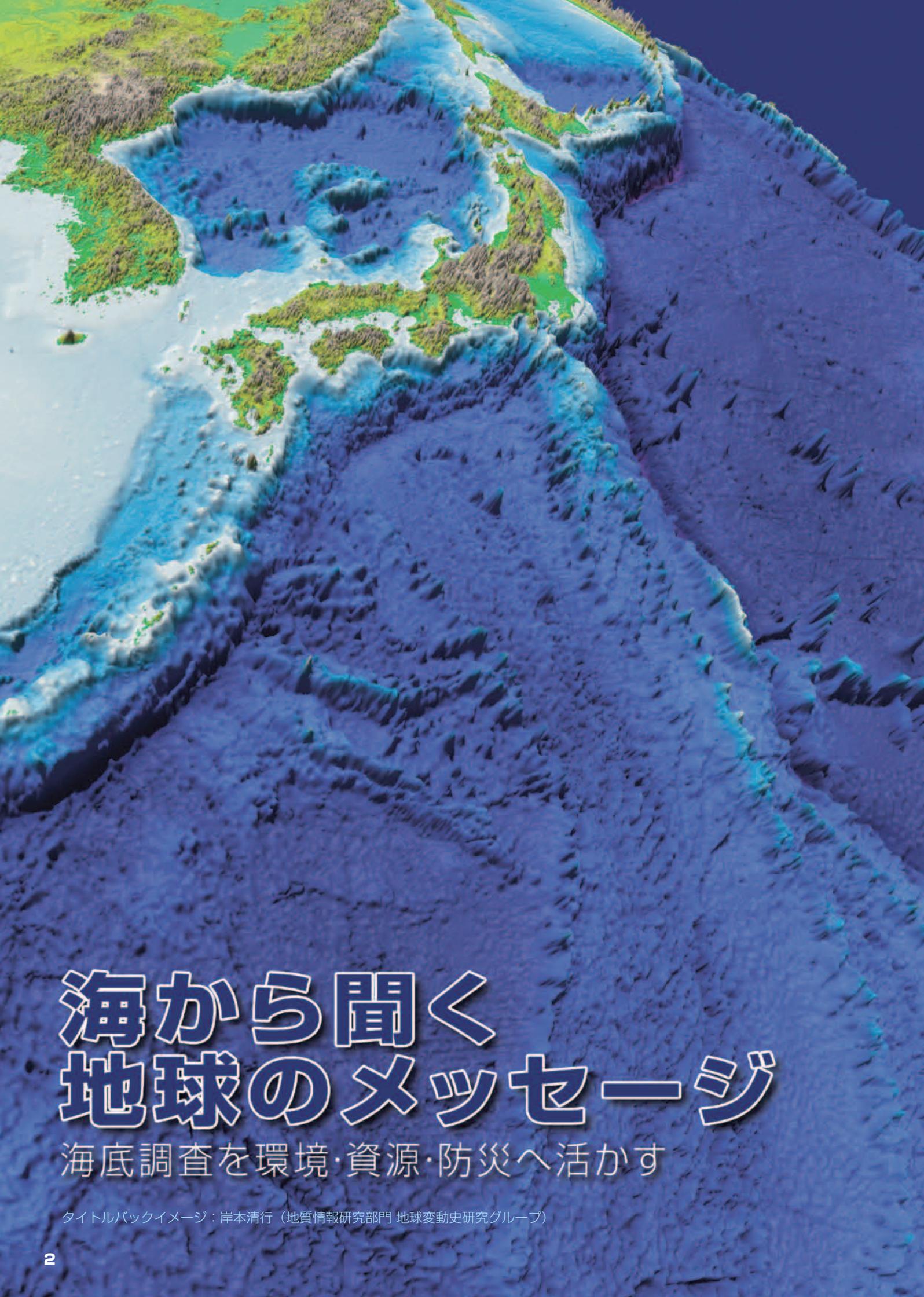


# 海から聞く 地球のメッセージ

海洋調査を環境・資源・防災に活かす





# 海から聞く 地球のメッセージ

海底調査を環境・資源・防災へ活かす

タイトルバックイメージ：岸本清行（地質情報研究部門 地球変動史研究グループ）

# 海の研究

## 海を知ることが地球を知ること

地質情報研究部門 副研究部門長  
西村 昭

地圏資源環境研究部門 副研究部門長  
燃料資源地質研究グループ長  
深部地質環境研究センター 地質情報チーム  
棚橋 学

### 海

地球は物質とエネルギーの大規模で複雑な循環を通して、全体としてひとつの巨大なシステムを構成しています。地球表面の70%を占め、平均水深3800mの海水で満たされた「海」は、膨大な量の熱と物質によってシステムに重要な役割を果たすものです。それは、地球環境の変動に（変化の緩衝や加速等への作用も含めて）大きな影響を与えています。

海水と固体地球の境界である海底やその下には、液体と固体の大規模な物質循環による反応から形成された数々の資源が（その多くが未開発のまま）存在しています。また、海底下の地殻のダイナミックな変動は、ときに地震動や津波による大きな災害を我々にもたらします。

### 海をめぐる

海は（陸域と同様に）、資源開発・環境保全・防災など様々な課題をかかえています。それに加えて最近では、日本周辺の海は国家間の緊張を高めた危険性をほらんだものとなり、国民の大きな関心を集めています。それらは海底に眠る未開発資源の大きさゆえにもたらされる問題です。島の領有や政治に大きくかかわる解決の困難な問題ですが、海域の権益を巡る身勝手な振る舞いは許されるものではありません。海域やそこに存在する資源は、沿岸国及び人類の共通の財産です。国際的な取り決めの中で、開発権利の配分と、管理責任の分担がなされて利用されるべきものです。産総研では大陸棚延伸の科学的判断に使用される調査にも加わっています。

### 海を知るための研究

このパンフレットでは、海を理解するために産総研が行っている「海の地質・構造や海底資源に関する基盤情報の整備のための調査」や、「新資源として注目されているメタンハイドレートの調査と技術開発の現状」、「沿岸環境の保全修復への取り組み」などを紹介します。

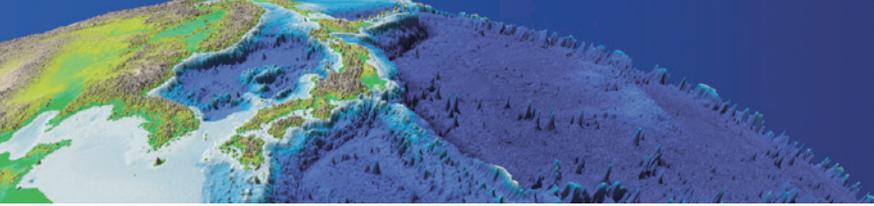
産総研では、このような自然を対象とした課題を解決するために、いくつかの研究ユニットで調査・研究を行っています。海のような現象を地球システムの中で理解し、今後の環境変動の予測や開発の際の影響の評価に役立てていくことが多くの分野で求められています。今回とりあげたテーマのほかにも、「海と大気の相互作用」、「海の水の動きや地球環境における役割の評価」、「海水からの有用成分抽出や海の生物の利用」など、産総研では海に関連したさまざまな研究を行っています。

### 海の恵みと海の未来

産総研が日本周辺海域や中部太平洋の調査を始めた約30年前（前身である工業技術院の時代）から、海の実態の理解のための研究は現場での観測や調査が出发点でした。

「海の恵み」の資源や空間を利用・開発するためにも、また、環境が悪化してしまった海域を再び「海の恵み」を享受できる健全な海に戻すためにも、様々な手段を駆使して、その実態を知ることが不可欠です。

海はまだ未知の世界です。この特集で紹介したテーマはその解明への取り組みの一端であり、多くの方々が「海」への関心を持つための一助になればと願うものです。



# 海底を調べる

地質情報研究部門 海洋地質研究グループ長  
池原 研

2004年末、インドネシアスマトラ島沖で発生した地震とそれともなう津波では、インド洋沿岸域の広い範囲で大きな被害が出ました。この地震の震源はスマトラ島南方の海底下にあり、最も大きな地殻変動は海底で起こりました。その変動の状況を調査しようとするときに、変動があったと考えられる海底と私たちが通常移動可能な海面の間に存在する厚い水（海水）の層が、それを阻みます。光を遮断し深海域を暗黒の世界にするだけでなく、強大な水圧が地層の観察や採取を簡単に行わせてくれません。

このような直接調べることのできない海底やさらに海底下の様子を知るために、様々な道具が考案され、さらに改良を繰り返して、困難な調査を少しずつ可能なものへと変えてきました。

## 海底の調査とデータのとりまとめ

海底の地形や地下の情報を得るために私たちは、音を使います。まず調査海域で予想される断層や地質構造の方向や大きさを考慮して調査船の進路を決定します。これが測線です。この測線に沿って進みながら、調査船から様々な周波数の

音を発し、海底や海底下から反射してくる音を受信し、連続的に記録することで海底下の様子を表した断面図を得ることができます。これが音波探査断面です。使う音の周波数が高ければ、より細かい構造まで得ることができますが、減衰も大きくなるために、海底下深部までのイメージを得ることができません。調査海域ごとに、知りたい情報が得られるよう調査機器を選定して使用します。得られた断面記録から、顕著な不整合面（反射面が連続しない面）を認定し、それを隣の測線へ追跡することで海底下の地層のつながりや区分を調べることができます。この調査では、海底下の断層や褶曲（ズレや湾曲が生じた地層構造）なども追跡し、分布や成因を明らかにします。

次に音波探査による調査で区分できた地層がどのような岩石から構成されているかを明らかにするために、海底から堆積物や岩石を採取する作業を行います。金属製の箱を海底に降ろして、海底の岩石や砂・泥などをかき採ってくる「ドレッジ」と呼ばれる方法が最も簡単なものですが、採取された試料の乱れが著しく、試料採取位置の特定も困難です。その改



写真 海底から柱状に採取された堆積物試料（コア）珪藻の遺骸からなる縞模様の発達したフィリピン海の堆積物。

善策として、ドレッジの箱の中に深度センサーを入れて、海底を引っ搔いた時の水深を特定するなどの工夫が行われてきました。

このようにして、音波探査断面から層序（地層の重なり方）を確かめ、それに採取された岩石の情報を加味することで、調査海域の地質の様子（年代と岩相）を明らかにした地図を作ることができます。これが海底地質図です。

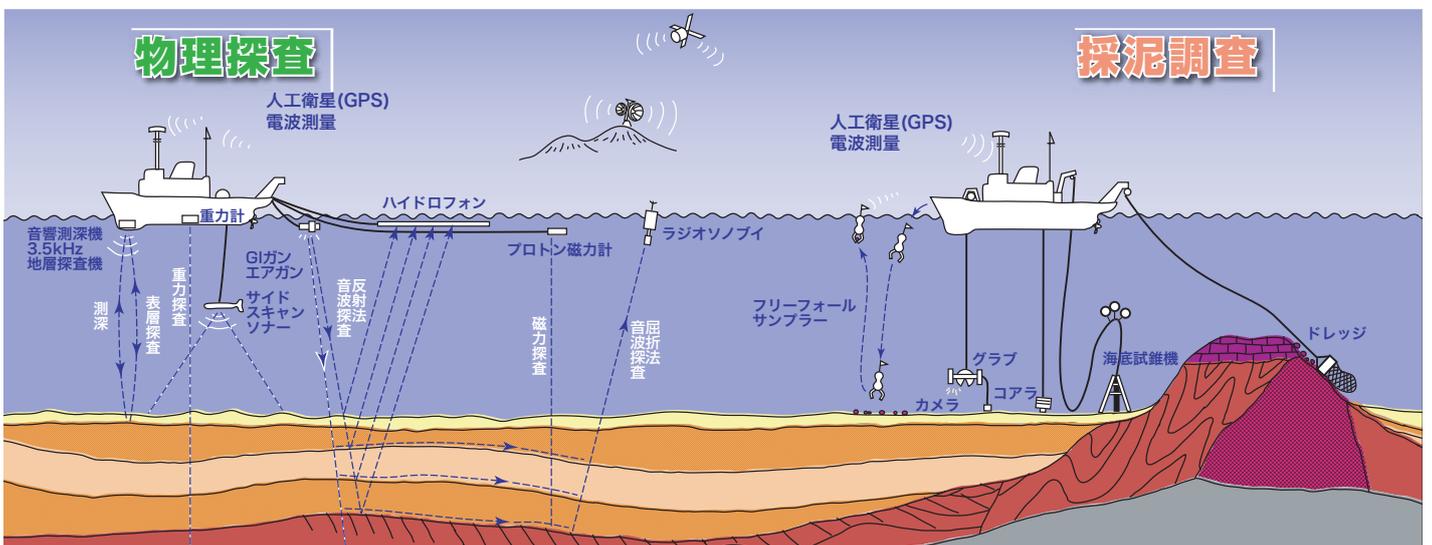


図1 海の底の調べ方の模式図

## 大陸棚画定調査 国土を構成する基盤岩類の調査

地質情報研究部門 総括研究員  
湯浅 真人

国連海洋法条約で定められた大陸棚画定に係わる調査は、内閣官房の総合調整の下、関係省庁が連携して進められています。海域調査は、地形調査（海上保安庁）、地殻構造調査（海上保安庁、文部科学省）、基盤岩調査（経済産業省）の3つの内容からなり、産総研はこのうちボーリングによる基盤岩調査の一部を分担しています。基盤岩調査では、日本周辺海域の200数十点の掘削予定点から岩石試料を採取し、それらが日本列島を構成する基盤岩類と類縁のものであるか否かの判定を行い、大陸棚の延伸可能性について地質学的根拠を提供することを目標としています。

既存の海域地球科学データにこれらの調査・研究成果を合わ

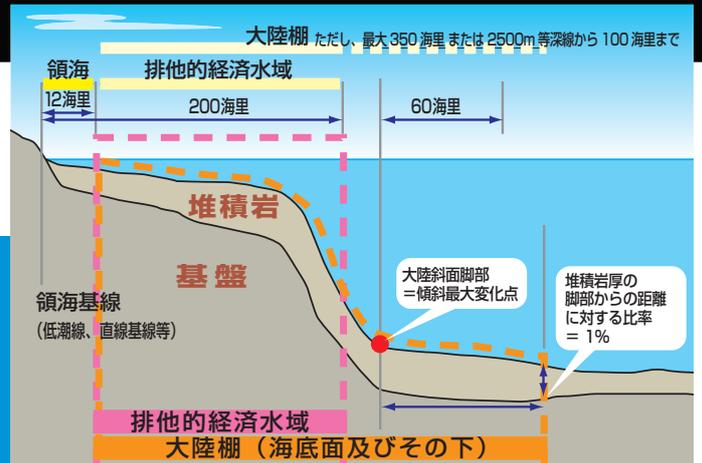


図 海洋法条約による大陸棚の定義

地学上の定義とは異なり、海洋法条約に基づいて決められた大陸縁辺部の外縁までの海底面及びその下、あるいはそれが200海里を超えない場合は200海里までの海底面及びその下を大陸棚という。大陸縁辺部外縁線の決め方は、図に示すように大陸斜面脚部から60海里まで、あるいは堆積岩厚の脚部からの距離に対する比率1%まで。

せ、海洋法条約にいう大陸棚の空間的広がりを把握し、かつ陸塊からの連続性を証明して、200海里を超えて天然資源の開発などに係わる主権的権利を有する海域を画定するための情報として、政府が国連に申請することになります。その申請期限は2009年5月。産総研では、海域調査とともに、国連に提出する大陸棚画定情報のとりまとめにも力を注いでいます。

一方で、海底表層の状況や最近の堆積状況を知るために、たくさんの堆積物の採取が行われます。堆積物の採取は、調査船からくり出されるワイヤーの先端につけられた様々な道具で行います。表層堆積物の採取では、海底をつかみ取ってくる「グラブ採泥器」が使われますが、産総研ではこれに、海底カメラ・採水器・水温計・濁度計などを取りつけて、採

泥と同時に堆積作用に関わるいろいろなデータを得る工夫をしています。

海底堆積物には、過去に起こった海洋環境の変化や地震による斜面崩壊などの状況が記録されていることがあります。数m～10m程度のパイプを海底に突き刺して、堆積物を柱状に採取し、それを細かく分析します。このようにして得られた堆積物の粒度や組成・年代と、海底表

層部の音波探査記録を考慮して作成される、堆積物の分布を表した地図が表層堆積図です。

### 海洋地質図の地質情報

産総研では（工業技術院の時代から）、過去25年以上にわたって日本周辺海域の海洋地質図作成のための調査を行ってきました。その結果作成された海洋地質図（1/100万：8枚、1/20万：48枚）は、海域の国土基本情報となるほか、活断層の評価や地殻変動の解析、海底資源開発や海底利用、海域の物質循環や環境研究の基礎データとしても使われます。

また、調査データのうち、音波探査断面や堆積物試料の概要などの一部は、産総研研究情報公開データベース（RIO-DB）で公開されています（<http://www.aist.go.jp/RIODB/db085/>）。

今後さらに成果の普及に努め、海底調査によって得られた貴重な地質情報が様々な分野で活用されることを期待しています。

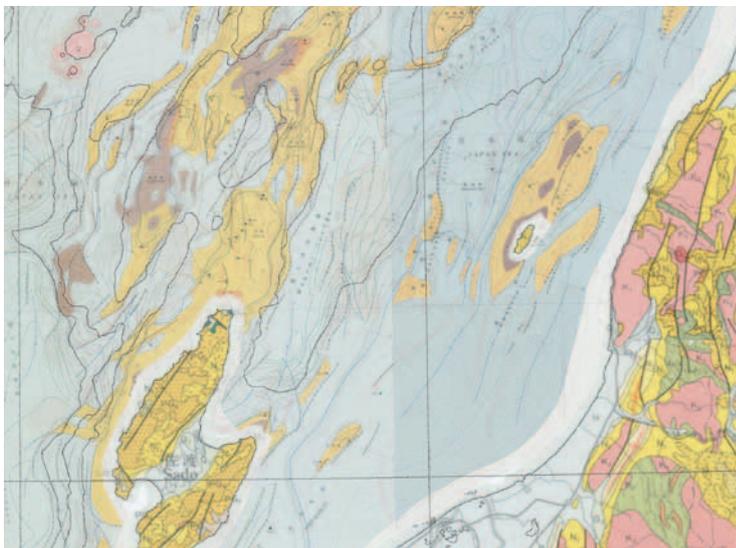


図2 海底地質図の例（佐渡周辺日本海）  
佐渡海嶺に沿って、褶曲した古い地層の露出や活断層が認められる。

# 海と地震

活断層研究センター 海溝型地震履歴研究チーム長  
岡村 行信

## 海底で起きる地震の研究

2004年末に発生したスマトラ沖地震による津波の破壊力には世界中の人々が大きな衝撃を受けました。この地震は海溝型地震と呼ばれる地震の一つで、インド洋プレートがアングマン・ニコバルースマトラ島弧の下に沈み込むことによって発生したものです。

同じような沈み込み帯は日本列島の太平洋側にも連続して分布し、海溝型地震も数十年から数百年間隔で発生してきました。今までの歴史資料や地質学的証拠から、西南日本太平洋側では100～200年間隔で、相模トラフでは300～500年間隔で、東北日本と北海道の太平洋側では数十年～100年間隔で海溝型地震が発生してきたことが明らかになっています。ただし、通常の間隔はマグニチュード8クラスで、巨大な津波を起こした2004年スマトラ沖地震のようなマグニチュード9を超える大地震が発生するのはきわめてまれです。

海溝型地震に限らず、海域で発生する地震は津波をとまいます。日本周辺では、日本海東縁で大きな地震と津波がときどき発生してきたことが知られていま

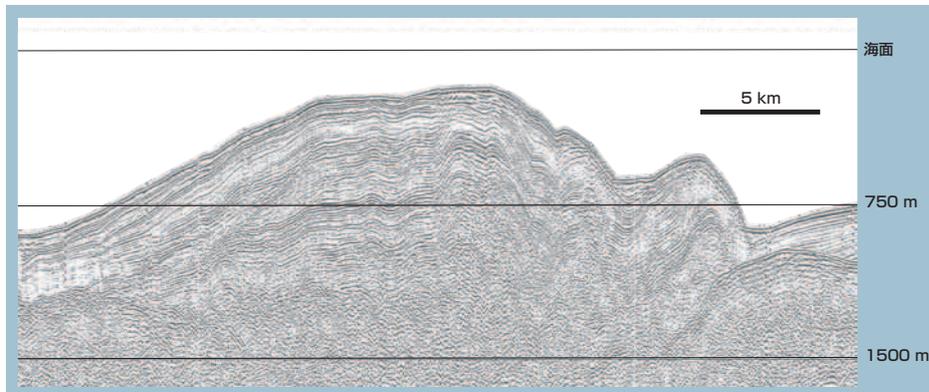


図1 日本海東縁の佐渡海嶺で得られた反射断面の例

す。奥尻島に大きな被害を与えた1993年北海道南西沖地震、1983年日本海中部地震、1964年新潟地震などがその例です。しかし、日本海の地震は発生間隔が長く(1000年以上)、歴史資料が少ないことから、その発生履歴が十分に解明されていません。

## 海洋調査で知る海底地震断層

産総研では、日本海東縁の地質構造や海底の堆積物に残された過去の地震の記録を調べることによって、地震の性格や履歴を明らかにする試みを続けてきました。海底の地質構造は、前ページで紹介されたように音波探査(地震探査)によって調べることができます。これは水中や

地層中では低周波の音波や地震波がよく伝わることを利用した調査手法で、海底地形調査から海底下の地質構造の調査まで、同じ原理で広く用いられています。音波探査によって反射断面と呼ばれる海底の地質断面図(図1)が得られます。その断面から断層や褶曲などの地質構造を観察することができ、その分布や活動年代を知ることができます。

## 日本海の断層調査

日本海東縁に分布するのは逆断層(圧縮方向の力によってズレを生じた地下構造)で、その上盤に非対称な背斜構造(圧縮方向の力によって凸型に湾曲した地下構造)が形成されるのが特徴です。背斜構造の形態から地下の断層の広がりや形態を推定することも可能です。

この方法を用いた日本海東縁全体の調査によって、図2に示したような断層と褶曲の分布を明らかにしました。日本海東縁はプレートの沈み込み境界であるという仮説が1983年に発表され、その直後に日本海中部地震が発生したことから、プレート境界説が広く受け入れられましたが、詳しい地質調査を行うことによって、単純な沈み込み境界でないことが明らかになってきました。図2から、日本海東縁の海底から陸上の広い範囲に断層と褶曲が広がっていることと、その中に

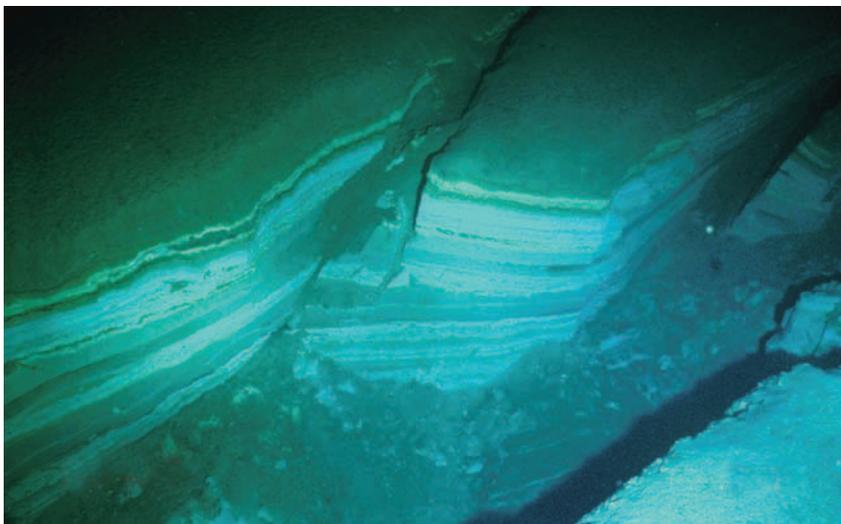


写真 潜水船から観察された、北海道南西沖地震で形成された海底の割れ目  
画像提供: 海洋研究開発機構

も断層と褶曲が集中するゾーンがあることが読み取れます。これらの断層は最近300万年間に活動してきたもので、今後も活動する可能性が高いと考えられています。ただ、この方法でそれぞれの地震の発生間隔を明らかにできるわけではありません。この図に示したすべての断層が地震を発生させるとはいえませんが、大きな被害を与える地震は、規模の大きな断層に沿って発生する可能性が高いのは確かです。産総研では、主要な断層について、履歴の解明に向けた研究を始めています。

下のコラムに紹介されているように、乱泥流堆積物から地震の記録を読み取るとは古くから試みられてきましたが、最近では潜水船を用いて地震による海底の破壊を観察し(写真)、そこから地震の履歴を明らかにする研究も進められています。このような一連の研究を通じて、日

本海東縁の主要な断層は1000年～2000年間隔で地震を発生させてきたことが明らかになってきましたが、地震の発生年代の推定に関してはまだかなりの誤差が含まれています。

### 海底活断層の履歴解明への挑戦

海底の活断層の正確な履歴を明らかにするには、地震時に海底で何が起こり、それがどのように地質学的に記録されるのかをまず明らかにし、さらに、どうすれば海底に残された地震の記録の年代を精度よく決められるのかを考えていくことが必要です。

こうした研究は、この10年間でようやく重要性が理解され、かなり進歩してきました。とはいえ、まだ完全な履歴解明が可能になったわけではありません。技術の開発と調査を今後も着実に進めていく必要があります。

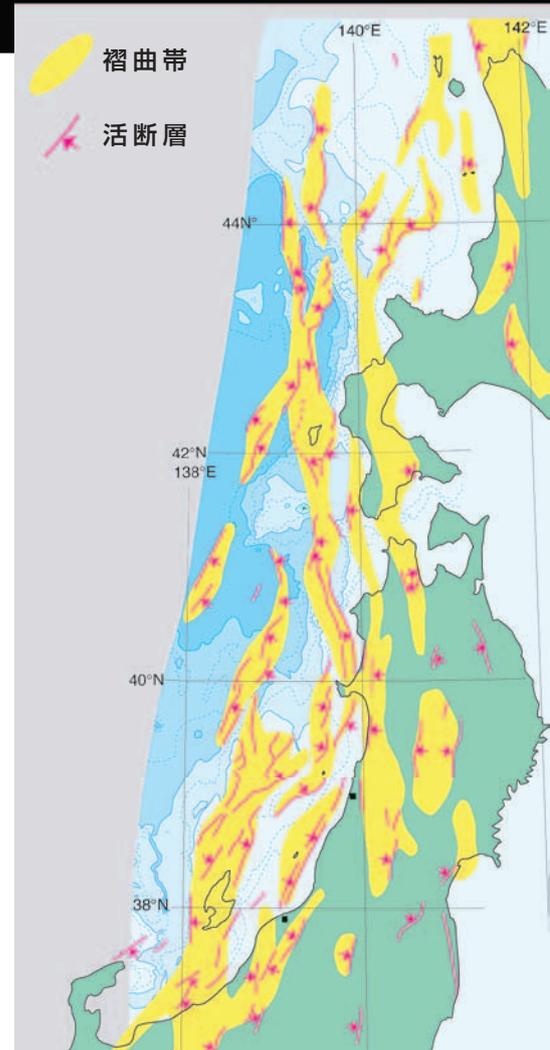


図2 日本海東縁の断層・褶曲の分布

## 海底の地滑り地層から探る地震履歴

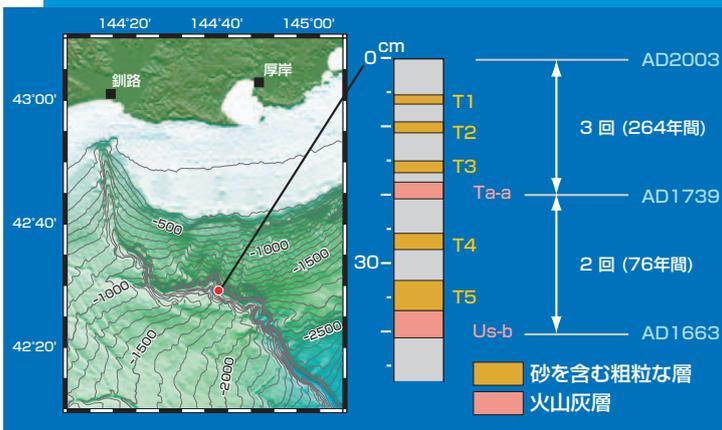
地質情報研究部門 島弧複合地質研究グループ  
野田 篤

揺れの強い地震によって、海底でも地滑りが起こることがあります。海底で発生した地滑りによって、沿岸よりの海底に堆積していた、粗粒な砂の層が斜面を流れ下ります。沖よりの海底では、普段は軽く細かい泥が堆積していますが、そこに地滑りで運ばれた粗粒な砂が層として堆積することになります。このように地滑りなどで運ばれてきた堆積物を乱泥流堆積物といいます。水深1000 mを越える深海では、地滑りなどの特殊な出来事がなければ、粗粒な層が

堆積することはありません。細かい泥の層に挟まれた粗粒な層の堆積頻度を調べることで、過去の地滑りの発生頻度、つまり過去の地震の履歴を推測することができるのです。

図は北海道東部太平洋側の釧路沖に発達する釧路海底谷の谷底から採取した試料から得たデータです。水深2000 m付近から採取した試料には、海底面下40 cmまでの間に、5層の粗粒な地層と2枚の火山灰層を含んでいます。この火山灰は、化学組成の分析から、樽前山起源(Ta-a, AD1739)と有珠山起源(Us-b, AD1663)であると分かりました。火山灰の年代から、この地域では過去340年間に5回の地滑りがあり、およそ70年に一度の頻度で大きな地震が発生していることが推定できます。

このような手法を用いることによって、歴史時代に記録されなかった地震や先史時代の地震の履歴を知り、長期的な地震予知に必要な情報を得ることができます。



# 海底のエネルギー資源

地圏資源環境研究部門 燃料資源地質研究グループ  
森田 澄人

## 海底の燃料資源“燃える氷”

日本は四方を海に囲まれています。私たちは海底からも、石油・石炭および天然ガスといった化石燃料資源を採取し利用しています。しかし、そこから得られるエネルギー資源はわずかで、現在国内で必要とされるエネルギー資源のほとんどは海外からの輸入に頼っています。ところが、近年、わが国周辺の海底下に眠る新しいエネルギー資源が脚光を浴びています。そのエネルギー資源はメタンハイドレートといい、水とメタンが低温高圧下で結合した氷のような物質で、可燃性のメタンを含んでいるためその性質から燃える氷とも呼ばれています。

## メタンハイドレートの特徴

メタンハイドレートは、従来型のエネルギー資源と異なった3つの長所を備えています。

- 主成分であるメタンはCO<sub>2</sub>排出量が少ない

メタンはCO<sub>2</sub>排出量が石油に比べて30%、石炭に比べると45%程少ないという特性から、温室効果ガス排出の少ない地球に優しいエネルギー資源として、その重要性が認められています。

- 日本周辺海域に広く埋蔵されている

私たちは日本周辺に眠っているメタンハイドレートの資源量を、わが国の天然ガス年間使用量の100倍程度と推定しています。エネルギー資源に乏しいとされてきた日本の将来にとってかなり有望な、新しいタイプの燃料資源と言えるでしょう。

- 単位体積中に膨大な量のメタンを蓄えている

メタンハイドレートは水素結合によって構成された水分子(H<sub>2</sub>O)のケージ(籠)の中にメタン分子(CH<sub>4</sub>)が取り込まれた結晶構造を

しています(図1)。分解すると単位体積あたり約170倍の体積のメタンガスが取り出されます。

このように、メタンハイドレートは石油や石炭に代わる大きな利用価値を持っており、未来のエネルギー資源として大きな期待を集めています。

## メタンハイドレートの分布調査

海底下のメタンハイドレートの分布を調査するには、メタンハイドレートの物性が利用できます。現在主に実施されている調査法は、反射法地震探査です。調査船が持つ人工震源(“エアガン”と呼ばれ、圧縮空気を一気に放出する装置)から海底に向けて強力な音“弾性波”を発生し、地層中から返ってきた反射波を処理して海底下の地質構造断面図を作成します。

ここで得られた断面図には、メタンハイドレートを含む地層とその下位の地層あるいは直下のガスを含んだ地層との間に、音響インピーダンス(密度×伝播速度)のコントラストが生じ、地層と整合性を持たない反射面が得られます。ほぼ等圧面に相当するこの反射面は一般に海

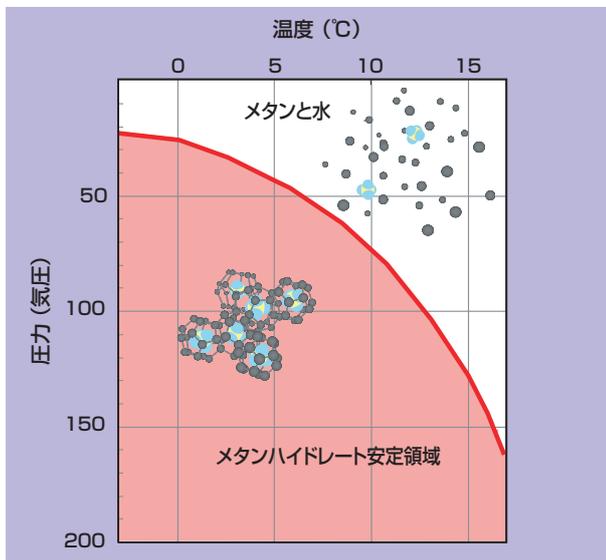


図1 メタンハイドレートが安定とされる温度圧力条件

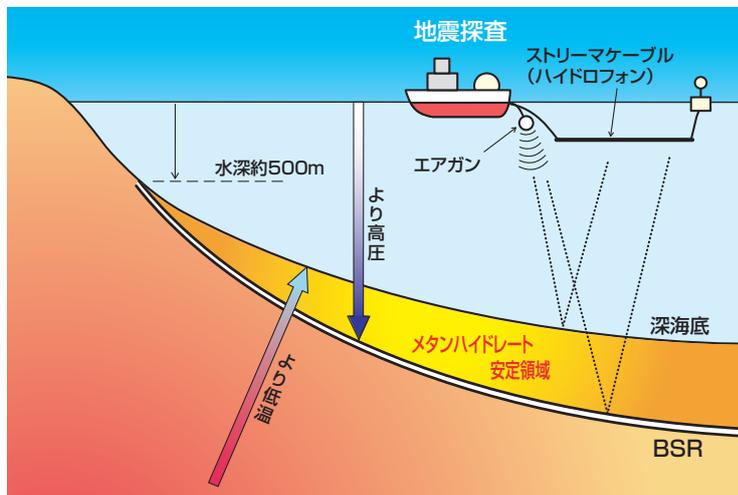


図2 反射法地震探査の概念図

深海の海底下は低温高圧のためメタンハイドレートが安定に存在できる。メタンハイドレート安定領域の下限はしばしばBSR(海底擬似反射面)として認定できる。

底面に平行に出現するため、BSR (Bottom Simulating Reflector: 海底擬似反射面) と呼ばれます(図2)。

BSRは、メタンハイドレートが胚胎する分布域とその下限を知る手がかりとして利用できるのです。

### 新しい調査方法

現在注目され、検証が続けられているのが地化学的調査手法です。これは、海底下の比較的浅いところで進行している主に微生物活動による間隙水の化学変化を利用する方法です。

まず、柱状堆積物中の間隙水組成の深度変化をトレースして、比較的直線的な減少を示すことが知られている硫酸塩濃度勾配からSMI (Sulfate-Methane Interface: 硫酸塩-メタン境界)を求めます。

さらに、その深度を起点として下位へ上昇するメタン濃度の変化を推定することで、地震探査では検出できないメタンハイドレート層の上面や飽和率が理論的

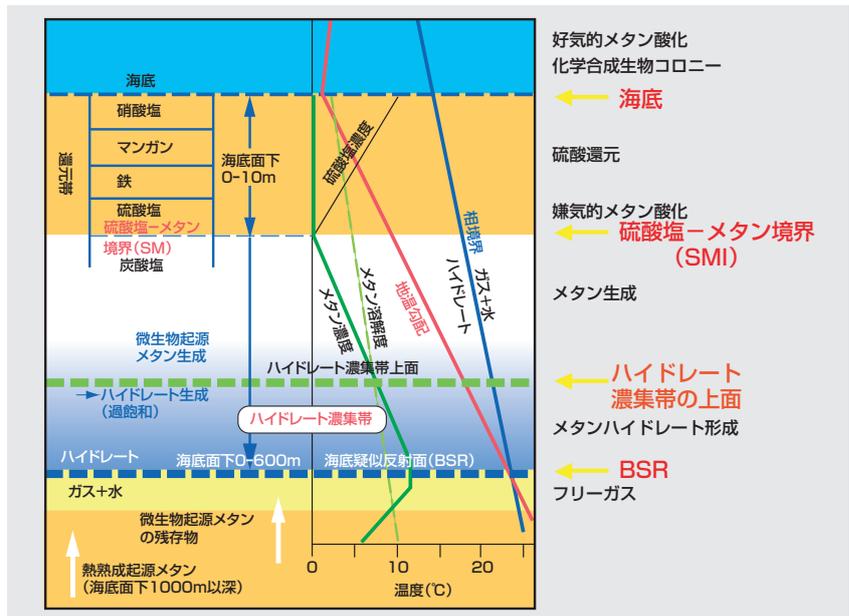


図3 海底下浅層部の概念図

地化学調査は、図の概念を用いて表層付近の堆積物コアからSMI (硫酸塩-メタン境界)を求め、メタンハイドレートの上面および飽和率の推定を行う。

に求められます(図3)。

この手法は、10m前後、またはそれに満たないような短いピストンコアでも原理的に適用可能なため、今後データの蓄積により威力を発揮することが期待されています。

### 実用化に向けた取り組み

今回紹介した調査方法を含め、現在、産総研を中核研究機関とする国のメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(通称MH21)では、メタンハイドレートの分布に関する調査と、将来的な生産を目指した技術開発の研究を進めています。

## メタンハイドレート実用化への研究開発

メタンハイドレート研究ラボ長  
成田 英夫

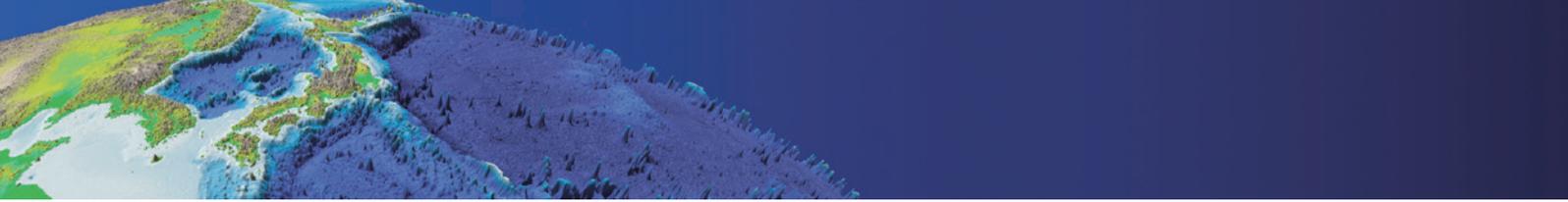
日本周辺の海底下堆積層中に賦存するメタンハイドレートを、分解し天然ガスとして生産するための技術整備を行うプロジェクトが、2002年から本格的に動いています。プロジェクトを推進するためにMH21研究コンソーシアムが生まれ、産総研では、2005年春に新設されたメタンハイドレート研究ラボが、貯留層特性に応じた生産手法の開発を手がけています。

メタンハイドレート堆積層の貯留層特性は、生産にもなって刻々と変化するものです。海底下堆積層の原位置条件における計測・解析技術を確立することによって、メタンハイドレート堆積層の基礎物性と分解挙動を解明すると共に、分解現象をモデル化し、生産シミュレータを開発す



基礎試錐「東海沖～熊野灘」天然コア保管容器と作業風景

ることが必須です。2004年に終了した基礎試錐の検層解析、コア試験解析が現在進行中ですが、ここまでの結果からも、日本周辺海域のメタンハイドレート堆積層は、生産性になり期待できる特性を持っていることが明らかになってきました。今後、陸上産出試験や海洋産出試験によって、その技術を検証していく予定です。



# 海底の鉱物資源

地質情報研究部門 海底系地球科学研究グループ長  
飯笹 幸吉

## 海底鉱物資源の分布と特徴

日本列島は、太平洋や日本海という広大な海洋に接し、海から多くの恵みを受けています。海洋鉱物資源は特定の海域のみ集中的に調査され、未調査の多くの海域が残ってはいますが、これまでの調査から様々な鉱物資源の存在が報告されています。

一般的に海の鉱物資源といえば、現在商業的に採掘されているもの（例を挙げればモナザイトや錫などの漂砂鉱床、石油や天然ガスなど）を指すことが多いのですが、ここでは、今はまだあまり知られていない将来的な資源について紹介します。

現在商業的に生産されている海洋鉱物資源の多くは、主として浅海に分布し

ているものです。しかし、これから紹介する「潜在的な海底鉱物資源」は、水深1000mを越える海底に分布しています。さまざまな金属元素を多量に含んでいる独特の鉱物資源として存在しています。それらは、多金属団塊ともよばれる「マンガン団塊」、板状の「マンガンクラスト」、そして塊状の「熱水硫化物」とよばれるものです。日本の南方海域の調査で確認された、これら海底鉱物資源の分布を図1に示しました。

## マンガン団塊

マンガン団塊はマンガン酸化物を多く含んだ直径1cm～10cm程度の球場の固まりです（写真1）。130年以上前に英国の海洋調査船によって初めて発見されました。発見当時、海底の鉱物資源という

視点では見られていませんでしたが、40年ほど前から資源として脚光を浴びはじめ、世界中の海でさかんに調査が行われました。その結果、ハワイの南東方の4000～6000mの深海底に、銅・ニッケルなどを多く含むマンガン団塊が分布することがわかり、多くの国が商業的な生産を見こんで鉱区を保有しました。ある試算によると、全海洋におけるマンガン団塊の資源量として、5000億トンという膨大な量が算出されています。

## マンガンクラスト

海山の堆積物があまり沈澱しない海域には、前述のマンガン団塊と同じマンガン酸化物で、岩盤に付着して数mm～10cm程度の板状をしたマンガンクラストが分布しています（写真2）。マンガン

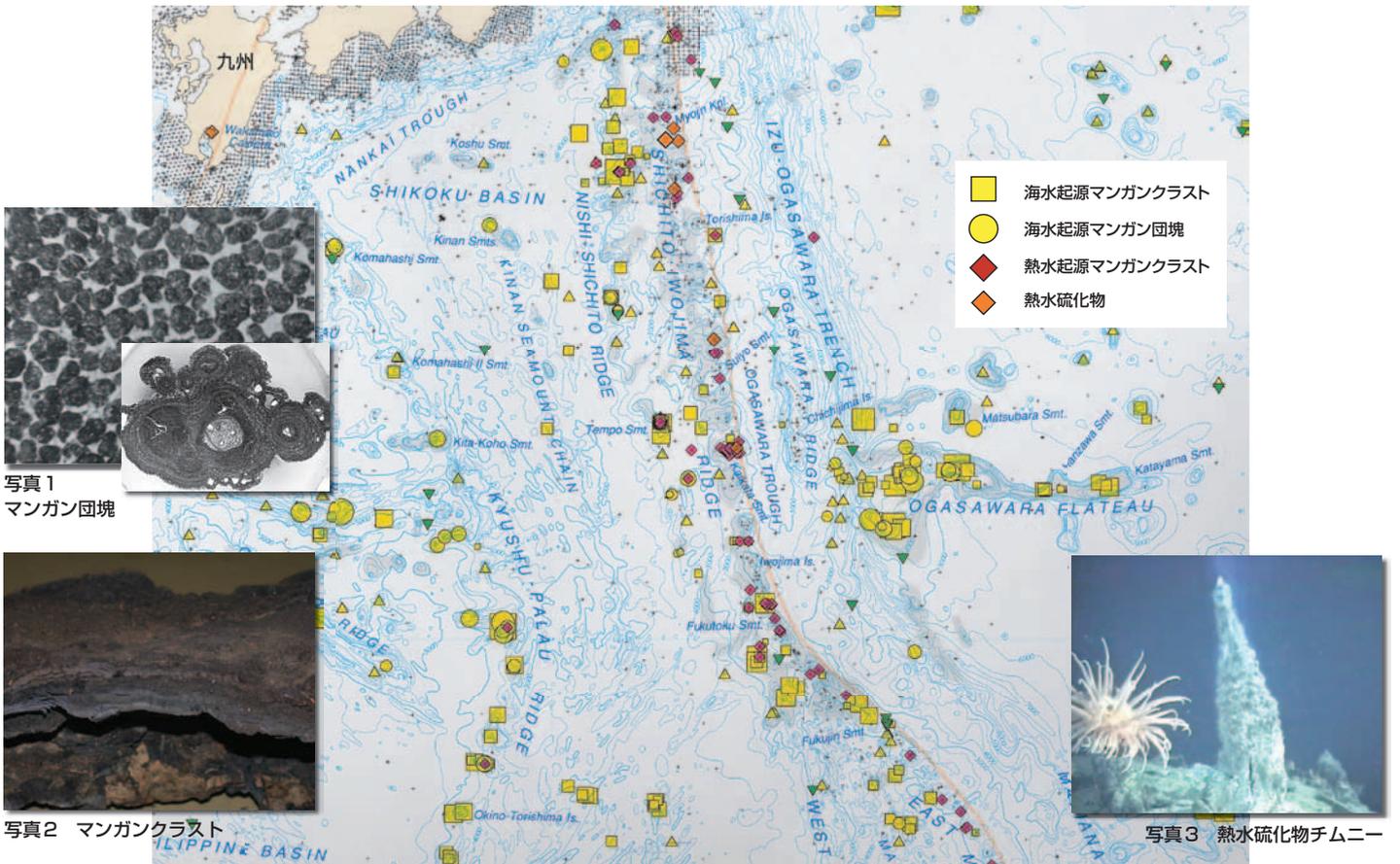


図1 東京南方海域における潜在的な鉱物資源の分布図（臼井、飯笹、棚橋：1994 日本周辺海域鉱物資源分布図の一部を引用・加筆）

## 実用化を見すえた大規模採取の夢

地質情報研究部門 海底系地球科学研究グループ  
山崎 哲生

1981年から開始された経済産業省(当時は通商産業省)の大型プロジェクト「マンガン団塊採鉱システムの研究開発」で、海底でマンガン団塊を採取する集鉱機として採用されたのは、曳航索と輸送管の機能を兼ねるパイプストリングで引張る曳航式でした。これは当時の技術水準を反映したもので、プロジェクトの最終年度(1997年)には実際の海洋で曳航式集鉱機を使用した集鉱実験が実施されました(写真)。

しかし、この四半世紀の間の技術開発はめざましく、次にあげたような大きな技術の進展がみられました。

1. 洋上測位技術(GPS等)
2. 船位保持・制御技術(ダイナミックポジショニング)
3. 海中測位技術(SSBL等)
4. 海中弾性波技術(サイドスキャンソナー、超音波センシング等)
5. 海中ケーブル技術(アンビリカルケーブル等)
6. 海中ロボット技術(ROV、AUV等)など



写真 大型プロジェクト「マンガン団塊採鉱システムの研究開発」の海洋実験用集鉱機  
長さ：13.2m、幅：4.6m、高さ：5m、空中重量：26.8t、水中重量：12.4t

これらの技術によって、現在では自力で走行してマンガン団塊を採取する自走式集鉱機の実現が可能な基盤が整ったといえるでしょう。自走式のシステムは深海底鉱物資源一般にも応用可能なものであり、分布や産状の変化が大きいコバルトリッチ・クラストや黒鉱型熱水鉱床などでは威力を発揮するシステムと期待されます。海底資源開発の実用化推進のため、自走式集鉱機を前提とした探鉱システムの見直しが必要と思われます。

クラストには特にコバルトが多く含まれていて、コバルトリッチ・クラストと呼ばれることもあります。マンガンクラストは、現在、日本を含む各国の海洋調査機関が、海底に鉱区を申請するための調査を実施しています。

### 熱水鉱床

先に紹介した二つの海底鉱物資源は、比較的静穏な深海底や海山などに分布していますが、活動的な海域(たとえば海洋プレートがつくられ、そこから海底が広がっていると考えられる中央海嶺や、プレートが沈み込む日本周辺の海域など)では、海底の熱水活動によって、さまざまな鉱物資源が生み出されています。島弧には背弧海盆や海底カルデラとよばれるマグマや熱水活動の活発な海底地形が発達し、そこには、金・銀をとともう、銅・亜鉛・鉄・鉛などの塊状硫化物・チムニーなどで構成された熱水鉱床が存在してい

ます(写真3)。このような熱水鉱床は、太古にも中央海嶺や背弧の拡大軸やその周辺に形成され、世界各地の古い時代の地層中に熱水硫化物鉱床として発見され、商業的に採掘されています。

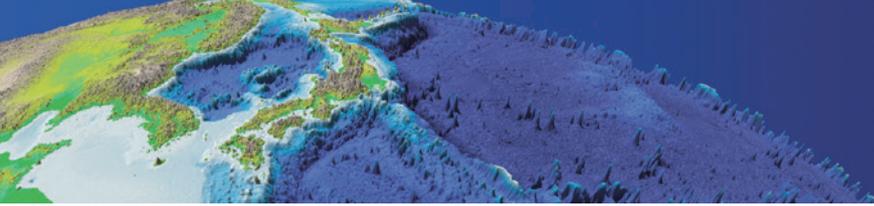
### 商業生産の可能性

現在の海底の金属鉱床は、地質時代に形成された金属鉱床に類似していることを含め、海底鉱物資源の商業的な採掘の実現にはさまざまな要素が影響を与えます。対象とする金属鉱床の潜在的な資源量が陸上の資源と競争できるほど大きいこと、分布が地理的にも陸からそう遠くないこと、効率のよい採掘技術が開発されていること、環境保全技術が確立されていることなどに加えて、社会経済の影響、たとえば市場における金属の価格動向などが影響します。金・銀・銅・鉛・亜鉛などを含んでいる熱水硫化物や、コ

バルトを多く含んでいるマンガンクラストなどは排他的経済水域内の比較的浅い海域に分布することもあり、開発に有利な要素を含んでいると言えます。

日本はハワイ南東沖にマンガン団塊の鉱区を保有しており、海山のマンガンクラストもその準備段階に入っています。日本周辺の熱水硫化物鉱床の中にも鉱区の申請がすでに行われているものがあります。

これまでの調査でも、資源の賦存の可能性のある海域を重点的に調査してきたにもかかわらず、その発見には多大な時間を要しました。海底鉱物資源の商業生産の実現を推進するためには、これまでの知見をもとに、さらに効果的な海底調査の手段を開発し、短期間に有望な海域を把握することがますます肝要となってくるでしょう。



# 沿岸環境の保全と修復

地質情報研究部門 沿岸海洋研究グループ長 瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体長  
星加 章

## 沿岸環境修復の重要性の認識

人類は、地球上のさまざまな生態系が生み出す恵みを享受しながら営みを続けています。生態系の恩恵をお金に換算した試算が発表されたことがあります。この地球上では沿岸域の河口・干潟・藻場などで生み出される価値が最も高く、年間およそ2万ドル/ヘクタールと評価されています。ちなみに、瀬戸内海を例にとってみると、河口・干潟・藻場などを含み、水深が10 mより浅い海域面積は2,600平方キロメートルですから、そこからの恵みは年間5,700億円にもなるのです。これはあくまでも計算結果にすぎませんが、私たちが沿岸生態系からとつてもなく大きな恵みを受けていることは確かです。

1960年代に公害問題が顕在化して以来、沿岸域では多くの生物が生息の場を失い、その種類が著しく減少しています(図)。生態系の機能低下と相まって、私達人間は経済活動の恵みだけでは補うことがで

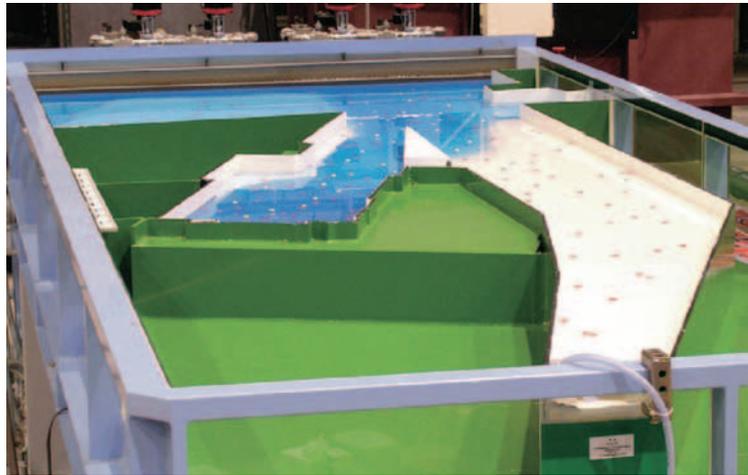


写真 大阪湾北泊港の密度成層を破壊する水槽実験  
手前の北泊港内には海水を示す青い水が入っている。海水の上に、右手前から流入する大和川の河水(透明)がかぶさって、密度成層を形成しているのがわかる。  
画像提供：山崎宗広(沿岸海洋研究グループ)

きないほどの大きな損失に気づきはじまりました。今、沿岸域の環境を修復し生態系の機能を回復させることによって、持続的利用が可能な活動空間を再生することが強く求められています。

このような動きの中で、瀬戸内海環境保全審議会から、1999年1月「瀬戸内海

における新たな環境保全・創造施策のありかたについて」が答申され、2002年12月には「自然再生推進法」が公布されました。環境修復・再生の動きは、これまでの規制型環境保全・管理の施策につづく必然の流れとして受け入れられるようになってきています。

## 生物の力を借りた沿岸環境の修復

地質情報研究部門 沿岸海洋研究グループ 瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体  
谷本 照巳

藻場は多様な生物相を形成し、沿岸生態系を支える場、水質浄化機能を持つ場として重要です。しかし、埋め立てや水質汚濁等により、特に浅海域の広大なアマモ場が消失してしまいました。近年「自然再生推進法」が制定されるなど、失われた自然環境を積極的に再生しようとする動きがあります。ところが、瀬戸内海では、アマモ場造成にも必要な海砂の採取が禁止されようとしています。そこで、海砂の代わりに製鉄所から出される高炉スラグを利用して人工アマモ場を造成する試みが開始されたのです。

私たちが2003年12月に広島県安浦町の三津口湾で始めた、高炉スラグなどを用いた人工アマモ場造成実験では、半年後の2004年6月の段階で、移植したアマモが7倍にも増えた



写真 7倍まで増えたアマモ(左)と試験区に産卵されたアオリイカの卵(右)

試験区があり、この試験区では、アオリイカの産卵もみられました(写真)。さらに、実験開始から1年後では、天然アマモ場と変わらない種類と数の底生生物が生息していることもわかりました。

生物が棲みやすい場を提供し、そこに棲む生物活動によって沿岸環境の修復が期待されるアマモ場を、さらに簡易な方法で作り出す技術の開発が望まれています。

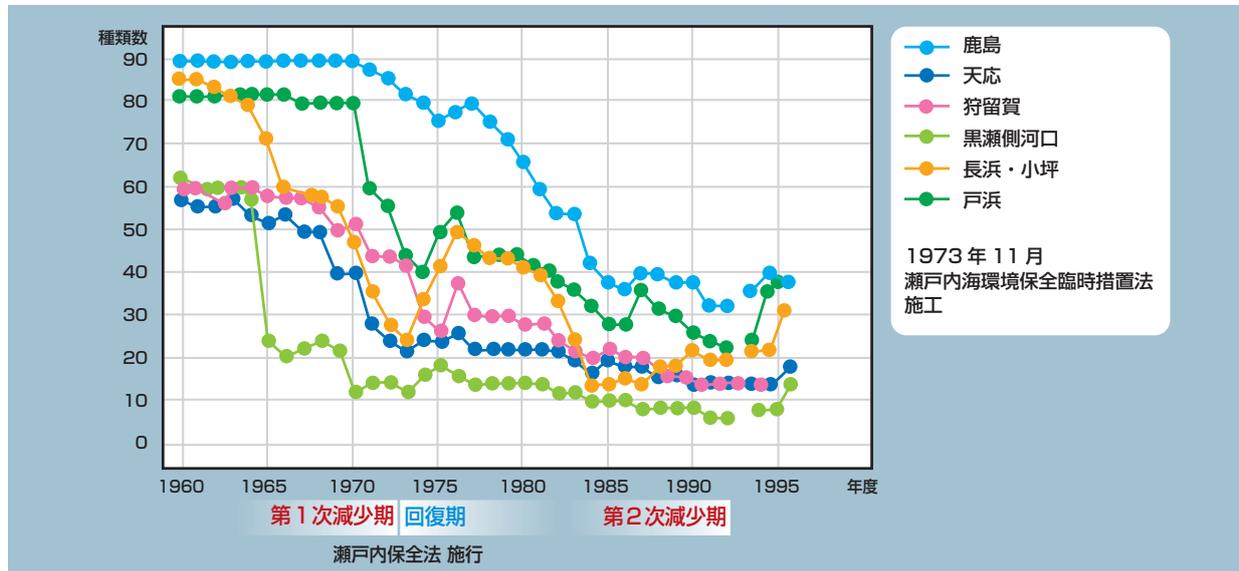


図 広島県呉市周辺における海岸生物の種類数の変化 (湯浅一郎、2002)  
長期間にわたる数少ない貴重なデータ。

### 病気治療にも似た環境修復

環境問題はよく人の病気に例えられます。環境修復はさしずめ病気の治療ということになるでしょう。治療のためには病状を診断し、原因を突き止めなければなりません。また、治療後の経過を診断し、再発を予防することも必要です。

沿岸域の環境の悪化は、多くの場合物質循環システムがうまく機能しなくなるために起こります。ですから環境の修復・再生とは物質循環システムを再生することであり、そのためにはまず、物質循環を明らかにし、環境が悪化した原因を突き止める必要があります。ただ、物質循環の仕組みは大変複雑ですから、その解明には多くの時間や労力を要し、それでも十分な解明ができるとは限りません。

このような事情があるにしても、現実的な対応として環境の修復・再生を急がなければならないケースはたくさんあ

り、手をこまねいているだけでは解決にはなりません。そのような場合には、適合する技術の開発はもちろん必要ですが、すでに検討された技術の中から目的や対象に応じた技術を選び組み合わせて適用する方法もあります。これは応急処置といえるかもしれません。

### 環境修復の技術と課題

海域環境修復技術として提案あるいは実施されてきたものは200以上あるといわれています。生物の機能を強化して水質改善や生物の回復を目指す技術として、人工干潟・砂浜・アマモ場造成・浅場造成などが代表的です。工学的手法として水質改善のための透過構造や流況制御(写真1)などがあり、さらに底質改善のための浚渫・覆砂などがあげられます。また、底生生物や微生物を利用する技術も、まだ研究段階ながら有望視されています。

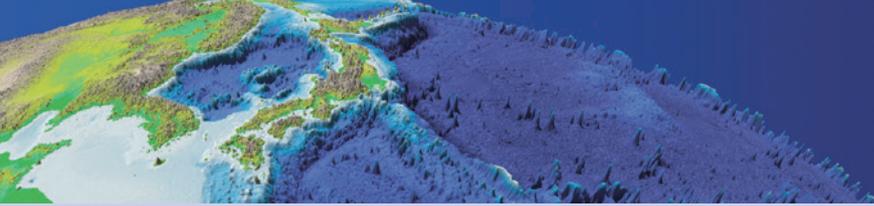
さらに最近では「東京湾再生のための行動計画」、英虞湾の「環境創生プロジェクト」、尼崎港の「最適環境修復技術のパッケージ化プロジェクト」など、本格的な沿岸環境修復・再生事業を目指したプロジェクトが産学官の連携で展開されています。

しかし環境修復の分野はまだ未知の部分が多く、是非の評価も定まるとはいえません。環境修復のための合意形成は？ 事業の主体は？ 規模や手順や必要な技術は？ 効果の持続性と安定性は？ 他の生態系への攪乱は？・・・検討すべき課題は山積みです。

エネルギー消費をおさえ、自然や生態系の力を最大限に利用して生態系と共存しながら持続的利用を目指す、エコテクノロジーの開発は不可欠であり、そのために海洋科学の貢献が必要とされています。

#### 関連情報:

- 湯浅一郎：瀬戸内海的环境変遷 - その今昔の姿 -, 人間と環境, Vol.28, pp.21-27(2002)
- 栗原 康：「河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー」, 335pp. 東海大学出版会,(1988)
- R. Costanza et al. : The value of the world's ecosystem services and natural capital, Nature, vol.387, pp.253-2510 (1997)
- 上月康則, 中西 敬, 重松孝晶, 大塚耕二: 環境修復技術の選定手法の確立に向けて, Ecosystem Engineering, 第6号, pp.53-89 (2001)



## 産総研の海洋地質図

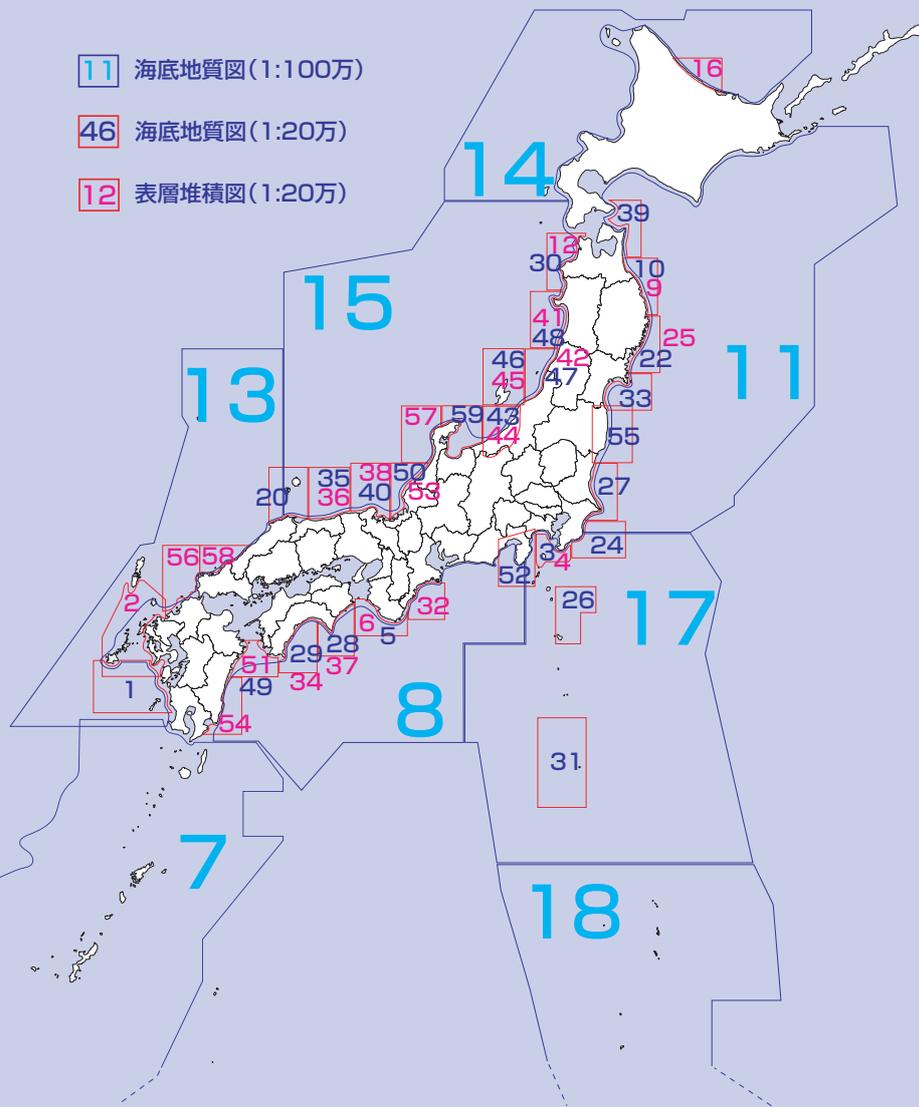
### ● 1:200,000 海底地質図・表層堆積図

- No. 1 甕島周辺海域海底地質図
- No. 2 対馬-五島海域表層堆積図
- No. 3 相模灘及付近海底地質図
- No. 4 相模灘及付近表層堆積図
- No. 5 紀伊水道南方海底地質図
- No. 6 紀伊水道南方表層堆積図
- No. 9 八戸沖表層堆積図
- No.10 八戸沖海底地質図
- No.12 西津軽海盆表層堆積図
- No.30 西津軽海盆海底地質図
- No.16 紋別沖表層堆積図
- No.20 隠岐海峡海底地質図
- No.22 釜石沖海底地質図
- No.25 釜石沖表層堆積図
- No.24 房総半島東方海底地質図
- No.26 八丈島北東方海底地質図
- No.27 鹿島灘海底地質図
- No.28 室戸岬沖海底地質図
- No.37 室戸岬沖表層堆積図
- No.29 土佐湾海底地質図
- No.34 土佐湾表層堆積図
- No.31 スミスリフト及び鳥島リフト海底地質図
- No.32 熊野灘表層堆積図
- No.33 金華山沖海底地質図
- No.35 鳥取沖海底地質図
- No.36 鳥取沖表層堆積図
- No.38 経ヶ岬沖表層堆積図
- No.40 経ヶ岬沖海底地質図
- No.39 下北半島沖海底地質図
- No.41 秋田西方表層堆積図
- No.48 秋田西方海底地質図
- No.42 粟島周辺表層堆積図
- No.47 粟島周辺海底地質図
- No.43 佐渡島南方海底地質図
- No.44 佐渡島南方表層堆積図
- No.45 佐渡島北方表層堆積図
- No.46 佐渡島北方海底地質図
- No.49 豊後水道南方海底地質図
- No.51 豊後水道南方表層堆積図
- No.50 ゲンタツ瀬海底地質図
- No.53 ゲンタツ瀬表層堆積図
- No.52 駿河湾海底地質図
- No.54 日向灘表層堆積図
- No.55 塩屋崎沖海底地質図
- No.56 響灘表層堆積図
- No.57 能登半島西方表層堆積図

11 海底地質図(1:100万)

46 海底地質図(1:20万)

12 表層堆積図(1:20万)



### ● CD-ROM 海底地質図・表層堆積図

(No.58以降の海洋地質図は CD-ROM 出版となります)

No.58 見島沖表層堆積図(CD)

No.59 能登半島東方海底地質図(CD)

### ● 広域図

- No. 7 琉球島弧周辺広域海底地質図(1:1,000,000)
- No. 8 西南日本外帯沖広域海底地質図(1:1,000,000)
- No.11 日本海溝,千島海溝南部およびその周辺広域海底地質図(1:1,000,000)
- No.13 日本海南部および対馬海峡周辺広域海底地質図(1:1,000,000)
- No.14 北海道周辺日本海およびオホーツク海域広域海底地質図(1:1,000,000)
- No.15 日本海中部海域広域海底地質図(1:1,000,000)
- No.17 小笠原島弧北部広域海底地質図(1:1,000,000)
- No.18 小笠原島弧南部及びマリアナ島弧北部広域海底地質図(1:1,000,000)
- No.19 中部太平洋フリー・エア重力異常図(1:2,000,000)
- No.21 中部太平洋マンガン団塊分布図(1:2,000,000)
- No.23 日本周辺海底地質図(1:3,000,000)

## 地球を良く知り、地球と共生する

地質の情報に対する社会的要請は、古くは鉱物資源や石炭・石油の探査に始まり、オイルショックの後、天然ガス、地熱などの石油代替エネルギーの探査、そして地震・火山被害の軽減、さらに近年では安全な水資源の確保、地球温暖化の防止へと変遷してきました。

このように社会的要請が変遷してきた理由は、人類の活動が拡大するに伴い、従来型の地球を使うのみの無秩序な開発・利用では限界があることに気づいたことから始まり、現在では、地球の有限性に配慮し、グローバルな視点から地球とうまく付き合っていかなければならなくなったことによります。つまり、従来、我々は自然に対して、資源の開発・利用と環境への負荷を与える一方でしたが、地球の許容度には限りがある中で、いかに社会の発展を持続させるかが大きな課題となってきました。

持続可能な社会を構築するためには、人間活動や自然現象が地球に与える影響を正確に評価し、その将来を予測することが重要です。そのためには現在の地球の状態を良く知ることはもちろんですが、現在から過去にさかのぼり、地球というシステムがたどってきた道筋をつかむことが必要です。そうすることによって初めて、これからたどっていく地球の将来を正確に予測することが可能になります。世界規模の問題と身近な地域の問題が相互に密接な関係を持っていることを認識して、地球を良く知り、地球とうまく付き合うことが必要なのです。

したがって、持続的発展可能な社会の実現のため、地質調査総合センターでは「地球を良く知り、地球とうまく付き合う」ことをスローガンに掲げ、より精度の高い予測情報の提供とそのための技術開発・情報整備を行うことにより、広く国民の安心・安全に貢献します。



研究コーディネータ（地質分野担当） 佃 栄吉

- 産総研の地質研究に関する情報は、地質調査総合センターのウェブサイトどうぞ。

<http://www.gsj.jp/>

### その他の地質図類

- 1:50,000 地質図幅
- 1:75,000 地質図幅
- 1:200,000 地質図幅
- 1:500,000 地質図幅
- 1:2,000,000 地質編集図
- 1:1,000,000 地質図
- 海外地球科学図
- 数値地質図(CD-ROM)
- 活構造図
- 構造図(活断層ストリップマップ)
- 火山地質図
- 特殊地質図
- 水文環境図(CD-ROM)
- 水理地質図
- 重力図(ブーゲー異常)
- 空中磁気図
- 鉱物資源図
- 日本炭田図
- 日本油田・ガス田図
- 地熱地域等重力線図
- 日本地質図索引図・総覧

地質図類に関する詳しい情報は、下記のウェブページどうぞ。

<http://www.gsj.jp/Map/>

購入方法その他のお問い合わせは、地質調査情報センター地質情報整備室までどうぞ。

Tel: 029-861-3601 Fax: 029-861-3602

## 海から聞く地球のメッセージ

海洋調査を環境・資源・防災に活かす

海の研究 海を知ることが地球を知ること	西村 昭・棚橋 学	2
海底を調べる	池原 研	4
大陸棚画定調査 国土を構成する基盤岩類の調査	湯浅 真人	5
海と地震	岡村 行信	6
海底の地滑り地層から探る地震履歴	野田 篤	7
海底のエネルギー資源	森田 澄人	8
メタンハイドレート実用化への研究開発	成田 英夫	9
海底の鉱物資源	飯笹 幸吉	10
実用化を見すえた大規模採取の夢	山崎 哲生	11
沿岸環境の保全と修復	星加 章	12
生物の力を借りた沿岸環境の修復	谷本 照巳	12



### Cover Photo

地質調査船「白嶺丸」(1997年の清水港入港時)  
撮影：佐藤 武 (東海大学海洋学部海洋資源学科教授)



独立行政法人 **産業技術総合研究所**

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2  
広報部 出版室 Tel : 029-862-6217 Fax : 029-862-6212 E-mail : prpub@m.aist.go.jp

〒305-8563 つくば市東1-1-1 中央第7  
地質調査情報センター 地質調査企画室 Tel : 029-861-9122 Fax : 029-861-3672 E-mail : secr@gsj.jp  
(地質調査総合センター) <http://www.gsj.jp/>

産総研ホームページ <http://www.aist.go.jp/>

このパンフレットは、産総研 Today 2005-8 号に掲載された特集記事をもとにして作成しました。  
発行日：2005. 8. 15

