私たちは、自分たちが引き起こした問題から目を逸らすことを止めたのです。私たちの水中環境の状態に関する一般の意識が高まり始めました。

水中環境を心配する人々は集まって、環境団体・組織を作りました。こうした団体の中には、公にキャンペーンを行なったものもあれば、政治家に働きかけたものもありました。絶滅危惧種の保護や汚れない海水の保全、維持可能な漁業の管理の手順を定めたいくつかの重要な法律が、この時期に成立しました。以来、その時の環境団体の多くが、多数の有権者を代表する強力な非営利団体に成長し、政府省庁と定期的に協議して、現行の自然保護法を再認・強化したり、環境活動を始めたり、一般の人を啓蒙したりしています。

時とともに態度や行動の変化も起こりました。私たちは現在、私たちの貴重な資源の保存のためにできることに集中して取り組んでいます。地域社会は協力し合って、水中環境の美化に取り組んでいますし、ボランティア精神も高まっています。プロジェクトAWARE財団は、未来へと一歩を踏みだそうとしている今、インターナショナルクリーンナップ・デー、ダイブ・フォー・アースデー、ダイバー・モニタリング・プログラムといった活動への参加者の増加や、環境研究の進歩、環境法制化への関心といったことから、楽観的な見通しを持っています。

このマニュアルを読むだけで、もはやあなたは、私たちの水中環境の保護に関心を持つ多くの方々のひとりです。多くの人の意識を向上させ、私たちの声を聞いてもらうといった協力的な行動を通じて、私たちは、私たちの水中環境の未来に影響を与えることができます。

練習問題

1. AWAREダイビングをするには、次のうち何をすべきですか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. 環境と受け身で付き合う。
 - b. 自分の浮力コントロール・テクニックを磨く。
 - c. 自分のダイビング器材を流線形にする。
 - d. ダイビングの思い出に貝を集める。
2. 正誤問題。ダイバーは、環境政策に影響を与えることができる、巨大かつ強力な政治有権者団体です。
3. 次の行動のうち、どれをすれば、責任持って水中環境からゴミを撤去できますか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. インターナショナル・クリーンナップ・デーに参加する。
 - b. 内部や表面に動物がいても、すべてのゴミを拾う。
 - c. ダイビング毎に、ゴミを撤去する。
 - d. 水中環境から回収したゴミに関するデータを集める。
4. 正誤問題。係留ブイは、水中環境をアンカー（錨）による破壊から守ります。
5. ダイバーおよびスノーケラーは、次のうちどの行動をとれば水中保護地域を支援できますか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. 保護地域に寄付する。
 - b. 保護地域の何らかのボランティア活動に参加する。
 - c. 保護地域が現在のまま使われないように、保護地域の利用を妨げる。
 - d. 保護地域に関する公聴会に参加する。
6. 人工漁礁は、次のうちどのような働きによって天然漁礁に恩恵をもたらしますか？（あてはまるものはすべてチェックしてください）
 - a. 新たに硬い土台を提供する。
 - b. 天然漁礁のダイビングとフィッシングの負担を軽くする。
 - c. 礁の発展に関する科学データを集める。
 - d. 漁業資源を増大させる。

いかがでしたか？正解は：

1. a, b, c 2. 正 3. a, c, d 4. 正 5. a, b, d 6. a, b, c, d

付録



用語集

あ

赤潮 – 微小な植物性プランクトン（渦鞭毛中）が著しく増殖し、海水が赤褐色などの色になる現象。

アップ・ウェリング – 上昇流。栄養物の多い深海水が表層に向かって移動する海水循環。

アマモ – 世界的に保護地域で見られる被子植物の一種。

雨水排水管 – 都市部の排水管は処理されることなく直接湖、河川、その他の水路に流れ込む。

遺骸 – 植物や動物、もしくは両方の細かく分解した死骸や残骸。

渦鞭毛中 – 赤潮の原因になる、鞭毛がある単細胞プランクトン。

栄養 – 炭化水素、酸素、水以外の海洋生物に必要な化学物質。

エコツーリズム – 未開発地域や保護地域における、生態学上、地球に優しい観光。その地域の自然保護や保存に貢献し、自然への影響を最小限に抑えている。

エルニーニョ – 南米西岸沖の南へ流れる栄養に乏しい海流。

沿岸帯 – 湖岸付近の区域。

沿岸地帯 – 海洋から内陸部の、海洋現象の影響をすぐに受ける所までの範囲。

塩分 – 海水内の溶解無機質（塩）の量で、通常海水1キログラム当たりのキログラム数、またはグラム数で測る。

塩分躍層 – 塩分が深さと共に急変する海洋層。

オーバーターン – 静水における、水層の混合。

オキアミ – オキアミ目の甲殻類の総称。体は透明で小型のエビに似ており、海生でほとんどが外洋に生息。特に南極海域に生息するナンキョクオキアミの資源量は膨大。

汚染防止国際会議（MARPOL） – 海洋汚染防止条約。海洋汚染防止のための船舶設備要件、有害性物質、廃油、船内発生廃物の取扱い基準等について定めている。正式には「1973年の船舶による海洋汚染防止のための国際条約に関する1978年の議定書」という。

オゾン – 3個の酸素原子からなる分子（化学式O₃）。オゾン層は有害な紫外線が地上に届かないように大気表面を覆う保護層を形成している。

温度成層 – 水中に異なる温度の層ができること。

か

海面 – 北極の流水の隙間で、液体と大気が接するところ。

海草 – 海洋被子植物で、アマモのような海草とは異なる。

海洋法 – 領海や排他的経済水域公海などについて規定している。1982年に国連で海洋法条約が採択された。

河口 – 淡水と海水が混じる場所で、一部を陸に囲まれている水場。入江とも言う。

家畜による植生破壊 – 植生にダメージを与えるほど動物が食べ尽くすこと。地表面があらわになってしまい、土壌が雨で流失したりがけ崩れなどの原因にもなる。

褐虫藻 – 光合成するプランクトン（渦鞭毛中など）のこと。サンゴや無脊椎動物の組織内で共生する。

気泡 – 藻類の気体が詰まった“浮き”で植物を水面に浮かせる働きをする。

共有地の悲劇 – ギャレット・ハーディンが1968年に著した作品のタイトルで、村が放牧地を持っていて、ひとりが利益を得ようとする全員に代償がふりかかるという内容。これは少数によって漁獲（利益）を独り占めしようとする、全員がその代償（魚の減少）を負担するという点で、漁業にもあてはまる。

漁業 – ある地域の漁民と魚の双方のことで、目的の魚の種や使う機器の種類によって分かれる。

経済専管水域 – 水産資源を独占的に利用できる範囲のことで、隣接する海岸線から370キロメートル内の海域。

ケルプ – コンブ目およびヒバマタ目の大型褐色藻類。

ケルプの森 – 多様な動植物を養う、オオウキモのような茶色の海草種。

係留ブイ – アンカリングの際にサンゴ礁にダメージを与えないようにした、エンベットメント（埋め込み式）アンカーの一種。環境破壊のない場所に予め係留具を埋め込んでおき、ロープをつけたブイを浮かべ、ボートはそのブイに係留する。短時間の停泊のための半永久的ブイ。

嫌気性細菌 – 酸素の存在する環境では生活が困難または不可能な細菌。乳酸菌、破傷風菌など。

公海の自由 – グロチウスの1604年の著作「捕獲法論」の1章の再版に登場。近代国際海洋法の基礎となった。

好気性細菌 – 酸素のある所で正常に生育する細菌。枯草菌や結核菌、酢酸菌など。

光合成 – 二酸化炭素を吸収し酸素を放出する過程で、光エネルギーを化学エネルギーに変え、二酸化炭素と水からブドウ糖と酸素が作られる。

勾配 – 様々な変化を伴う数量の変化。

用語集

固着 – 海底に付着して、動くことができないこと。

固有種 – 特定の地域に分布が限られる動植物の種。

混獲 – 大型流し網漁業などで目的の魚種以外の動物が偶発的に漁獲されること。

コンチネンタル・ライズ – 大陸の一部で、急な崖が大洋の海底まで伸びている部分。

さ

栽培富栄養化 – 排水や工業廃棄物からの栄養分が急速に淡水に流入すること。

サーモクライン – 深くなるにつれ最も急激に温度が変化する水の層。

サンゴ – 花虫綱に属する刺胞動物で、石灰質の硬い骨格を形成する。

サンゴ礁 – サンゴやサンゴに関係する生物から作られた、炭酸カルシウムの線状の塊。

サンゴ白化現象 – 体内の褐虫藻が減少したり体内から出てしまい、サンゴ本来の色に戻り、白くなる病気。地球温暖化が原因とされている。

シェルフ・ブレイク – 大陸斜面と大陸棚が接合するところで、斜面が急激に上昇している。

自然および天然資源保護国際連合 – IUCN、国際自然保護連合とも呼ばれ、181の加盟国を持ち、自然の統一と多様性を保つため、世界中で社会に働きかけ、支援することを目的にしている団体。

湿地帯 – 水がそこに棲む動植物を支配している土地。

植物性プランクトン – クロロフィル（葉緑素）を持ち光合成をしており、水中生物の植物連鎖で一番基礎にある。2日に1回のペースで分裂し、ひとつの細胞がいくつも繋がって群体を作る。

植物網 – 摂食によって次の段階へと物質を循環させていく生物のグループ。食物連鎖。

浚渫 – 港湾や河川などの水深を深くするため、水底をさらって土砂などを取り除くこと。

深海 – 深度が増してもほとんど密度の変化がなく、海洋の総水体積の80%以上を占める海洋の部分。

人口漁礁 – 鋼鉄やコンクリートなど、耐久性があり安定した環境に優しい適切な材料を、海底の特定地域に置くこと。これによって礁形成に必要な固い物質の量が増える。

深底層 – 無光層を参照。

森林伐採 – 森林から樹木を切り出すこと。

水圏 – 地球の表面上で水によって占められている部分。

水底層 – 海底の層。

スタイブ – 海の藻類の茎。

生産性、一次生産性 – 光合成もしくは化学合成による無機物質からの有機物質の生産。

静水 – 池、湖、沼など、水が静止して動かない水場。

生態系 – 自然界のある地域に住むすべての生物群集とそれらの生活に関与する環境要因とを一体として見たもの。エコシステム。

生物礁 – 生物が原因でできた、もしくは生物が造った礁。サンゴ礁も生物礁と呼ばれる。

生物濃縮 – 汚染物質の蓄積。植物連鎖の上位で濃縮される。

生物発光 – 生物体における非熱の発光現象。発光酸素などの働きによってエネルギーが光として放出される現象。発光細菌や発光菌類、ホタルイカ、夜光虫、蛍などに見られる。

石油化学物質 – 石油、天然ガスから作られる化学物質。

接合体 – 二個の配偶子が融合してできる細胞。接合子。

殺生剤 – 多くの様々な生物に有害な物質。

浅海層 – 海岸から大陸棚の外縁までの海域。

船底 – ビルジ。船の内側船体の最下部。ここに集まった水を抜くため、ビルジポンプが使われる。

藻類 – 海洋食物連鎖を支える原始的植物の古代種。

足糸 – 二枚貝が岩などに付着するために出す糸状の分泌物。

総一次生産量 – GPP。光合成によって合成された有機物の生産量。呼吸量を引いていない値。

造礁性サンゴ – 共生褐虫藻を持つサンゴの種で、炭酸カルシウムの礁構造を造る。

底引き漁業 – 船尾から海底に長い網を沈め、これを船で引いて魚を取る漁法。

た

帯状分布 – 潮間帯に生じる、種別に分かれた分布。

胎盤胎生 – 生物が胎児に栄養を送る卵黄養胎盤を作る生殖方法。

大陸斜面 – 大陸棚と海洋底の間にある、やや傾斜の急な斜面。

大陸棚 – 海岸から続く傾斜の緩やかな海底。

用語集

脱塩 – 海水もしくは汽水（海水と淡水の混合によって生じた低塩分の水）に含まれている塩類を除く操作。

多様で誰でもが使える用途 – 1972年米国海洋保護・調査・サンクチュアリ法が採用した原則で、沿岸資源の利用に関わる人は、沿岸地域の保護に関して、全員が発言権を持ち、責任を負うとした。

炭化水素 – 炭素と水素だけからなる有機化合物の総称。石油や天然ガスに含まれる。

淡水 – 塩分濃度のきわめて低い水。

担体 – 生物が棲んだり、付着する硬い表面。

地下水 – 地中の土砂や岩石の隙間や割れ目などに存在する水。井戸や泉への供給源。

地球共有財産 – 国境の外の海洋。

着生 – 他の植物に付着して生育すること。

チャレンジャー海淵 – 最も深い海溝、マリアナ海溝の最深部。水深1万870メートル（3万5640フィート）。

中央海嶺 – 海洋のほぼ中央に連なる幅広い海底山脈。

中樞種 – ある種の生態系に与える影響力が数の割には非常に大きく、生態学的に重要な個体群。

沖帯 – 淡水の外洋域。

潮間帯 – 干潮時に水が引き、満潮時に水中に浸る海岸部分。

潮間帯上部 – スプラッシュ・ゾーンとも呼ばれ、潮間帯のうち、しぶきの最上部から満潮の平均値までを指す。

沈泥 – 浚渫の副産物。

DDT – ジクロロジフェニルトリクロロエタンの略。米国で無脊椎動物への害のために使用禁止となった、塩素化炭化水素の殺虫剤。

点源 (point source) – 家庭、工場のように、点状に存在する汚濁源。特定汚染源とも呼ばれる。

動水 – 川などのよく動く水。

透光層 – 光が水底まで届く範囲。水深200メートル（660フィート）はめったに超えない。

動物性プランクトン – ミジンコやワムシなどに代表されるプランクトン。動物性プランクトンは植物性プランクトンを餌とする。植物性と動物性の違いは、光合成をするかどうかで区別する。

な

南極深層水 – ウェッデル海で作られる大量の高密度の冷たい塩水で、南極大陸から北に移動する。

苦塩 – 海水から食塩を析出させたあとの残液。苦みがあり、主成分は塩化マグネシウム。豆腐の凝固剤などに使用。

二枚貝 – 二枚貝綱に分類される軟体動物の総称。ハマグリ、カキ、ムール貝、ホタテなど。

妊娠 – 受精から誕生までの期間。

熱水噴射口 – 海底に見られる、鉱物とガスを多く含む海水の高温泉。

は

はえ縄 – 延縄。商業漁法のひとつで、1本の長いロープに針をたくさん垂らして魚を釣る方法。

PADI – Professional Association of Diving Instructorsの略で、世界最大のダイビング指導団体。

PADIダイブセンター/リゾート – 高レベルの顧客サービス、器材販売とメンテナンス、ダイブ・トレーニング、安全性のすべてを満たし、維持しているダイビング・ショップやサービス。

ハロゲン化炭化水素 – 化合物を含む有機の水素と炭素のハロゲン誘導体。炭化水素はスモッグなどの大気汚染を引き起こす。

干潟 – 海岸で潮がひいたときに現れる砂泥底。潮干潟。

引き網漁業 – 水中を引き回したり、浜や船に引き寄せたりして魚を捕る漁法。網の2つの端を持って魚を捕る。

ピクノクライン – 深くなるにつれ海水の密度が劇的に高くなる区域。

表在動物 – 海底の上に棲む生物、エピファウナとも言う。

ひれ足動物 – アシカやアザラシ、セイウチが含まれる食肉目の亜目。鰭脚動物。

ヒレ取り – 商業利用のため、サメからヒレを取る作業。ヒレ以外は廃棄されることが多い。

富栄養化 – 過剰な栄養が水域に流出し、物理的、化学的、生物学的な変化を起こすこと。

附着根 – ケルプなどが担体に固定するために茎から出る不定根。

プランクトン大発生 – 植物性プランクトンが突然大量に発生する現象。しばしば過剰な栄養との関連がある。

ブレード – 藻類の葉。

用語集

プロジェクトAWARE財団 – 教育、支援、行動を通して水中環境保護活動を行なう非営利、非課税団体。

胞子体 – 植物の生物環において2倍の数の染色体を持つ複相の段階。

放射能 – 元素同位体の自然崩壊。

捕獲法論 – 近代国際海洋法の基礎となった1604年のグロチウスの著作の1章。

補食 – 生物が他の生物をとらえて食べること。

ポリ塩化ビフェニル – PCB。化学的に安定で、絶縁油などに広く使われたが、海洋哺乳類に有害な影響を与える。

ま

マーシュ（湿地） – 塩水域に隣接する汽水域。

埋生動物 – 担体の内部にのみ生息する低生生物。インファウナとも言う。

末端崩壊 – 氷河の大きなブロックの末端が崩壊して海に落ち、氷山ができる過程。氷河カービングとも言う。

マンガン団塊 – マンガンなどを含む黒褐色の団塊。深海底に広く分布。

マングローブ – 塩湿地や河口に成育する熱帯植物。

マントル – 地球内部の、地殻と核との間の層。

マリアナ海溝 – マリアナ諸島付近の深い海溝で、水深は世界最深の1万1708メートル（3万8635フィート）。

無機物 – 動植物以外の物質。

無光層 – 深低層。ごくわずかな太陽光線しか届かないところ。

無性 – 生物の生殖で接合体を作らないもの。

無胎盤胎生 – 体内で卵が成長する生殖方法（子宮とは無関係）。

面源 – 特定された汚染源ではなく、多くの水源から水域に流入する汚染源。市街地や農地からの流入がある。

門 – 動物分類の最上級の分類項目。

や

有機物質 – 有機体すなわち動植物体由来の物質。

養殖 – 水中環境において、コントロールされた条件で動植物を人工的に飼育、繁殖させたりして育てること。

幼生 – 成体に似ていない、成体の前の段階。

ら

ライブ・ロック – 岩のような硬い物体に付着する、単一の海洋生物もしくは海洋生物の集合体の表現。主に水族館で使われる。

乱獲 – ある生物種の次世代を作る能力を超える量の漁獲。むやみに獲ること。

卵生 – 産卵後、対外で孵化する生殖方法。

陸水学 – 湖沼、河川などの陸水を物理的、化学的、生物学的に研究する学問。

濾過摂食動物 – 堆積物の粒子の間に生息する生物。

ロンドン条約 – 正式名称は、廃棄物その他の投棄による海洋汚染の防止に関する条約。この1972年の会議では、通常の船舶運航と関係がない、故意の海洋投棄と定義される海洋投棄が規制された。

参考文献

- Beatley, T., Brower, D. & Schwab, A. An Introduction to Coastal Zone Management. Washington, DC: Island Press.
- Charton, B. (1988). The Facts on File Dictionary of Marine Science. New York, NY. Facts on File Inc.
- Covering the Coasts: A Reporter's Guide to Coastal and Marine Resources. Washington, DC. National Safety Council Environmental Health Center.
- Davidson, O.G. (1998). The Enchanted Braid: Coming to Terms With Nature on the Coral Reef. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Earle, S.A. (1995). Sea Change: A Message of the Oceans. New York: Fawcett Columbine/Ballantine Books.
- Garrison, T. (1999). Oceanography: An Invitation to Marine Science (3rd edition). New York: Wadsworth Publishing Company.
- The Handy Science Answer Book. (1994). Detroit, MI. Visible Ink Press.
- Hinrichsen, D. (1998). Coastal Waters of the World: Trends, Threats and Strategies. Washington, DC: Island Press.
- Lalli, C & Parsons, T. (1993). Biological Oceanography: An Introduction. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Lerman, M. (1986). Marine Biology: Environment, Diversity and Ecology. Menlo Park, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Levinton, J. (1995). Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology. New York, NY: Oxford University Press.
- Norse, E.A. (ed.). (1993). Global Marine Biological Diversity. Washington, DC: Island Press.
- Pernetta, J. (ed.) (1994). Philip's Atlas of the Oceans. London: George Philip Ltd.
- Pickard, G. & Emery, W. (1990) Descriptive Physical Oceanography: An Introduction. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Ricketts, E., Calvin, J & Hedgpeth, J. (1985). Between Pacific Tides. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Safina, C. (1992). A Primer on Conserving Marine Resources. Islip, NY: National Audubon Society Living Oceans Program.
- Safina, C. (1997). Song for a Blue Ocean. New York: Henry Holt and Company.
- Seeds, M. (2000). Horizons: Exploring the Universe. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- Valiela, I. (1995). Marine Ecological Processes. New York: Springer.
- Viders, H. (1995). Marine Conservation for the 21st Century. Flagstaff, AZ: Best Publishing Company.
- Waller, G. (ed.) (1996). Sealife: A Complete Guide to the Marine Environment. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Wells, S. & Hanna, N. (1992). The Greenpeace Book of Coral Reefs. New York: Sterling Publishing Co.

ナレッジ・レビュー

1. プロジェクトAWARE財団の使命と目的は何ですか？水中環境保護のために、プロジェクトAWAREがPADIと提携して行なっている活動を挙げてください。
2. 2つの主要淡水生態系は何ですか？それらはどこが違いますか？
3. 海洋は2つの層から成り立っています。常に暗い _____ 層と、もうひとつは光が通過する _____ 層です。
4. サンゴ礁が水中環境にとって重要なのはなぜですか？
5. サンゴ礁を危機に陥れている最も深刻な世界的脅威をひとつ挙げ、簡単に説明してください。
6. 水中環境の主な汚染源は何ですか？
7. 世界の漁業が崩壊に瀕しているのはなぜですか？
8. 世界で最も環境が危機に瀕している海域が抱える主な問題とは何ですか？
9. 「水中環境を壊さないために、ダイバーとしての10のマナー」から3つを挙げ、簡単に説明してください。
10. あなたがプロジェクトAWARE財団と協力してできる環境保護活動には何があると思いますか？

生徒ダイバー声明文：

このナレッジ・レビューについて、間違っていたり不十分だった解答は、調べて納得し、理解しています。

生徒氏名 _____ 日付 _____