

# Blue Earth

海と地球の情報誌

Japan Marine Science and Technology Center

特集  
海底地形とプレートテクトニクス

9・10月号  
2000



最新レポート

注目される清浄で栄養豊富な  
冷たいエネルギー 海洋深層水



# Blue Earth

海と地球の情報誌 / Japan Marine Science and Technology Center

2000年 第12巻 第5号 (通巻第49号)



今年も高等学校及び高等専門学校の生徒・教師を対象とした「マリンサイエンス・スクール」(センター主催)、高等学校及び高等専門学校の生徒を対象とした「サイエンスキャンプ」(科学技術庁主催)等の体験学習が、海洋科学技術センターの施設を利用して開催された。全国から計99名が参加。海洋研究に携わる研究者や技術者による多彩な講義・実習を通して、最先端の海洋科学技術研究を体験した。

裏表紙は、高校生に海洋調査船「かいよう」を説明する船長

## [ 表紙 ・ 裏表紙 ]

<b>特集</b>	<b>海底地形とプレートテクトニクス</b>	
	躍動する海底と刻まれた地形が語る世界	2
	ハワイ諸島で行われた海底調査	8
	ハワイ諸島は移動する海底の軌跡	14
	<b>REPORT</b>	
	注目される清浄で栄養豊富な冷たいエネルギー 海洋深層水	18
	<b>MEMORIAL SHOT</b>	
	深海の暗闇に浮かぶ美女の微笑み	22
	<b>INTERVIEW</b>	
	月岡 哲研究員 (海洋技術研究部)	24
	<b>FACE</b>	
	長根 浩義さん (総務部 普及・広報課)	28

30	<b>JAMSTEC JAM</b>	
	[EVENT] 最先端の海洋科学技術に触れる夏の体験学習に全国から99名が参加	
	[NEWS] 伊豆諸島でマグマの動きを探るための観測を実施	
	[EVENT] 東京ビッグサイトで地球に残された最後のフロンティア・深海底を体験	
	[INFORMATION] 人と海との関わりを考える 「テクノ・オーシャン2000」開催	
	[GOODS] オリジナルTシャツ	
	[BOOK & VIDEO]	
	「タイタニック号、発見」(ロバート・D・バラード著)	
	「豪華客船タイタニックの悲劇」 (ナショナル ジオグラフィック・ビデオ)	

## [ 編集後記 ]

本誌は、隔月刊6回の発行です。

(本誌は、旧「JAMSTEC」誌の内容を一新して発行する海と地球の情報誌です。)



# 躍動する海底と刻まれた 地形が語る世界

## 海底は地球表面の7割を覆う もうひとつの地表

水で覆われた海底の地形をイメージすることは難しい。実際、海底の地形が詳しく測定され、その全体像が把握されるようになってから、わずか50年ほどしかたっていない。海底の研究が進んでいなかったころは、海の深さは海岸線から遠ざかるほど深くなるといった程度でしか認識されていなかった。だが、観測技術の発展とともに、海底にも山がそびえ、谷が続き、平野が広がるなど、その地形が地上と同様に表情豊かなものであることが分かってきた。さらに、海底には、地球内部のエネルギーによる作用を伝える地形がはっきりと刻み込まれ、保存されていることも知られるようになった。今回は、海底地形から見てきた地球の姿を紹介していくことにしよう。

海水を取りのぞいた地球の姿。海の水を取り去ることができたら、地球の表面はこのように見える。数百キロから数千キロに及ぶ直線的な谷、無数にそびえる富士山クラスの火山群など、海底地形がいかに起伏に富んだものであるかがよく分かる。また、プレートが誕生する中央海嶺、プレートの沈み込みにてきる深い海溝なども見ることができる。



## プレートテクトニクスという考え方

プレートテクトニクスの概念の原点になったのは、1910年代にドイツの地球物理学者、アルフレッド・ウエゲナーによって提唱された「大陸移動説」だった。この説によれば、いまから2億年ほど前、地球上にはひとつの大陸「パンゲア」と、ひとつの海洋「パンタラサ」しかなかった。だが、1億8千万年前にパンゲア大陸が大分裂を開始し、長い時間をかけて現在のような7つの大陸が形成されたという。しかし、当時は移動の原動力も明らかでなく、「大陸移動説」は信憑性の薄いものとして忘れ去られてしまう。

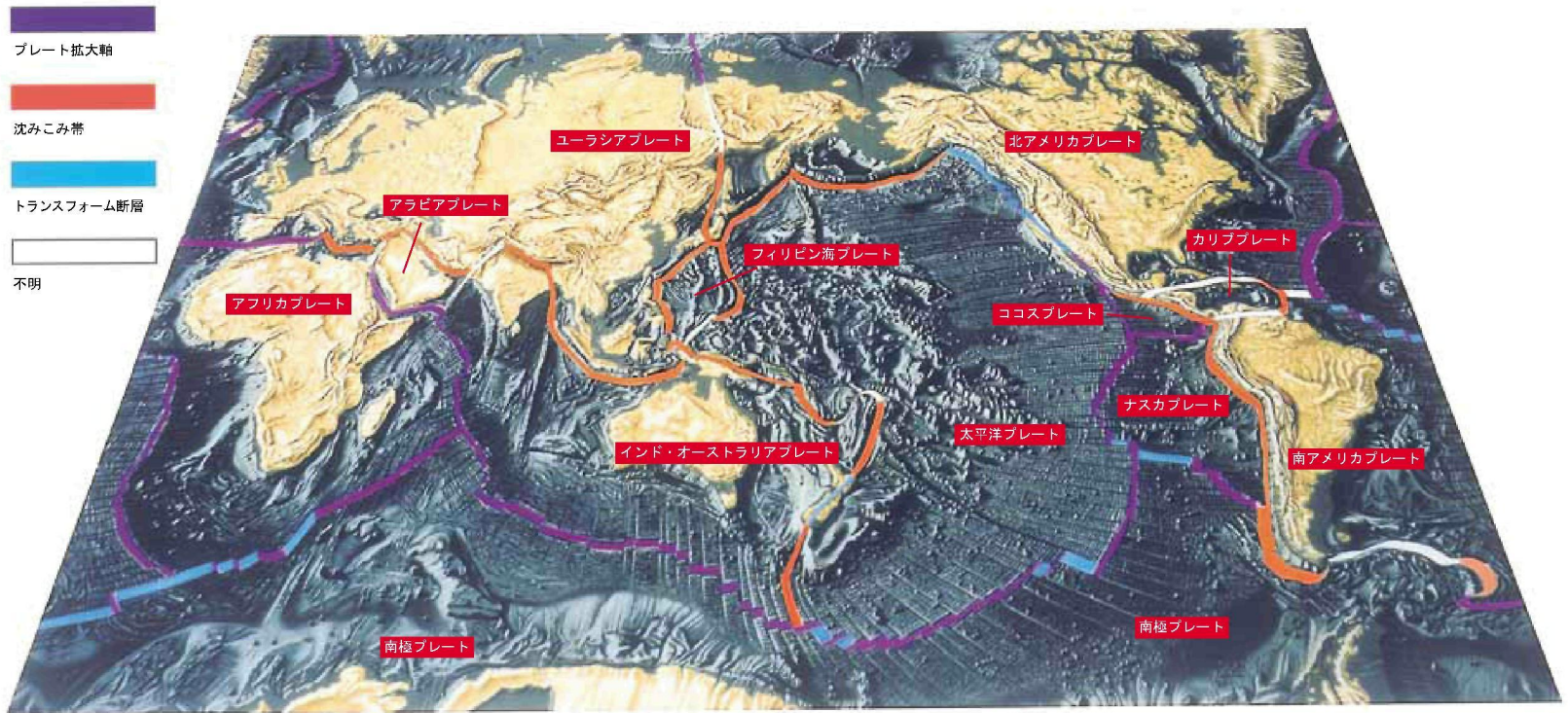
この説が再び注目されるのは、1950年代、音波を利用して詳しい海底の深さや地形を調べる研究が行われるようになってからだ。調査によって大洋中央海嶺が発見され、やがて、ロバート・ディーツ、ハロルド・ヘスによって「海洋底拡大説」が提唱された。深海底は大洋中央海嶺で生まれて水平に移動し、やがて海溝で沈み込んで消滅するという考えだ。さらに、60年代以降も盛んに研究が行われるようになり、地質や地震をはじめとする様々な研究を通して、今日のプレートテクトニクス理論が形づくられてきた。

それは、概説すると次のようになる。

地球の半径は、およそ6,400km。その内部は、三層構造で成り立っている。中心から半径約3,500kmの部分がコア（核）であり、その周囲に厚さ約2,900kmのマントルがある。そしてマントルの外側は、ごく薄い地殻で覆われている（地殻の厚さは海洋部分で約5km、大陸部分で約35km）。また、マントル上層は、部分融解が進み変形しやすいアセノスフェア（岩流圏）と、固まってマントル層の外側を覆っているリソスフェア（岩石圏）に分けられる。アセノスフェアの上の地球を覆っているリソスフェアは、十数枚のプレートに分かれて存在している。このプレートが地球表面を個別に移動し、プレート同士の境界で様々な地学現象を引き起こすわけだ。

プレートの厚さは、海洋部分で100km以下、大陸部分では200～300kmと厚くなっている。移動速度はプレートによって異なるが、年間に1～10cm程度、だいたい私たちの爪の伸びる程度の速さといわれる。プレートには、ユーラシアプレート、北米プレートのように大陸をのせたプレートと、太平洋プレートのようにのせていないプレートがあるが、一般にのせているプレートの方が移動速度は遅い。

プレート境界の約90%は海底にあり、地球表面を隙間なく覆っているプレート同士の境界では、次の3種類



プレートの分布

表面は十数枚のプレートに覆われている。プレートはそれぞれ独立して地球表面を移動し、ぶつかり合うと沈み込み帯を形成し、すれ違う場所ではトランスフォーム断層ができる。中央海嶺は新しいプレートが誕生する場所だ

のどれかがおきている。

①離れていく、②ぶつかり合う、③すれ違う。

①にあたる大洋中央海嶺は、地球の海底に延々と続く総延長6万キロに及ぶ海底中央山脈だ。太平洋では東太平洋海嶺、大西洋では大西洋中央海嶺、インド洋では中央インド洋海嶺、南西インド洋海嶺、南東インド洋海嶺と、それぞれに名前が付いているが、ひとつにつながっている。この境界では活発な火山活動がおき（地球全体の火山活動の約80%）、地球内部のマントルが上昇し、新しいプレートが生まれる。そして、裂け目の両側のプレートに、これが次々に加えられていく。

②では、大陸プレートと海洋プレートの境界部でおきた場合は、境界線に沿って折れ曲がるように海洋プレートが大陸プレートの下へ沈み込む。このときにできるく

ぼみが海溝だ。また、海溝から斜めに沈み込んだプレートをサブダクション帯という。こうした境界では、たくさんの地震がおき、大陸プレート側には火山列が連なることが多い。太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界のように、海洋プレート同士がぶつかり合う場合も、どちらか一方のプレートがもう一方の下に沈み込む。では、大陸プレート同士がぶつかり合うとどうなるだろう。こうした境界では、沈み込みはおきない。プレート上部の大陸地殻がマントル物質より軽いので、海洋プレートのように沈み込めないのだ。この場合ぶつかり合う力によって断層などがおきたり、陸地が隆起して高い山々を形成する。その顕著な例が、ユーラシアプレートとアフリカプレートがぶつかった場合、境界線に沿って折れ曲がるように海洋プレートが大陸プレートの下へ沈み込む。このときにできるく

てつくられたヒマラヤ山脈だ。

③では、沈み込み、衝突などの現象はないが、プレートの移動によってひずみが生まれるとそれを解消させる横ずれ断層ができる。

海嶺、海溝をはじめ、海水の下に隠された海底地形は、まさにこうしたプレートテクトニクスの活動が生み出した地形といえる。

## 海底地形が見せてくれる躍動する地球の姿

地球で最も大きな海洋である太平洋の海底の姿を見ていこう。

全体を広く覆っているのが太平洋プレートであり、それを生み出しているのが東太平洋の南に延びている東太



平洋海嶺だ。この大山脈を挟んで東側にはナスカプレート、ココスプレートがある。東太平洋海嶺は、中央海嶺のなかで最も拡大速度が速く、1年間に16cmのスピードで新しい海底をつくり出している。94、97年に行われた「しんかい6500」の調査でも、熱水噴出口、枕状溶岩など激しい火山活動の痕跡が観察されている。

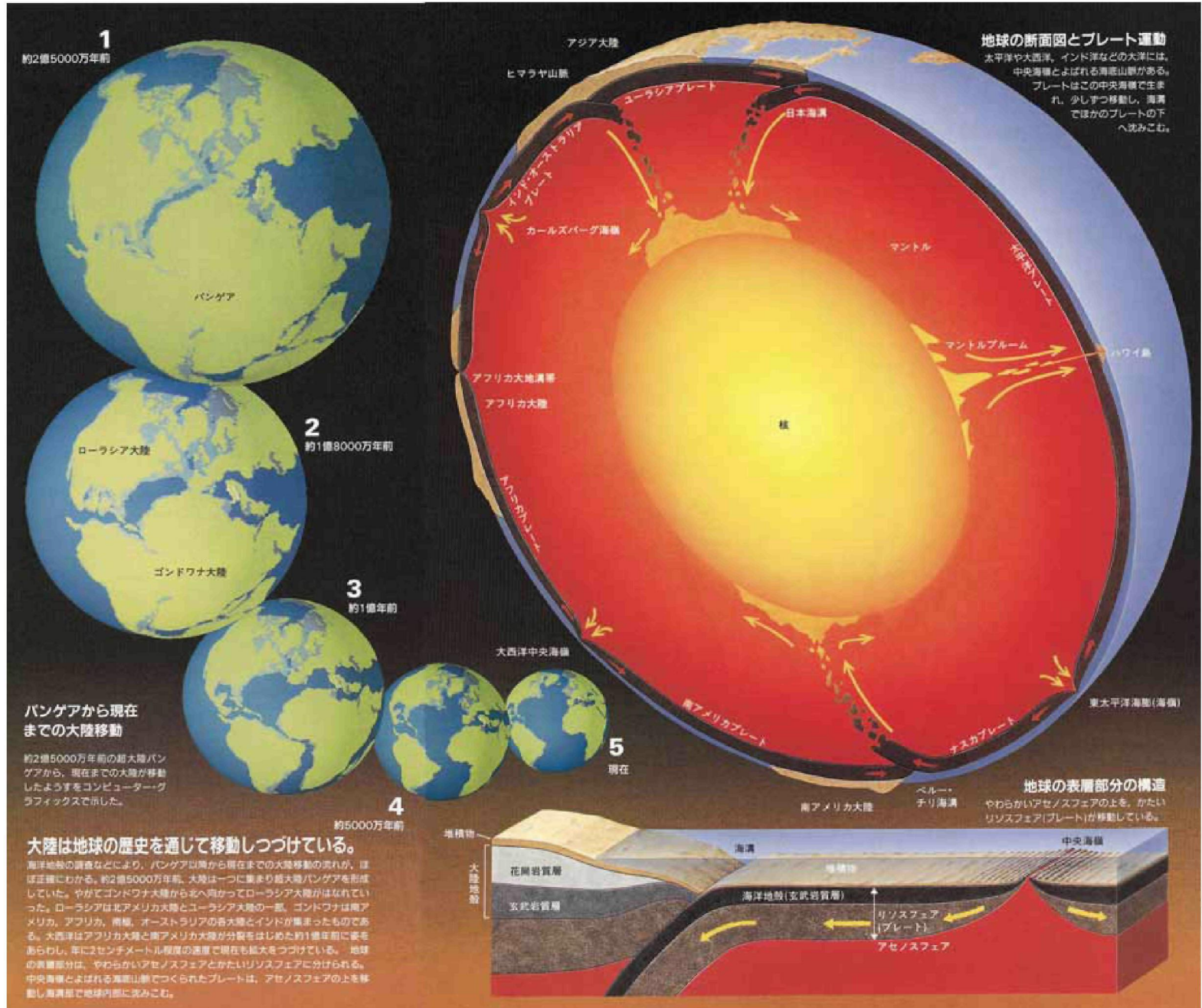
太平洋プレートは、西太平洋で北アメリカプレート、フィリピン海プレート、インド・オーストラリアプレートとぶつかり合い、千島・カムチャツカ海溝、日本海溝、伊豆・小笠原海溝、マリアナ海溝、ヤップ海溝、パラオ海溝など多くの海溝を形成しながら地球内部に沈み込んでいる。海溝のなかで特に深いのがマリアナ海溝で、世界最深のチャレンジャー海淵は、1万911.4mある。95年に海洋科学技術センターの無人探査機「かいこう」がその最深部への潜航に成功している。

西太平洋の海底でもうひとつ特徴的なのは、たくさんの海山が密集していることだ。海底からの高さ（比高）が5,000mを越えるものも数多い。これらは約1億年前に南東太平洋で生まれ、プレートとともに移動してきたもので、そのほとんどが現在は活動していない。

こうした海山の多い地形と対照的なのが、ニュージーランド東方の平地だ。海底の平坦地は、深海平原と呼ばれるが、この水深約5,500mのニュージーランド東方にある深海平原は、世界で最も広大な平原といわれる。

太平洋プレートなどの海洋プレートは、中央海嶺で誕生してゆっくり移動しながら、やがて海溝から地球内部に沈み込んでいく。そのため、大陸地殻では約40億年前の古い地層が残っているのに対して、プレート上の海洋地殻では、最も古いものでも2億年に満たない。そのかわり、大陸地殻は温度変化や風雨により激しい浸食を受けるが、海底ではほとんど浸食がおきない。そのため、海底地殻の上部には海嶺で誕生してからのその時々海洋環境を示す堆積物が確実に保存されていく。海底地殻の堆積物は、まさに地球環境変動の歴史を綴る記録書でもある。

海洋科学技術センターでは、現在「深海地球ドリリング計画」を進めており、深海底掘削による海底堆積物や海洋地殻の研究が始まろうとしている。こうした研究によって、海底はこれまでと異なる新たな表情を見せてくれることだろう。





# ハワイ諸島で 行われた海底調査

## 海底地形と地質調査から ハワイの火山活動の全貌を探る

常夏のリゾート地として日本からも数多くの観光客が訪れるハワイ諸島。この洋上に並ぶ島々は、地球科学における興味深いフィールドでもある。海洋科学技術センターは、ハワイ大学等の研究者らとともに、1998年8～9月、1999年7～9月の2回にわたってハワイ諸島の海底調査を行った。無人探査機「かいこう」、潜水調査船「しんかい6500」を駆使して行われた調査により、陸上からでは分からなかったハワイ火山の様々な事実が明らかにされようとしている。

### オアフ島、モロカイ島北方海域の 巨大な山体崩壊を調査

ハワイ諸島の火山は、世界でも最も調査が進んでいる火山のひとつだが、それは概ね陸上部に限られている。海底部の調査がほとんど行われていない所も多く、火山の下部構造や岩石など、まだ明らかにされていない部分が残されていた。そこで、海洋科学技術センターでは、国内の研究者をはじめ、ハワイ大学、米国地質調査所などアメリカの研究者とともに、98、99年の2回にわたる調査を行い、海底地形図を作成したり、海底を構成する岩石等採取した。調査で得られた試料やデータは、現在も、参加した研究者らによって分析・解析が行われているが、これまでにこの調査から明らかになった事柄を中心に、調査の内容を紹介していくことにする。

今回の調査目的は、大きく3つに分けられる。まず、オアフ島北方海域に広がる世界最大級の山体崩壊であるヌウアヌウ地這りと、その東方、モロカイ島北方海域にあるワイラウ地這りの海底地形調査及び、ヌウアヌウ地這りを構成する物質を調べてその起源を明らかにするとともに、地這りによって削り取られたオアフ島・コオラウ火山の深部構造と岩石を調査すること。2つ目は、ハワイ島南方海域において、現在も動いていると思われる地這り体ヒリナ・スランブ（スランブは、地層の連続が崩れていない地這りを意味する）の地質及びキラウエア火山東リフトの地質を調査すること。そして、3つ目は、ハワイ島南方の深海にある、ハワイ火山の最も初期段階にあるといわれるロイヒ海底火山の地質及び熱水現象を調査することだ。これらは個別の調査としてだけでなく、初期段階のロイヒ、現在活動中のキラウエア、活動期を終えたコオラウを調査対象とすることで、ハワイ火山の一連の流れを見ていくことができる。

ハワイ火山の多くが、巨大な山体崩壊をおこし、その周辺の海底に崩壊の痕跡を残していることは、1980年代に米国地質調査所がアメリカの200海里水域において実施した海底地形調査で明らかになった。そのなかで最も大規模な崩壊といわれるのが、オアフ島のコオラウ火山の北側斜面から北東方に広がるヌウアヌウ地這りだ。その流れ山と考えられる岩体は、オアフ島から約200 km離れた海底にまで分布しているといわれる。

今回の調査では、「かいれい」によって、この海域の詳細な海底地形調査が行われた。その結果、オアフ島とモロカイ島の両者の山体崩壊によって崩れたブロックの体積は、5,000km<sup>3</sup>を超えると思われ、そのなかでも最大の大きさを持つタスカルサ海山と名づけられた地這り



ハワイ島・キラウエア東リフト、水深約5,600mで観察された溶岩



体は、横浜市の面積に匹敵するほどの大きさで高さが2,000mに及ぶ巨大なものであることが分かった。

ハワイ周辺の海底は水深約5,000mであり、オアフ島のコオラウ火山のように標高1,000m足らずの山でも、海底からの比高で考えると6,000m近い高さを持つことになる。そしてハワイ火山のように、海底から急速に成長した火山は重力的に不安定で、さらにその中間部分に、比較的にもろい地層を持つことが分かっている。これらは、海面近くでの爆発性噴火によって形成された火山岩の破片などからなる堆積岩の地層だ。今回の調査で地盛り体から採取された岩石も、礫岩などこうした中間部分に見られる岩石であることが観察されており、山体崩壊はハワイ火山の堆積岩部分が崩壊したものであることを示している。

また、ヌウアヌウ地盛りについては、これまでコオラウ火山の主活動期（250～150万年前）におきたと考えられてきた。だが、今回の調査では、この主活動期からずれておきた可能性もあるとの見方も出ている。

### ハワイ島南方海域で 山体崩壊前の火山の状況を確認

ハワイ諸島には、噴火記録が残されている5つの活火山がある。1800年頃に噴火したハレアカラ（マウイ島）、フアラライ（ハワイ島）、1984年のマウナロア（ハワイ島）、1982年から90年代にかけて活発に噴火したキラウエア（ハワイ島）、1996年のロイヒ（海底火山）の5つの火山だ。

頻繁に噴火しているのがハワイ島南部にあるキラウエアであり、現在、最も成長著しい火山といえる。標高は約1,200mだが、その急速な成長によって、山体は重



タスカルサ海山東側斜面で採取した気泡の多い玄武岩礫

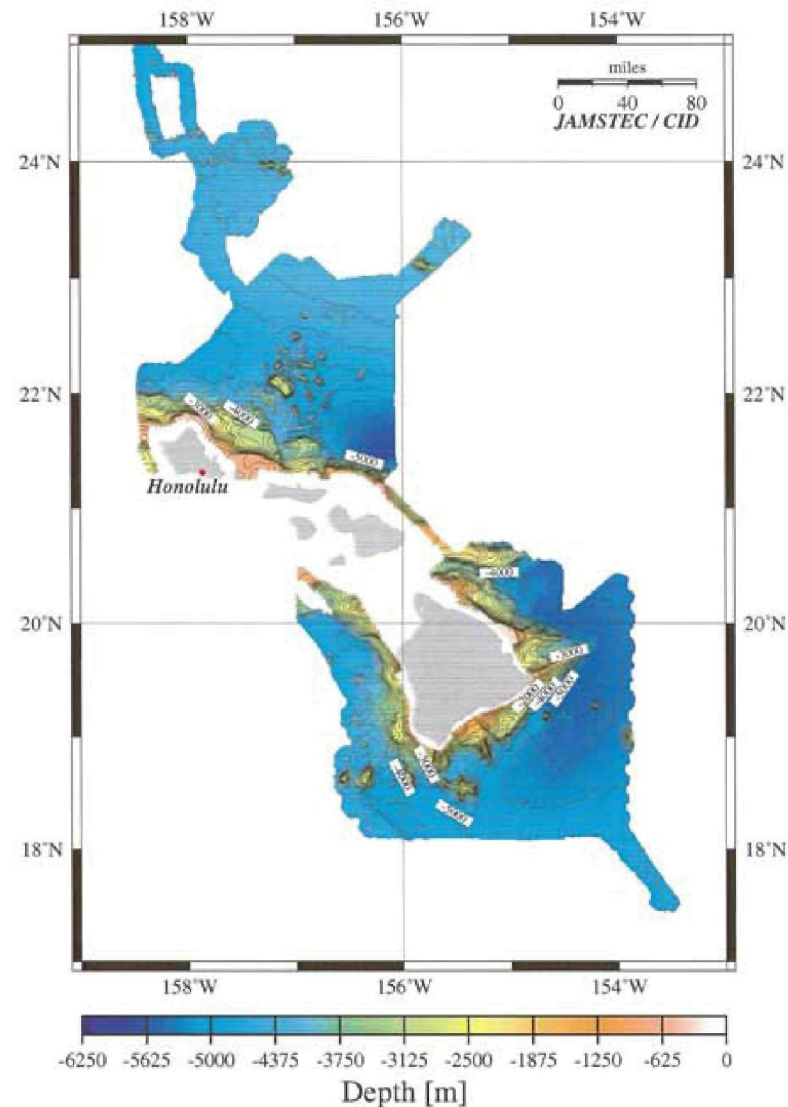
力的に不安定であり、山頂クレーターから延びるリフトの南側に断層ができ、南側が滑落することでその不安定を解消している。この断層深部の行方は不確定だが、おそらく断層の南側の部分を海側へ押し出していると考えられ、その部分はヒリナ・スランプと呼ばれている。

ヒリナ・スランプでは、これまで一部を除いて深海域での調査が行われたことはなかったが、今回「かいこう」「しんかい6500」によって潜航調査が行われ、岩石等の採取もなされた。この押し出され、移動しつつある部分では、一部に海中噴出の枕状溶岩があったが、ほとんどが海岸線付近で形成されたと見られる堆積岩だった。このことと海底地形を併せて考えると、ハワイ島の南側斜面では、キラウエアなどの火山で噴出した溶岩は、海

タスカルサ海山東側斜面、水深3,400mで観察された岩石



### Bathymetric map for the Hawaiian Islands



左上、オアフ島とモロカイ島の北方に山体崩壊のあとが見られる。右下、ハワイ島の南西部に、南北に細長いロイヒ海山が確認できる





ピストンコアによって海底の地層も採取された



ヌアヌウ地滑りで観察された火山性の堆積岩

岸線等で破碎され、それが乱泥流などによって、より下方に運ばれていることが分かってきた。

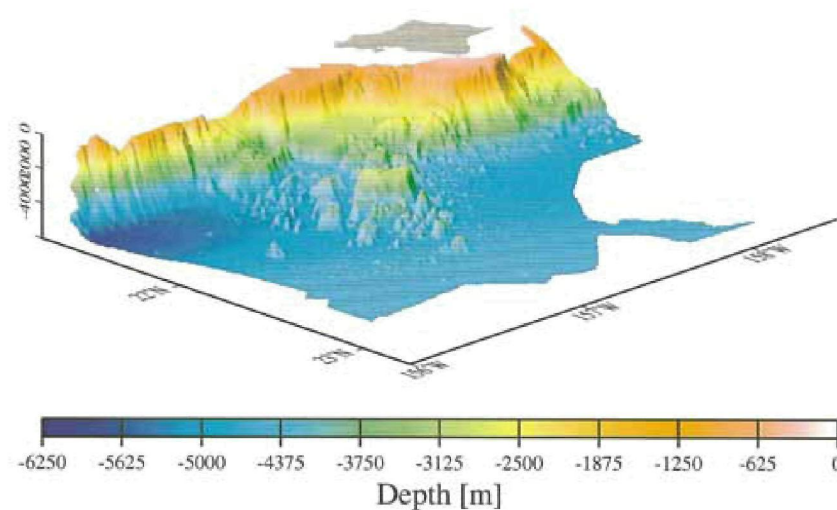
キラウエア火山の火山活動は、山頂火口とそこから東と南西に延びる2本のリフト沿いにおきている。なかでも火口から東へ延び、ハワイ島東端から海中へと続いている東リフトが活発に活動し、その延長は120kmに達している（この海底部分はブナ海嶺と呼ばれる）。ここでも水深2,000mを超える潜航調査は行われておらず、今回が初めての調査となった。海嶺上の噴火地形と思わ

れる海域等で「しんかい6500」による潜航調査を行った。そこでは比較的新しい枕状溶岩などが観察されたが、熱水活動は確認できなかった。

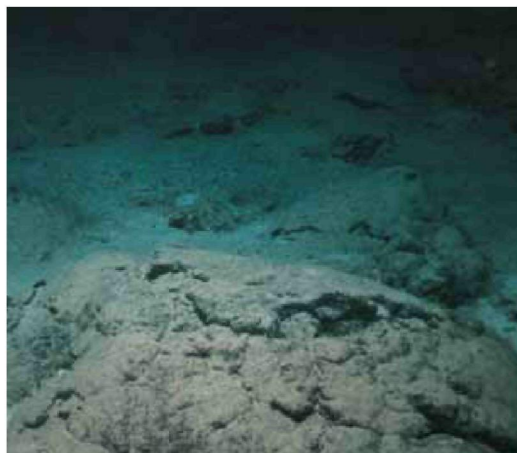
### ハワイ諸島海域で最も注目されてるロイヒ海底火山

1996年に活発な地震活動がおき、噴火によって山頂部に深さ約300mの陥没孔が生じたロイヒは、初期段階のハワイのホットスポット火山として注目されている。

### Whale's-eye view map for the Oahu Island from North-East



オアフ島北方の3D海底地形、山体崩壊のあとが確認できる



オアフ島・コオラウ火山北側斜面の枕状溶岩



ロイヒ海山南リフト、熱水性沈殿物が付着した枕状溶岩

ロイヒは、ハワイ島南斜面に位置し、頂上は水深約1,000m、南北に細長い形をしている。2,000mを超える部分の地形調査などでは、噴火活動直後とほとんど変わっていないことが確認された。さらに、98年は4回の「かいこう」、99年は10回に及ぶ「しんかい6500」による潜航が行われ、火山地質及び1991年に発見されていた熱水域に関する調査を実施した。これらの潜航では、新鮮な枕状溶岩の玄武岩が頻繁に観察され、これによって、ロイヒが非常に活動的な火山であることが確認された。熱水活動については、残念ながら活動的なものは認められなかったが、南リフト延長部の水深約4,800mの堆積物からなる平坦な海底において、黄色の沈殿物を発見し、そこで周囲の海水（0.9度）より約6度高い湧水が確認された。

99年の調査からほぼ1年がたち、調査に参加した各研究者からの報告も集まりはじめているが、コア試料の分析などはまだ続けられている。調査の全容が明らかになるには、もう少し時間がかかりそうだ。



キラウエア火山南側上部斜面、枕状溶岩の断面露頭



# ハワイ諸島は 移動する海底の軌跡

## ホットスポットが生み出した ハワイ諸島がプレートの動きを伝える

太平洋の海底地形を見ると、中央部から西北西方向に一列に並ぶように島々や海山が点々と続いているのが目につく。ハワイ海山列と呼ばれる火山群だ。海山の列は、やがて北方へ屈曲し、天皇海山列と名前を変えてカムチャッカ半島方面へと連なっている。これらの山々は、地球内部から上昇するマントルプルームによる火山活動によってつくられていったと考えられている。そして、この山々が生まれた地点が、現在ハワイ島が位置しているホットスポットだ。プレート境界から遠く離れた場所にあるホットスポットとはいったいどんなものなのか。



### 太平洋プレート中央部で 活動するハワイ火山の謎

地球上で大規模な海底火山活動がおきる場所は、①プレートが誕生する中央海嶺、②プレートが沈み込むサブダクション帯、③ホットスポットの3つに大別される。①は、大西洋中央海嶺、東太平洋海嶺などの大規模な海底火山地帯で、地球上のすべての火山活動の約8割が、これらの中央海嶺でおきているといわれる。②は、西太平洋のマリアナトラフ、北フィジー海盆などが挙げられる。そして③が、ハワイ海山列のハワイ島、南太平洋オーストラル海山列のマクドナルド海山、タヒチ島周辺のメヒチア海山などだ。

火山活動がプレート境界付近でおきることは、比較的理解しやすい。しかし、たとえば、太平洋プレートのほぼ中央部に位置するハワイ諸島周辺で、なぜ火山活動がおきるのかについては、なかなか合理的な説明がなされなかった。そんななか、1963年にトロント大学のテューズ・ウィルソンによって提唱されたのが、「ホットスポット」という概念だった。

ハワイ諸島の島々は、西方に位置するものほど浸食が

進み、古い島であるということは、すでにアメリカの地質学者によって観察されていた。このことに注目したウィルソンは、移動を続けるプレートの下に、地球の深部から永続的にマグマが供給される固定されたポイントがあるに違いないと考えた。それがホットスポットであり、供給されたマグマは、やがてその上を覆うプレートを突き破り噴火する。そして、噴出した溶岩によって海山や火山島が形成される。ハワイ諸島が西へ行くほど古いのは、長い時間をかけてプレートが西へ移動し、プレート上に残された火山島も一緒に移動していくためであり、その島の東方ではホットスポットが、さらに新しい火山島を生み出す。ハワイ諸島において、そのホットスポットは活発に噴火活動を続けるハワイ島の下にあると、ウィルソンは発表した。

このウィルソンの仮説によって、ハワイ諸島について地質学者たちが長年抱いていた疑問は氷解した。さらに研究が進み、ハワイ諸島の年齢の推定や太平洋プレートの移動速度の割り出しなどが行われるようになって、彼のホットスポットという考え方は、プレートテクトニクスとともに広く認められるようになった。





ハワイ島の最高峰・マウナケア山（標高4,206m）

現在のところ、ホットスポットがなぜ生まれるのかについては、まだはっきりとわかってはいないが、その仕組みについては、おおよそ次のように説明されている。マントルとその下にあるコアの境界付近等で生じるマントルブルームと呼ばれる高温で柔らかい物質が柱状に上昇する流れがあり、それがホットスポットを形成している。その位置は固体であるマントルに固定されているた



ロイヒ海山、今回の調査で噴火の跡を残す溶岩を観察

め、プレートの動きに連動せず、ほぼ同じ位置で火山活動を引き起こす。ハワイ諸島が乗っている太平洋プレートは、年間におよそ8、9cmずつ移動するとされており、ハワイ・ホットスポットの軌跡であるハワイ海山列及び天皇海山列は、およそ7,000万年の年月をかけて形成されたものと考えられている。そして、その「く」の字型に折れ曲がった海山列の並びから、およそ4,200万年前まで、太平洋プレートは北方向に移動しており、やがて西北西に移動の方向を変化させたとみられている。

### ハワイ島でおきている火山噴火

ハワイ・ホットスポットは7,000年以上も活動を続け、その間におよそ200の火山を生み、現在も活発に活動している。その姿をハワイ諸島の西端にあるハワイ島で見ることができる。

ハワイ島が誕生したのは約40万年前といわれるが、まだ正確な数字はわかっていない。このハワイ島で最も高いのはマウナケア山で、標高は4,206m。その南西約25kmに標高4,170mのマウナロア山がある。どちらも非常に緩やかな盾状火山だ（火山の形状が地面に伏せた西洋の盾に似

ていることからこの名が付いた）。だが、標高は海面上からの高さであって、水深5,000mの海底から考えるとその標高は9,000m以上にもなり、文字通り世界最大の火山（島）といえる。このほかハワイ島には、キラウエア、フアラライ、コハラなどの火山がある。

マウナケア山はここ数千年間噴火をしていないといわれる。一方のマウナロア山は1984年に噴火している。現在、最も活発に活動しているのはキラウエア火山（標高1,247m）だ。19世紀から20世紀初頭にかけて連続的に噴火し、その後も断続的に噴火を繰り返している。

そして、このハワイ諸島に、もうひとつ、新しい火山が誕生していることが確認されている。ハワイ島の南東約30kmの海底にあるロイヒ海山だ。「ロイヒ」はハワイ語で「長いもの」を意味し、ロイヒ海山はその名の通り南北に細長い形状で、頂上は海面から約1,000m下にある。麓は水深約4,500mであり、その海底面を基準にすると、高さは約3,500mということになる。

ロイヒ海山が発見されたのは1950年代半ばだった。新しい火山と考えた研究者もいたが、ほとんど注目されることもなく、1970年代までは、東太平洋海嶺付近でプレートの生成時にできた海山であろうと考えられていた。また、ハワイ島は活動期にある火山島であるため、当時から地震観測は綿密に行われていた。そして、ハワイ島海面下の南斜面でも、しばしば火山性と思われる地震が観測されていた。だが、震源決定の精度が低かったためか、その震源はロイヒのやや北を示し、対応する地形が存在しないことになっていた。

ロイヒ海山が、ハワイ・ホットスポットによって生み出された海底火山であることが初めて認知されたのは、1980年代に入ってからだった。ロイヒ海山頂上部で、熱水性の堆積物が発見されたのだ。また、これまでの地震観測のデータを新しいモデルで解析し直す試みも行わ



ハワイ島・キラウエア火山の噴火で流れ出した溶岩

れ、震源がロイヒ海山付近に集中していたことも確認された。こうしたことから、80年代以降は、ロイヒ海山がハワイ・ホットスポットの最も新しい火山であることが判明し、多くの調査が行われるようになった。

1987年には、キラウエアやマウナロアに見られるリフトゾーン（側火山列）が、ロイヒでも山頂から南と北に延びていることや、山頂にカルデラが形成されそのなかの陥没孔が発達していることなどが分かった。さらに、87年にアメリカ・ウッズホール海洋研究所の「アルヴィン」、90年にロシア（旧ソ連）の「ミール」が潜水調査を行い、熱水活動を発見した。90年の秋には、海洋科学技術センターの研究者もハワイ大学の潜水調査船「パイシーズV」に同乗して、この頂上部の熱水活動やチムニー群を観察している。

そうしたなか、1996年7月、ロイヒ海山付近を震源とする激しい群発地震が観測され、ハワイ大学は翌8月から海底調査を実施、ロイヒ海山の噴火が確認された。この噴火によって山頂部の地形は大きく変形した。広い海丘が陥没し、深さ300mの巨大なクレーターが出現していた。クレーターは、ハワイの火山の女神の名前をとってペレ火口と名づけられた。1998、99年に、ハワイ大学等と共同で行われた海洋科学技術センターの調査でも、比較的新しい溶岩が観察されている。

ハワイ島に次いでハワイ・ホットスポット火山として成長する可能性の高いロイヒ海山は、ホットスポット火山の初期段階の状態や生成の過程を知るための研究対象として、これからさらに注目されることになりそうだ。

海底噴火を繰り返しながら、ロイヒ海山が海面上に姿を現して火山島になるには、まだ5,000年以上の年月が必要と予想される。



ハワイ島・マウナロア山頂カルデラ内の溶岩





# 注目される清浄で栄養豊富な冷たいエネルギー 海洋深層水

## 深海を流れる膨大な資源は 私たちに何をもたらしてくれるのか

急速に注目され始めた新たな資源「海洋深層水」。深い海の底からもたらされる恵みの水は、食品、化粧品、医療分野にまで利用され、ひとつのブームになっている。しかし、そこで語られている効能や有用性はその一部分に過ぎない。また、単に「深層水」の使用をうたって便乗する商品も出回りはじめている。深層水の定義とは？ そして、科学者が注目する可能性とは何なのか？ 海洋科学が明らかにした深層水の真相について、研究の成果と現状を報告する。

### 深層水は、何が優れているのか

地球上の海には、様々な海流が存在している。そのうち表層の海流は、主に風によって流れているが、一方で数千メートルの深層の海流は、海水自体の温度と塩分濃度によって生じる圧力で流れている。北極海域では海水が冷やされ、さらに凍結により周辺の海水塩分濃度が高まり、重い海水となって海底に沈み込んでいく。それが2000年以上もの時間をかけ、ベーリング海峡あたりの水深の浅くなる地域で上層に湧昇し再び海面に現れる。この大きな循環が海洋ベルトコンベアモデルといわれる

もので、表層の海水と混じることなく独立した流れとして存在している。こうした深層海流は、日本近海では深度3,000mあたりに存在している。

しかし、現在、深層水利用技術で対象としている海水は、この深層海流の海水ではなく、「太陽光のとどかない、有光層の下の水」を指している。深度200m以深にあるこの深層水は、栄養塩が豊富で、低温かつ清浄であるなど、基本的にベルトコンベアモデルで流れている深層海流と同様の性質を備えている。

深層水の特性の第一は、その富栄養性にある。深層水



1989年、高知県室戸に整備されたわが国初の深層水研究施設。中央の2本の取水パイプで深層水を探取する



わが国において深層水取水が可能な地域 (海岸線より水平距離5km以内で、水深が200mに達する地域)

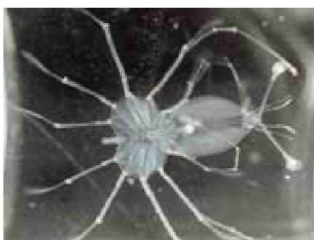
●表層水と深層水の水質性状の比較 (採水調査点/1976年 舞鶴沖合)

深度 (m)	0.5	500
現場水温 (°C)	20.4	0.3
塩分 (‰)	33.307	34.155
pH	8.2	7.7
溶存有機炭素量 (mgC/l)	1.5	0.6
無機栄養塩類 (μM)		
硝酸塩	0.3	25.0
磷酸塩	0.2	1.5
珪酸塩	7.7	122.0





右が深層水で育てたカジメ。左の表層水で育てたものよりはるかに成長が早い



写真上から、イセエビの幼生、アカサング、メダイ。いずれも深層水で飼育に成功した

は表層海水と比べ硝酸塩、磷酸塩、珪酸塩といった無機栄養塩（肥料成分）が豊富であり、植物性プランクトンの生長に非常に有効に働く。このことは、世界の魚類生産の50%以上が、深層水が表層に湧き昇る湧昇海域からあがっている事実からも明らかである。海洋表層水中の栄養塩は植物性プランクトンが行う光合成によって取り込まれ、その後沈降して分解・無機化され深層水中に蓄積される。さらに深海底では太陽光が届かないため、光合成による海水中栄養分の消費も少なく、非常に富栄養化した海水が生成されるのだ。

低温性については、表層水に比べ低温で、しかも年間を通して水温変化がほとんどないことから「冷たいエネルギー源」として注目されている。しかも、このエネルギーには燃料が不要である。温度差を利用した発電については、通産省でも研究を進めている。また、深層水に生育する生物の研究、養殖などへの利用も考えられている。

清浄性については、いうまでもなく表層水に比べ格段に勝っている。大腸菌や化学物質など、私たち人間による人為的な海洋汚染の影響が少ないことが、その第一の理由だ。また、海洋生物の存在による餌の残りや排泄物、遺骸といった溶存有機物も、深度が深くなるにつれて少なくなり、それに伴って有機物を分解するバクテリアなどの存在も少なくなっている。

### 有用性の実証に向けて

深層水の利用については、早くから着目していた研究者もいる。温度差の利用に関しては、1930年代にフランスの科学者が実験を行っており、肥料成分の利用についても1970年代にアメリカで実験が行われた。しかし、深層水の汲み上げ技術やコストの問題から、実用化へは至らなかった。

海洋科学技術センターでは、1976年から深層水の研究が開始されている。水質特性に関する基礎研究を十分

に行った上で、実用化に向けて具体的な構想を作り上げた。利用技術に欠かせない取水プラントの研究・開発も同時に進め、それを受けて、1986年に科学技術庁のプロジェクトとして、我が国初の海洋深層水利用技術の実証研究がスタートした。

取水施設の設置には、高知県の室戸岬が選ばれた。沿岸に大陸棚が広がり、その先が急に深くなっている、取水には理想的な地形だ。3年間の工期を経て、水深320mの地点から1日あたり460m<sup>3</sup>の深層水を汲み上げる取水施設と実験棟が完成した。その後、民間企業も参加し、生物生産とエネルギー回収のふたつの分野で研究は進められている。

生物生産分野では、植物性プランクトンや海藻類の培養、冷水性生物や深海性動物の飼育、魚病のワクチン開発などの研究が行われた。海藻類ではマコンブの培養に成果をあげた他、カジメは表層水での培養に比べ非常に早い生長を示した。また、300mくらいの深層に生息するメダイの長期飼育にも成功し、卵の成熟を確認している。一方、深層水と同温に冷やした表層海水でも実験は行われたが、こちらでの飼育は失敗に終わっている。これは、水温以外の重要な要素が深層水に含まれていることを示唆しているが、はっきりとした理由についてはまだわかっていない。感染症が問題になっているイセエビの幼生飼育では生存率の向上が見られ、深層水の清浄性を実証することができた。いずれにしても、この結果から、本来深海や冷水域に生息している生物も、深層水を使えば各地で養殖できる可能性が実証されたわけである。

一方、エネルギー回収の分野では、冷房技術や淡水製造、水温制御技術の実験が行われている。水温12~14度の深層水で淡水を冷却し、それを循環ポンプで冷却パイプへ供給して室内温度を調整する。室温は3~5度程度下がり、いわゆる居住用の冷房や農業などへの応用が考えられる。淡水製造は表層水と深層水の温度差を利用した蒸発法と逆浸透膜法で行われ、ここで生成された淡水化深層水が、現在市場に出回っている商品群に実用化されている。

### これからも必要な基礎研究

基礎研究、実証研究を経て、深層水の研究は次のステージに立ったといえる。高知県の施設は県に引き継がれ、「高知県海洋深層水研究所」としてさらに研究を進めるとともに、その応用利用について地域とともに取り組んでいる。富山、沖縄、静岡といった自治体も、センターとの共同研究などを経て、施設や研究所の設置を進めている。1998年には、水産庁が深層水供給施設の整備に



研究所内の淡水化試験装置。ここで深層水の塩分が抜かれる

対して補助制度を創設し、今後はさらに多くの地域で深層水の利用が検討されていくことだろう。最近の深層水ブームも、こうした流れのひとつの成果である。食品加工や健康食品、医療といったあらゆる方面で商品化は進んでおり、水産技術への応用も具体化している。しかし、より大規模な漁場創出、エネルギー利用といった応用には、さらに技術、コストなどの研究が必要である。

今後は、センターをはじめとする諸研究機関と自治体や民間が協力して、深層水の資源的な特性の理解を推進していかなくてはならないと考えられている。環境基準や食品基準レベル以下の微量な物質が、深層水にどのように入れ作用しているかなど、環境や人体への影響も含めて科学的に解明されていない部分はまだ多い。一方で、深層水をより効率的に利用するためのシステムや、深層水人工湧昇システムの開発など、技術的な研究も不可欠である。

深層水の埋蔵量は全海洋の約95%近い膨大なものだ。しかも、上手に利用すればエネルギーコストも低く、自然の力で常に再生されている。資源が少ないわが国にとっては、水産利用も含めて期待が大きい。実用化の第一歩が踏み出されたからこそ、再び新たな基礎研究と技術開発を推進し、より利用価値の高い資源として活用されるのが期待されている。



# 深海の暗闇に浮かぶ 美女の微笑み

## 捨てられたマネキンの首

宮古沖、日本海溝の海側斜面で、海溝と平行に走るいくつかの亀裂が発見された。地震による地割れでできた亀裂と考えられている。その亀裂のひとつを観察していたとき、「しんかい6500」のライトが白っぽい物体を照らし出した。

「何ですかね、あれは……」

思わずパイロットが研究者に問いかけた。

光のなかに浮かび上がったもの、それは、マネキン人形の首だった。さらに、このすぐ近くで、ビニールのゴミが吹き溜まりのように集まった場所もみつけた。

水深6,278mの海底で見るマネキンの顔は何とも不気味だ。そして、人間社会から遠く離れた深海にまでゴミが及んでいるという事実は、私たちがいっそ悲しい気持ちにさせる。

深海でゴミをみつけるのは、珍しいことではないとパイロットたちは話す。スーパーやコンビニのビニール袋、プラスチック容器といった分解されないゴミは、日本近海の調査で山ほど見かけるそうだ。

1年後、再び「しんかい6500」が同じ場所を調査したとき、マネキンの首は1センチほど埋まっており、イソギンチャクがその上に鎮座していた（写真下）。そして、その5年後、首は完全に堆積物の下に埋もれたことが確認されている。

しんかい6500 潜航番号0067 調査日1991.7.15

### 深海画像データベース

潜水調査船「しんかい6500」「しんかい2000」、無人探査機「ドルフィン-3K」「かいこう」などで撮影した、膨大な深海底の映像資料をデータベース化したものが「深海画像データベース」です。

その登録画像数は、約16万枚（平成11年8月現在）に及び、このうちの約14万枚がインターネットによって自由に検索でき、広く世界に向けて公開されています（一般に公開している画像は、取得後2年を経過したものに限られています）。

### アクセス方法

JAMSTECのホームページ（<http://www.jamstec.go.jp/>）から、「日本語ページ情報検索サービス→深海画像データベース」の順に選択してください。

■海域地図からの検索：トップページで、見たい海域をマウスで選択します。

■海域一覧からの検索：トップページで「海域一覧から検索」をクリックし、検索したい海域を指定してください。

■検索条件の指定：潜水調査機器、検索年月などを指定し、「検索実行」をクリックします。画面下側に検索結果（航海名、潜水船、潜航番号、アルバム名）が表示されるので、希望のアルバムをクリックしてください（該当するデータがない場合は、検索条件、検索海域を変更して、再度検索してください）。

■一覧表示画面：見たい画像をクリックすると、詳細画面が表示されます。あらかじめ検索したい航海名、または潜航番号がわかっている場合は、これらを直接指定して検索することもできます。



しんかい6500 潜航番号0130 調査日1992.7.19





## 「うらしま」の開発に携わり 自律型無人探査機実用化への 道を切り拓く

つきおか さとし  
月岡 哲 研究員  
(海洋技術研究部)

平成10年度から開発が進められてきた深海巡航探査機「うらしま」の実海域試験が、いよいよ始まった。7月に相模湾初島沖で行われた最初の実験では、「うらしま」を海上に降ろす着水揚収試験をはじめ、実際に海中を航行させるなど、1週間に及ぶ様々な試験が行われ、4年後の運用に向けてその第一歩を踏み出した。現在は、まだ直径約1mmの光ファイバー・ケーブルで母船と結ばれ、コントロールを受けながらの航行だが、完成すれば、過酷な自然環境下でも自力で航行し、様々な海域で採水や計測などの調査を行うことができる無人の探査機として、大活躍することが期待されている。月岡研究員は、海洋技術研究部・第三研究グループの一員として、「うらしま」の制御関係を中心に、その研究・開発に取り組んでいる。

(聞き手：Blue Earth 編集部)

## 深度3,500m、 300km連続航行 をめざして開発 に取り組む

Blue Earth 編集部（以下BE） 第三研究グループは、現在どのような研究を行っているのですか。

月岡 ここでは、主に無人のブークル関係の仕事をしています。「うらしま」だけでなく、「UROV-7K」（深度7,000mまでの潜水能力を持つ細径ケーブル無人潜水機）などについても研究を行ってきました。私自身は、「うらしま」の開発がスタートする前は、福井県と共同で開発した「げんたつ」という細径ケーブル無人潜水機などの仕事をしてきました。これは、光ファイバーケーブルを用いたバッテリー内蔵タイプの無人潜水機で、水深500mまで比較的自由に行動でき、テレビカメラなどを搭載しています。漁業資源調査等の目的で開発されたものです。

BE 現在、月岡さんが開発に携わっている「うらしま」は、これまでセンターで開発されてきた無人潜水機と比較して、どのようなメリットがあるのですか。

月岡 「かいこう」をはじめ、これまでの無人探査機は、深い深度まで潜れても比較的狭い範囲でしか行動できませんでした。なぜかという、ケーブルによって母船と結ばれており、行動の自由度が限られてしまうからです。ただし、ケーブル式の潜水機は、電力を母船から供給するため、運用の時間的な制限を受けないなどのメリットもあります。しかし、これでは「点」でしか観測ができず、地球温暖化解明など広域の観測を行いたい場合、どうしてもシステム上無理が生じます。そこで、巡航型、自律型といわれる水平方向に長距離を移動できる潜水機を開発する必要が出てきたわけです。

BE 「うらしま」の開発にあたって、どんな点で苦労されましたか。

月岡 たくさんあります（笑）。たとえば、機体重量の増加をいかに抑えるかということも大きな問題でした。フレームや耐圧容器にはチタンが使われ、機体の外側はFRPでつくられています。しかし、浮力材だけでも2t近い重量ですし、全体では6t以上になってしまいます。

さらに大きな問題としては、電力をどのように供給す



潜航試験では、深度約300mで6.5kmを連続航行した

るかということがあります。現在は、リチウム・イオン電池が搭載されています。これまで海中機器用に使われてきた銀亜鉛電池に比べるとエネルギー密度が1.5倍、寿命も数倍長いという高性能の電池ですが、「うらしま」に搭載されている大きさの電池では、約100kmしか航行できません。「うらしま」は深度3,500m、航続距離300kmを目標に掲げていますが、300kmを走るには現在の電池ではダメです。そこで、長距離航行用の電力源として、平行して燃料電池の開発を進めています。燃料電池は、水素と酸素を供給し、その電気化学反応によって発生する電気エネルギーを利用するもので、どちらかという発電システムに近いものです。この燃料電池については、まず陸上で試験を重ね、技術的な検証が得られた時点で積み替えることになっています。積み替えは、2年後の平成14年度を予定しています。

一方でそれまでに私たちがクリアしておかなければならないのは、航法システムの問題です。無人機が自力で航行するためには、自分で現在の位置を計測したり、どれだけ走ったかを計測しながら進まなければなりません。そのため、「うらしま」には、自律航行を支援するためのいろいろな航法装置を装備しています。たとえば、慣性航法装置（リングレーザージャイロ）などです。自律航行モードでは、これらによって、位置や姿勢角、方位角、速度、加速度、角速度などを出力して慣性航行を行ったり、音響灯台などを設置して、その信号を利用しながら進んだりするわけです。ただし、いきなり自律航行を行うのは難しいので、この1年ほどの間は、光ファイバーケーブルを使って相互通信しながら航行するUROVモードや、音響によって水中相互通信を行う音響遠隔制御モードによって基本性能を試験していく予定です。





7月初旬、相模湾にて第一回実海域試験が行われた

初めての实海域試験でこれからの課題が見えてきた  
BE 「うらしま」の開発のなかで、月岡研究員が主に担当しているのはどんなことですか。

月岡 主に制御関係です。制御といってもいろいろあるのですが、いちばん基本にあるのは、海中で無人機が間違いなくプログラミングされた経路にしがって移動するには何が必要か、ということです。私が考えているのはそれだけといってもいい。それをひとつくりすると制御ということになるのですが、そのためには、計測方法ですとか、実際に行動する上でどのようにプログラミングするのがリーズナブル、つまり無理がないかといったことを頭に置いて、どのような制御がいいのかを考えていかなければいけないと思っています。ただし、制御というのは、全体のなかのひとつの技術であって、最終



母船「よこすか」から、海面に降ろされる「うらしま」

的な目的は、「うらしま」を海のなかで動かす、それがいちばん大事なことなので、そのためには制御もやるし、着水揚収もやります。動かすことも大切ですが、着水揚収も同じように大切なことなんです。

BE 陸上での調整作業が終わり、7月から実海域試験が始まりましたが、これでひと安心という気持ちですか。  
月岡 いいえ、これからが大事だと思っています。やっと始まったところといってもいい。

BE 7月に相模湾初島沖で行われた実海域試験では、どのようなことが行われたのですか。

月岡 実海域では初めての試験だったので、着水揚水をはじめ作業手順など、すべての面で間違いが生じないよう様子を見ながらの確認が中心でした。性能試験では、UROVモードで、「うらしま」の状態を支援母船「よこすか」で把握しながら、基本的な機能をチェックしました。潜航試験では、深度約300mで6.5kmの連続航行も行われました。航行中には、方位保持などの自動機能の確認や音響制御、音響画像データの伝送試験、観測機器の動作試験なども行っています。天候にも恵まれ、試



着水揚収試験ではスイマーがサポート

験は順調に進みました。大きなトラブルはありませんでしたが、未調整部分も含め、いろいろな面で今後の課題が明確になったといえます。その意味でも大きな成果があったと思います。第1回の試験では、基本的な性能の確認ができたという段階で、「うらしま」がどれくらいの潜在的な能力を持っているかということまでは、まだ見えていません。その点は、今後の実海域試験のなかで見えてくると思います。2回目の実海域試験は8月に行われ、さらにあと2回の試験を今年度中に行う予定です。来年度には自律航行モードの試験もやりたいと考えています。

BE いまは「うらしま」の開発に全力投球という状況ですが、今後はどのような仕事に取り組んでいきたいと考えていますか。

月岡 やっていきたいことはいろいろあります。ひとつあげるとすれば、いまは支援母船を必要とする潜水機がメインですが、「うらしま」のように支援母船がいなくても様々な計測ができるようになれば、調査はもっと楽になると思います。たとえば、海上が荒れているなど、危険な海域でも潜水機が自分で潜航して計測できれば、母船は安全な場所に待避して待つことができる。そうした高性能の無人機がもっとできるといいと思います。それらの開発にあたっては、科学者のニーズという

ものもありますから、どのようなものがどんな調査・研究に使えるのかということも、研究者の人たちも含めて、みんなで考えながら開発していければいいと思います。



UROVモードでは直径1mmの光ファイバーケーブルで、母船と通信する



## 海底の面白い話や研究の最先端、 センターで耳にしたことをみんなに聞かせたい



体験と技術を、センターの研究成果とともに研修に生かす

ながね ひろよし  
長根 浩義さん（総務部 普及・広報課）

1985年の「ニューシートピア計画」、これが長根さんとセンターとの出会いだ。センター創設期の深海居住計画にテストダイバーとして参加し、水深 300mの深海潜水実験に臨んだ。現在は、技術指導も含め、研修や実習を通してセンターの様々な研究成果を一般へ普及させていく仕事を担当している。今年度から始まる研修制度についても、熱心に語ってくれた。

研究や技術開発の成果を、外部の研究者や一般の方たちに広く普及していくことは、センターの大きな役割のひとつ。その一環として行われているのが研修業務だ。これまででも、センターの経験を生かして潜水技術の研修を行ってきた。消防隊員や水産高校の生徒、港湾作業に

かかわる潜水士といった、業務として潜水を必要とする人々を対象に、年間200人近くの受け入れ実績がある。長根さんは、特に飽和潜水という特殊な技能を生かし、スクーバ潜水や潜水業務管理の指導、深海潜水体験の講師として活躍している。「南部もぐり」で有名な岩

手の潜水の町、種市の近く（青森県八戸市）に生まれ、高校時代からすでにダイバーの道を目指していた。

そもそも“飽和潜水”とはどういう技術なのだろうか。1971年に創立されたセンターの第一の使命は、資源の豊富な大陸棚の開発を目的とした、深海潜水と海中作業技術の確立だった。「しんかい6500」や「かいこう」といった、有人・無人探査船が登場する前の話だ。センターは科学技術庁の委託を受け「シートピア計画」を進めていた。その第三期ともいえる「ニューシートピア計画」では、それまでの研究をもとに実際にダイバーを深海底に送り、様々な実験が行われた。長根さんはそのテストダイバーとして計画に参加している。

「一般にいうスクーバダイビング、あれは“非飽和潜水”と呼ばれていて、全く異なった技術です。飽和というのは、体内にあるガスを飽和状態にしてやるという意味。つまり、現在私たちは1気圧の空気のなかで飽和しているわけです。飽和潜水では、ヘリウムと酸素の混合ガスを使って、24時間くらいかけて圧力を上げ、その状態で体内のガスを飽和させます。一度31気圧まで加圧してしまえば、そのまま同じ気圧、つまり300mの水深のところに出てても全く平気なんです」

実験のビデオを見せてもらった。高圧実験槽のなかに厚さ2cmの中空の鉄球を入れると、それは見事に破壊されてしまう。しかし、豆腐は決して潰れることはない。生身の人間も豆腐と同じで、物理的に潰れることはない。問題となるのは血液中の酸素量なのだ。それを時間をかけて調整し、潜水服を着て水中へ潜る、これが飽和潜水だ。

「ニューシートピア計画」では、母船にチャンパーと呼ばれる船上減圧室を搭載。ダイバーをこの中で加圧して、その後、チャンパー内と同じ気圧を保った水中エレベーターに移動し、目的の海底まで降下して水中作業に従事するという実験を行った。また、チャンパー内に居住設備を整え、長期滞在する実験にも成功した。現在、遙か空の彼方で行われている宇宙ステーション計画の海底版といってもいいだろう。ダイバーの潜水姿はまさに宇宙飛行士を思わせる。ヘルメットなども外見はそっくりだ。

「300mの深海では水温も6度くらいしかありません。ウェットの上に温水スーツを着て、その間に38度くらいの温水が流れるパイプを通してあります。初島沖や田子沖あたりで潜ったんですが、海底では360度をタカアシガニの大群に囲まれて、ちょっと恐かったですね。大きいのは4mくらいありますから。それで、その場で試料採取やパイプ接合といった作業実験を行いました。31気圧にもなると、関節が痛くなったり肩が上がらなく



茨城県の海洋高校で、消防隊員を集めて水難救助の実習

なったりはしますが、本当にしんどいのは1気圧に戻るための減圧作業です。12日間かけてゆっくりと行うのですが、その間は何かがあってもチャンパーの外には出られません。精神的にもきついですよ」

こうした技術は、実際には海底油田開発や潜水艦の救助といったかなり特殊な現場でしか利用されない。

「いつ使うかわからないのに無駄な研究だと思うかもしれませんが、技術開発や人材育成は安全管理と同じで、いざという時にすぐ対応できるように準備しておくことが大事なんです。急に思いついても、技術はすぐには確立できません。その研究成果はきちんと残っているし、飽和潜水の技術はスクーバ潜水にも応用されているし、高圧環境の体験ができる施設も、日本では他にありません。これは大切な財産です。私たちはそれを社会に還元していかなくちゃいけないんです」

現在、長根さんがもっとも力を入れている仕事は、平成12年度から始まる新しい研修事業だ。

「この研修は、センターが自主事業として参加費をいただいで行うものです。潜水技術研修は既に実施していますが、もっと広い学術的な成果全般のセミナーで、自主的に行うのはこれが初めてです。きちんとお金をいただくかわりに、講義や実習もしっかり行ない、日程や予算もご相談しながら調整します。当面は教育に携わっている全国の小中学・高校の先生方に参加していただきたいと思っています。そして、授業の合間の余談でもいいから、海洋のおもしろい話やすばらしさを生徒たちに話して欲しい。それで生徒たちが興味を持ってくれればいいんです。普及・広報課にいます。いろんな先端の話、現場の様子を聞く機会が多い。そんなおもしろい話をもっといろんな人に知ってもらいたいです」

取材当日は、前日の“夢の技術展”で“説明し過ぎて声が出ないんです”とすまなそうにいった長根さんだが、今後もセンターの普及活動のために声を大にして頑張ってくれるに違いない。



## 最先端の海洋科学技術に触れる夏の体験学習に 全国から99名が参加



水の飛ぶ勢いで、水圧を“見る”水柱実験



体験や見学があると、講義も実感できる



研究熱心な先生方。研究者への質問も止まらない



スクーバ潜水実習にチャレンジした生徒たち



コンピューターを使った実習

センターでは、今年も夏休み期間を利用して、高等学校及び高等専門学校の生徒・教師を対象とした「マリンサイエンス・スクール」(センター主催)、高等学校及び高等専門学校の生徒を対象とした「サイエンスキャンプ」(科学技術庁主催)が開催された。教育現場での「理科離れ、科学技術離れ」が問題になるなか、海洋研究に携わる研究者や技術者による多彩な講義・実習を通して、最先端の海洋科学技術研究を体験し、そのおもしろさを知ってもらい、関心や興味を高めてもらおうというものだ。

2泊3日の日程で行われたこれらの体験学習には、全国各地から生徒・教師あわせて150名を超える応募があった。そのなかから、教師を対象とした「マリンサイエンス・スクール」(7月31日～8月2日)に25名、生徒を対象とした「サイエンスキャンプ」(8月7日～9日)に

28名、同じく生徒を対象とした「マリンサイエンス・スクール」(8月16日～18日)に46名が参加した。首都圏からの参加者が多かったが、なかには沖縄からやって来た人もいた。

教師を対象に行われたスクールには、生物や地学などの他、地理、数学や農業などの関連科目の先生も参加し、ROV(遠隔操作ロボット)を操作して水中を観察したり、潜水シミュレーターで潜水時の圧力体験を行うなどの実習をはじめ、深海底探査や深海地球ドリリング計画に関する講義、沖合浮体式波力装置「マイティール」の縮小実験装置見学など、内容は盛りだくさん。最終日には、トライトンブイのホームページを使って、インターネットのデータ検索についての講義も行われた。この講義では、データベースから自分で条件を指定して希望のデータを集めたり、グラフをつくるなど、実際に研究者が論文を作成す

るときに行う方法にもトライした。また、最後のまとめの時間には、「海洋科学技術に対する生徒の興味を引きおこす授業づくり」をテーマに話し合いの時間も設けられ、「メロンの栽培などに、深層水を使ってみたらおもしろいのでは」「今回のセミナーのような教師自身の体験談を盛り込んでいくことが大切」といった様々な意見が出た。さらに、「授業のネタをたくさん仕入れさせてもらった」「今回のような内容で、各地への出張プログラムを組んでもらえると嬉しい」といった声も聞かれた。さらには、参加者同士で教育現場でのノウハウの交換なども行われ、充実した3日間だった。

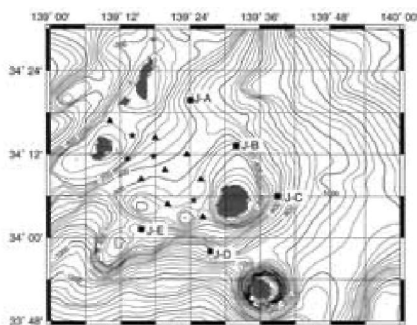
生徒向けのキャンプ及びスクールでは、潜水調査船の体験談や深海生物、地球環境と海洋などについての分かりやすい講義をはじめ、水柱を使った水圧の実験、高圧実験でつぶれた厚さ2センチの鉄球を見学するなど、海洋につい

ての興味や関心を深めるプログラムに加え、センター内の潜水訓練プールを利用して、実際に水に潜る体験潜水の実習が行われた。まずは、グループごとに分かれてシュノーケリングを練習し、馴れたところで、ポンベをつけてのスクーバ潜水にチャレンジ。指導員は飽和潜水の熟練者などベテラン揃い。はじめのうちははしゃいでいた生徒たちも、きびきびした指導のもとで、次第に真剣な表情で取り組みはじめる。そして、1時間後には、誰もが水中で過ごすひとときを楽しんでいた。水深3mの潜水ではあったが、水からあがった生徒たちは「おもしろかった!」と満足そうだった。さらに、「マリンサイエンス・スクール」に参加した46名は、センターの海洋調査船「かいはり」の船室に宿泊するプログラムも用意され、滅多に体験することのできない船内での生活を満喫した。生徒同士も初日からすっかりうち解け、有意義な体験学習になったようだった。

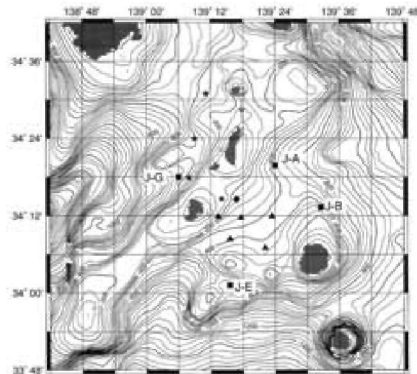


## 伊豆諸島でマグマの動きを探るための観測を実施

観測点配置（2000年7月10日より8月1日頃まで）



観測点配置（2000年8月1日より8月中旬まで）



地図中のJ-A～J-Eが、センターで設置した海底地震計。三宅島周辺に1回目は5つ、2回目では4つを投入

6月下旬、三宅島の火山活動をきっかけに始まった伊豆諸島の群発地震は、7月の1ヶ月間に震度5弱以上の地震を16回も記録し、有感地震は1万回をこえるという非常に激しい活動を示した。8月18日には、三宅島・雄山山頂で上空約8,000mにまで噴煙が達するほどの噴火（マグマが地下水に接触しておきたマグマ水蒸気爆発か、マグマに熱せられてまった水蒸気が一気に噴出した水蒸気爆発とみられる）も発生している。

この伊豆諸島の地震活動に対して、海洋科学技術センターでは、海域で頻りに地震がおきていることから、手薄になっている海域にセンターの海底地震計を設置して、観測に役立てることを6月末に急遽決定。東大地震研究所及び海上保安庁水路部と協力体制を組んで観測が行われた。

観測にあたっては、震源決定に関する観測は東大地震研究所と海上保

安庁に任せ、センターでは、通常の地震だけでなく、より長周期の波をとらえることのできる広帯域の高性能地震計を使用することを決めた。地震のような破壊的な震動だけでなく、流体、つまりマグマが地中で移動する際の震動がとらえられるのではないかと予測に基づいての採用だった。

海底地震計の設置ポイントも、東大地震研究所、海上保安庁が地震が頻りにおきている三宅島と神津島の間の海域に集中させているのに対し、センターではマグマの活動が活発と考えられる三宅島を囲むように配置した（7月10日）。活動の長期化に伴って、8月1、2日にデータの回収と2回目の設置が行われ、現在は、8月下旬に回収されたデータと併せてその解析が進められている。

センターでは、これまでにも、1998年の伊豆東方沖群発地震及び伊東沖海底噴火などの際に、研究プロジェクト活動だけでなく防災への

貢献として、長期的な群発地震活動の緊急の観測にも対応してきたが、他の機関と共同でこうした観測を行うのはこれがはじめて。深海研究部・三ヶ田 均研究副主幹は「今回は非常によい形で東大地震研究所、海上保安庁との連携がとれたと思います。私たちの研究は、通常科学的プロジェクトのもとで進められていますが、防災への意識やデータ供出などによる貢献も、もちろん必要と考えており、今回の自然地震への迅速な対応の体験を、今後にも役立てていきたい」と語っている。



観測に使用した海底地震計

## 東京ビッグサイトで、地球に残された最後のフロンティア・深海底を体験



「しんかい6500」実物大モデル。入口の研究員の解説に、みんな興味津々

去る平成12年7月21日より8月6日まで、東京ビッグサイトにおいて「21世紀夢の技術展」が開催された。日本経済新聞社主催のこの催しは、「環境保全」「情報・通信」「生命科学」「宇宙・海洋」「生活基盤」の5つのテーマに沿って、21世紀に向けた最先端の技術に触れてもらおうというもので、企業、国立研究機関、大学、自治体など111の団体が参加。映像やゲーム、ロボットや模型など先端の内容を趣向をこらした展示で紹介し、子どもから大人まで気軽に楽しめるイベントとなった。夏休みということもあり、子ども連れの来場者も多く、期間中の来場者数は12万4,728人と盛況だった。

海洋科学技術センターは東京大学海洋研究所との共同参加。ブースは「宇宙・海洋」のテーマゾーンの入り口近く、一番人通りの多い場所だ。「海洋の過去、現在から、海と人類の未来を考える」をテーマにした映像展示は、地球誕生から原始地球、マグマオーシャン、海の誕生、命の

誕生などを、カンブリア紀の古生物たちのコンピュータグラフィックスや実物の化石などをまじえて見ることができ、来場者も興味深く見学していた。センター提供の「世界初のハイビジョン映像による深海底の映像」は、神秘的に光るクラゲや深海生物たちを大型スクリーンに鮮やかに映し出していた。

センターでは「まだまだあるぞ、深海のふしぎ」をキーワードに、上記のハイビジョン映像のほかに潜水調査船「しんかい6500」実物大モデルを中心に展示を行った。「しんかい6500」の実物大モデルでは、大きなスクリーンに触ってみたり、スタッフの説明にもみな熱心に耳を傾けていたようで、来場者の注目の的であった。様々な深海生物の標本もやはり珍しかったようで、ケースの周りにしゃがみ込んだり上から覗いたり、見学者が絶えなかった。また、高圧によって潰されたカップラーメンのカップにも目を丸くしていた。



ひと通り展示を見た人には、コンピュータによる「深海底探査」の体験ゲームコーナーも用意されていて、ここではパソコンに慣れ親しんだ子どもたちが熱心に操作する姿が見られた。

また今回は、時間を決めてブース内でのクイズラリーも行った。展示内に隠されている答えを冊子に記入し、全問正解するとその場で「海博士認定証」とオリジナルの下敷きやキーホルダー、ボールペンが贈呈された。解答用紙を手にすると、親子や友だち同士で真剣に相談し、カウンターで花マルをもらおうと大人も嬉しそうにはしゃいでいた。

来場者のほとんどはこれが初めての「深海体験」ということで、「見たことないものばかりでびっくりした」「潜水船がかっこよかった」といった声が多く聞かれた。会期中は平日でも600～700人、休日には3,000人近くの人がブースを訪れた。これを機に海洋に興味を持つ人がさらに増えてくれたことと思う。



## 人と海との関わりを考える「テクノ・オーシャン2000」開催

「海洋に託す21世紀」をテーマに、平成12年11月9日（木）～11日（土）神戸国際展示場で「テクノ・オーシャン2000」が開かれる。海洋に関連する国際見本市をはじめ、国際シンポジウム（テーマ「人は海について何を思ったのか、そして21世紀地球社会と海の関わりは」）、学術研究団体展など、様々なイベントが併せて開催されるが、海洋科学技術センターでは、「しんかい6500」実物大モデル「北極海水漂流ブイ」実機などの展示や深海映像の上映を行うほか、10日～11日には、神戸港内で海洋調査船「かいよう」の一般公開も実施する。また、9日の記念講演会では、当センターの平野拓也理事長が、「海と日本人」をテーマに講演を行う（要事前申し込み、参加費無料）。



※問い合わせ、講演会申し込み等に関する連絡先

（財）神戸国際観光コンベンション協会  
TEL：078-303-0029  
FAX：078-303-1870



## 海洋科学技術センターオリジナルTシャツ



海洋科学技術センターの深海調査研究船「かいれい」と10,000m級無人探査機「かいこう」のカラーイラストが背中にプリントされたオリジナルTシャツ。袖にセンターのシンボルマークもついている。サイズはM、L（海洋科学技術センターにて販売）。価格 2,000円

●オリジナルグッズに関するお問い合わせ

日本海洋事業株式会社 センターグッズ係  
〒238-0004 神奈川県横須賀市小川町14-1  
TEL：0468-24-4611  
FAX：0468-24-6577

オリジナルTシャツを『Blue Earth』読者のなかから抽選で5名様にプレゼント!!

【応募方法】

官製はがきに「オリジナルTシャツ（かいれい）希望」と記入し、郵便番号、住所、氏名（ふりがな）、年齢、職業（学年）、電話番号、希望サイズ、いちばん興味を持った記事、『Blue Earth』へのご意見・ご希望を明記の上、下記までご応募ください。応募締め切りは、2000年9月29日（金）当日消印有効。当選者の発表は、51号で行います。

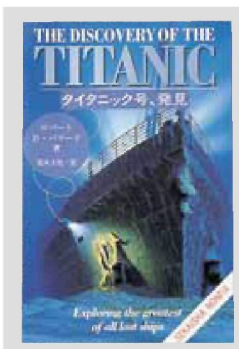
【応募先】

〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15  
海洋科学技術センター 情報管理室 プレゼント係

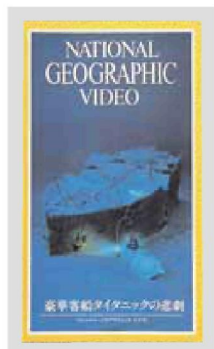
### 【47号「携帯ストラップ」当選者】

浅田新陽様 大山知幸様 清水卓雄様 中山陽子様 林伸彦様

## 『タイタニック号、発見』『豪華客船タイタニックの悲劇』



『タイタニック号、発見』  
ロバート・D・バラード 著  
荒木文枝 訳  
発売元 愛育社  
1,800円（本体価格）



ビデオ『豪華客船タイタニックの悲劇』  
ナショナル・ジオグラフィックビデオ  
発売元 東宝東和  
3,950円（本体価格）

### タイタニック号発見の裏にあった海洋科学者たちの物語

ジェームス・キャメロン監督『タイタニック』によって、再び世界中に感動をよんだこの豪華客船の悲劇は、今さらここで繰り返すこともないであろう。今紹介する本とビデオは、「タイタニック号」の残骸を発見し探索した科学者たちのドキュメンタリーだ。

1985年、ウッズホール海洋学研究所のロバート・D・バラード博士とIFREMERのジャン＝ルイ・ミシェル率いる調査隊がタイタニック号を発見した、という知らせに世界中が沸きかえった。マリンスノーが舞う暗い海の中、ライトに浮かび上がるタイタニックの船首、いまだ錆びず

に鈍い光を放つ鍋、ついに栓を抜かれることになったシャンパンボトル。ビデオに収録されたカラー映像には、感慨深いものがある。タイタニックは、水深3,800mの海底に静かに時を止め眠っていたのだ。

バラード博士はウッズホールの海底地質学者だが、一方でタイタニック号の物語にも心を奪われていた。しかし、彼が入所した当時の技術では海底探査はまだソナー探査が一般的であり、有人潜水艇も水深1,800mまでの潜水実績しかなかった。やがて、アルヴィン号が水深4,000mクラスの潜水能力を備えたのを機に、バラードは海底撮影技術の確立というお題目をつけ、本格的にタイタニック探査の計画を考えはじめる。母船とケーブルでつながれた無人潜水

艇、さらにそこから遠隔操作ビデオロボットを泳がせ深海を撮影する。これでタイタニックが発見できれば、その科学技術も同時に世界に実証することができるからだ。

実際には、第1回目の探索で無人潜水艇が最初の映像を収め、続く翌年の探査ではアルヴィンを使い、さらに高性能な遠隔操作ロボットで多くの記録を収めることに成功した。潜水艇の小さな窓から海底を覗き、コントローラー操作でケーブルの先の撮影ロボットがゆらゆらとタイタニックの大階段を降りていく様子もがて、アルヴィン号が水深4,000mクラスの潜水能力を備えたのを機に、バラードは海底撮影技術の確立というお題目をつけ、本格的にタイタニック探査の計画を考えはじめる。母船とケーブルでつながれた無人潜水

艇、さらにそこから遠隔操作ビデオロボットを泳がせ深海を撮影する。これでタイタニックが発見できれば、その科学技術も同時に世界に実証することができるからだ。

艇、さらにそこから遠隔操作ビデオロボットを泳がせ深海を撮影する。これでタイタニックが発見できれば、その科学技術も同時に世界に実証することができるからだ。

沈没から74年の沈黙をやぶって姿を現わしたタイタニック号の影に隠されていた、もうひとつの物語。それは、タイタニックへの思いと先端の科学技術がひとつとなった、難破船発見＝宝探しの物語であり、また最先端海洋探査のドキュメンタリーでもあった。その後も、タイタニックでは数々の調査や撮影が行われ、悲劇の真相がより明らかになっている。あのキャメロン監督も、ロシアの科学者の協力を得て有人潜水艇ミールに乗って現場まで降り、冒頭のシーンを撮影したそうである。



## 編集後記

このところ連日、ロシアの原潜「クルスク」がバレンツ海で沈没したニュースが大きく報道されています。なんでも、浸水のため乗組員118人は全員死亡したということです。我々は「しんかい6500」や「しんかい2000」が数千メートルの深海でも、毎日無事故で調査潜航を行っていることが当たり前のようについ思ってしまいがちです。しかし、今回のニュースは、海の中ではたった水深108メートルでも大事故が起こりうるということを改めて教えてくれました。ここに、お亡くなりになられた「クルスク」乗組員のご冥福をお祈りいたします。

さて、今月の『Blue Earth』では、当センターの潜水調査船をはじめとする探査機器を駆使して行われた、ハワイ島近辺の海山の調査に関連した特集を組んでいます。観光の島ハワイですが、実は、地球上で最も活発な火山活動によって新しい島が形成されている現場でもあります。最新レポートでは、最近話題の「深層水」を取り上げ、我々の生活にどのように役立っているかを解説してもらいました。「深層水」については、まだまだ分からないことが多いとのこと、今後の研究に期待しています。(情報管理室 土屋)

『Blue Earth』誌に関するご意見、ご要望は、メールアドレスinfo@jamstec.go.jpまでお願い致します。

## Blue Earth (旧JAMSTEC) 第12巻 第5号 (通巻第49号)

2000年9月 発行

編集人 海洋科学技術センター 情報管理室 吉村 悟  
発行人 海洋科学技術センター 情報管理室 土屋 利雄  
本 部 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15  
TEL (0468) 66-3811 (代表)  
FAX (0468) 66-6169 (情報管理室)  
むつ事務所 〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地  
TEL (0175) 25-3811 (代表)  
東京連絡所 〒105-6791 東京都港区芝浦1丁目2番1号  
シーパンスN館7階  
TEL (03) 5765-7101 (代表)  
ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>  
制 作 株式会社 ニュートンプレス

本書掲載の文章、写真、イラストを無断で転載、複製することを禁じます。





海洋科学技術センター

Japan Marine Science and Technology Center