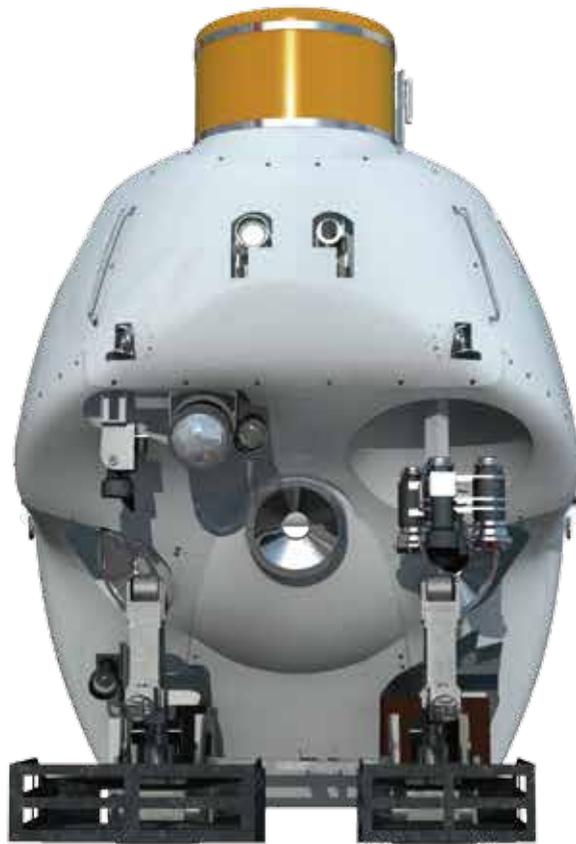


JAMSTEC

「しんかい 6500」

特別見学会



2013年8月18日
JAMSTEC 横須賀本部

深海ってどんなところ？ 化学合成生態系って何？

一般的に水深200mより深いところを「深海」と呼びます。地球の表面積のうち、海は約70%あり、さらにその海の約95%が深海です。深海は暗黒、高圧、冷温という極限環境です。また栄養源が乏しく、生物はまばらにしか存在しません。ところが、唯一「砂漠のアオシス」のように、生物が密集している場所があります。それが熱水噴出孔や湧水域などです。

なぜ栄養が乏しい深海に、生物が集中しているのでしょうか？

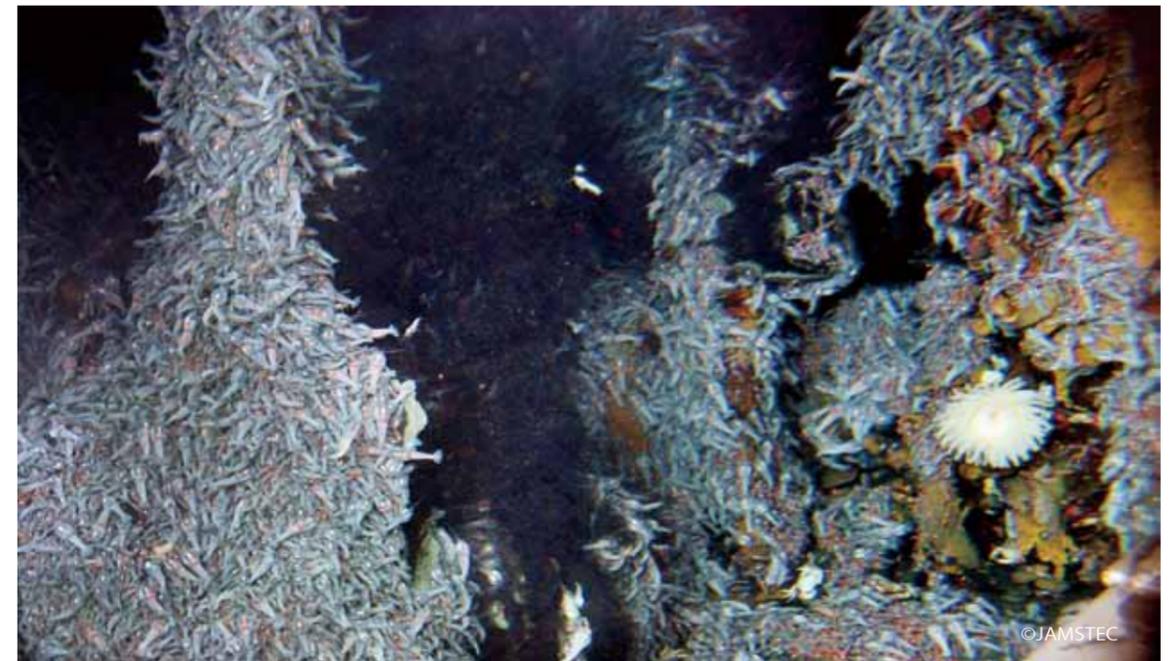
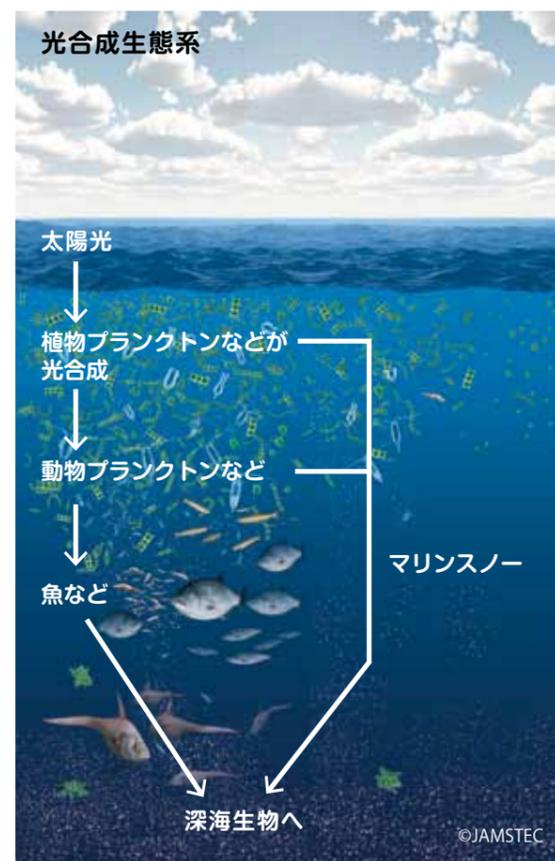
ほとんどの海の生物は、直接または間接的に、太陽の光をエネルギー源とした光合成生態系によって成り立っています。

しかし、一部の深海生物は、海底下からわき出る化学物質(硫化水素やメタンなど)をエネルギー源として生きており、これを化学合成生態系と呼びます。この生態系はバクテリア(真正細菌)やアーキア(古細菌)といった微生物が食物連鎖の始まり(生産者)となっています。

熱水噴出孔などからわき出る化学物質は、普通の生物にとっては有害なものであり、決して生きていくのに適した場所ではありません。しかし、普通の生物が進出できない環境であるため、そこに適応した生物は「砂漠のアオシス」のようなパラダイスを作っています。深海にも関わらず、ものすごい量の生物たちが生きているのです。

例えば、インド洋中央海嶺の熱水噴出域(水深2500m)には、まるでハチの巣のように大量のカレイ、イツノナシオハラエビが密集しています。深海でこれだけの生物が生息できるのが化学合成生態系の大きな特徴です。

化学合成生態系では、生産者であるバクテリアやアーキアといった細菌は、それを栄養源とする体長が大きい生物(貝やエビ・カニ類など)と共生していることがあります。体長の大きい生物は、この細菌から栄養をもらうことで、一見過酷な環境を上手に利用して、大繁栄を遂げているのです。



インド洋中央海嶺の熱水噴出域(水深2500m)の様子

熱水噴出孔にいる深海生物たち

スケーリーフット

～鉄のうろこを持つ？ 持たない？～

スケーリーフットは、軟体部の足がウロコ状の組織でおおわれている巻き貝です。さらに、地球上で唯一「硫化鉄の鎧をまと生物」でもあります。この貝は、インド洋の水深約2500mにある深海の熱水噴出孔に生息しており、場所によって黒スケーリーフット(黒スケ)と白スケーリーフット(白スケ)が確認されています。正式な種としては、未だに記載されていません。

黒スケ(通称)は、ウロコ状の組織や貝殻が硫化鉄という金属でおおわれていて黒くなっていますが、白スケ(通称)は、硫化鉄でおおわれていないため白くなっています。硫化鉄でおおわれることが何によって決まるのか。例えば周りの環境によって作られているのか、黒スケ自身がコントロールして作っているのかなど、まだわかっていません。



熱水噴出孔にいる深海生物たち

ツノナシオハラエビ

～熱水に群がるエビ～

ツノナシオハラエビ類(リミカリス *Rimicaris*)は、しばしば熱水噴出孔の周りに大群で生息し、甲らが大きくふくらんでいるのが特徴です。その甲らの内側には、熱中の硫化水素から栄養をつくと期待される細菌がたくさん付着しており、この細菌がエビの餌となっていると考えられています。そのため、ツノナシオハラエビの仲間は、できるだけ熱水の近くにいき、たくさんの硫化水素を「えさ」として細菌に供給しなくてはなりません。しかし、熱水は300℃を超える高温になるので、近すぎると焼けてしまいます。そこで、彼らは背中に特殊なセンサーであるとされる背上眼を持っており、熱水から発せられる微弱な光を感知すると考えられています。この感覚器官によって熱すぎず冷たすぎず、ちょうど良い場所に身を置いて暮らしているのではないかと考えられています。

今回、「しんかい6500」がカリブ海の水深5000mという世界最深の熱水噴出域から採集したリミカリス・ハイビスエ (*Rimicaris hybisae*)は、2012年にイギリスの研究者たちが論文に記載した新種で、まだカリブ海でしか発見されていません。和名はまだありません。



熱水噴出孔にいる深海生物たち

ハオリムシ類 (チューブワーム) ～はたしてこれは生物か?!～

熱水噴出孔の代表的な生物であるハオリムシ類 (チューブワーム) は、口や胃を持っていませんが、れきつとした動物です。釣りのえさなどにされるゴカイの仲間です。

ハオリムシ類は、自分でえさを食べることができない代わりに、体の中に大量のバクテリアを共生させています。「赤いエラ」から酸素や二酸化炭素を取り込み、「根っこ」からは体内に共生させているバクテリアに必要な硫化水素を取りこんでいると考えられています。体内のバクテリアが硫化水素を酸化する際に発生するエネルギーで化学合成を行い、その有機物を栄養源としてハオリムシが生活しています。



ユノハナガニ

～熱水噴出孔にいるライオン?!～

熱水噴出孔周辺の海底に点在して生きている真っ白なカニ。名前の由来は、温泉に咲く「湯の花」。太陽光の届かない暗黒の深海に適応した結果、目は退化していますが、光を感じる機能は持っていると考えられています。

大きなハサミを使って、周辺の動物や、有機物やバクテリアなどのかたまりを食べています。つまり、熱水噴出孔の生態系では、他の生物をおそう捕食者、と言ってもいいかもしれません。

深海生物ではめずらしく、大気圧下でも飼育しやすい生物です。



ゴエモンコシオリエビ

～腹毛養殖牧場～

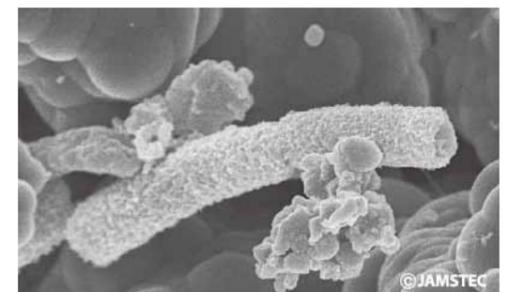
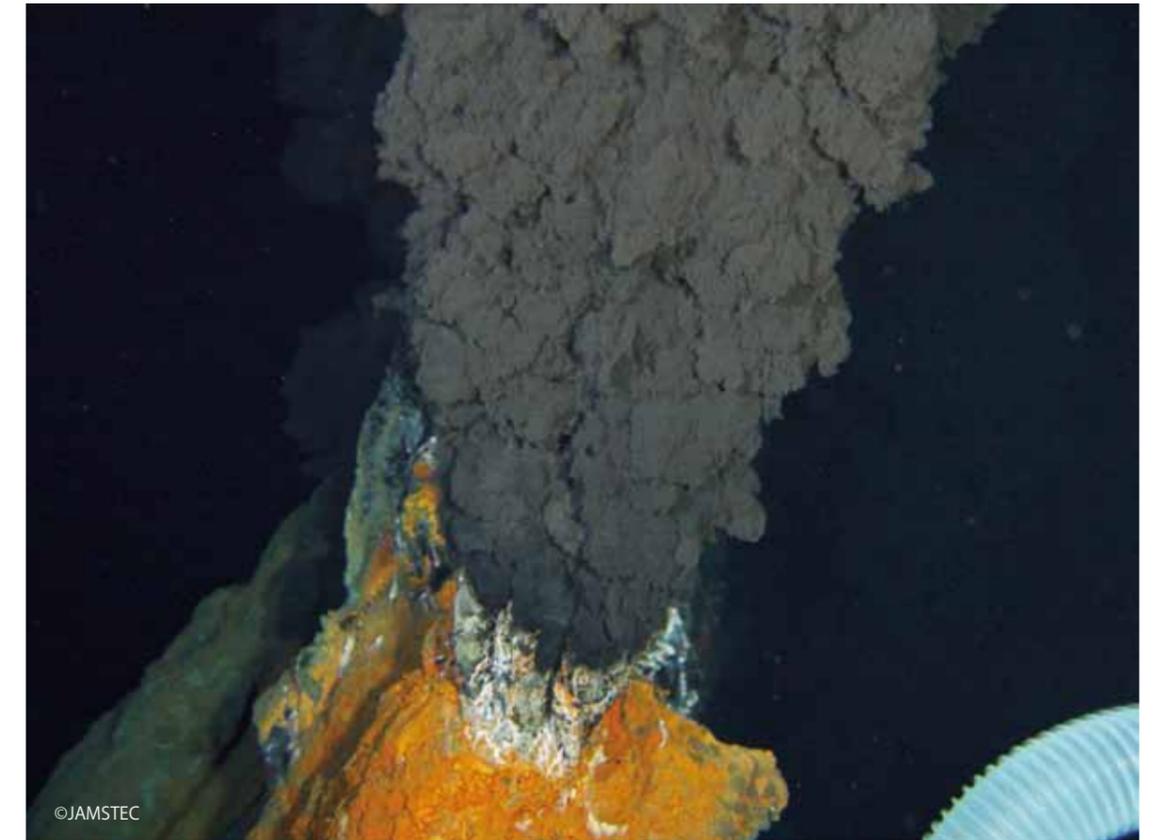
ゴエモンコシオリエビは沖縄トラフの熱水噴出域でしか発見されておらず、日本を代表する深海熱水域の動物です。釜ゆでの刑にあった石川五右衛門が名前の由来であり、エビでもカニでもなくコシオリエビ(ヤドカリの仲間)に分類されます。ゴエモンコシオリエビのお腹には密集した毛が生えていて、その毛でたくさんのバクテリアを飼っています。このバクテリアは熱水中の硫化水素とメタンから栄養を作ります。そして、ゴエモンコシオリエビは育ったバクテリアを手のような器官でこそいで食べて生活しています。



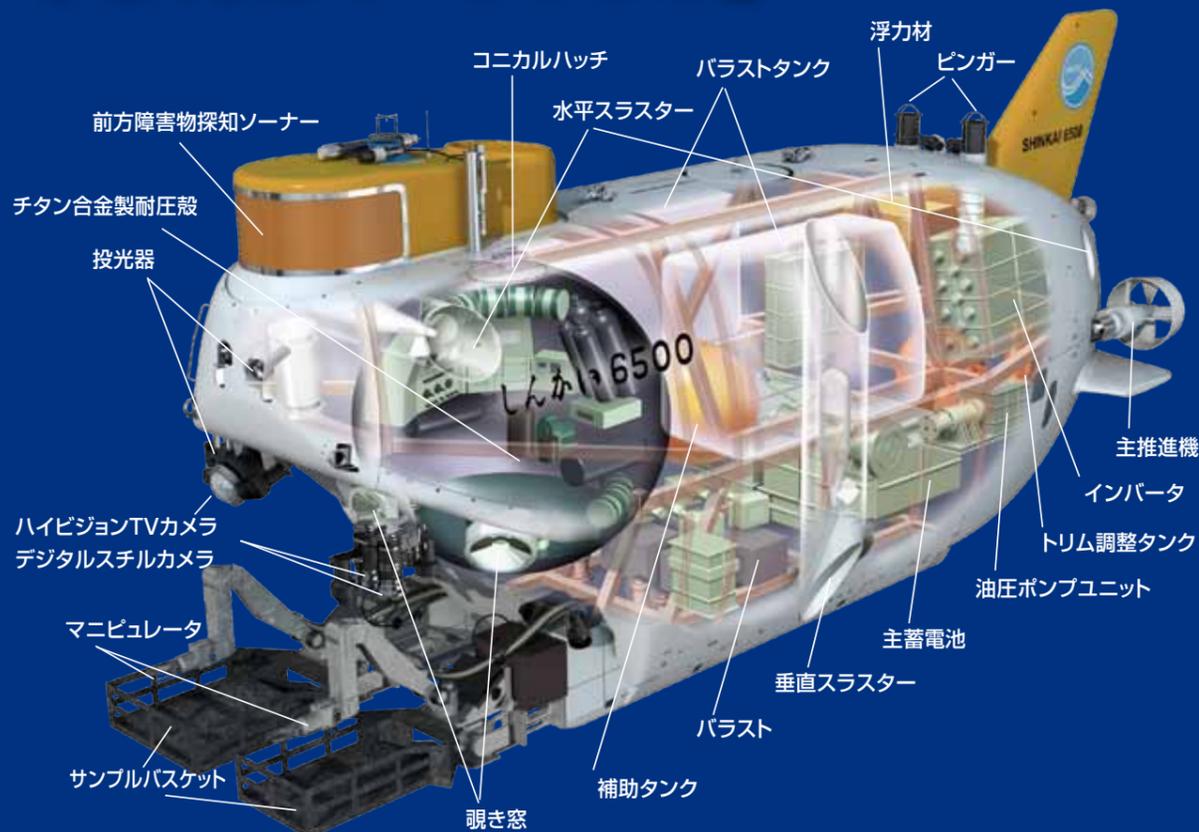
生命の起源は深海の熱水噴出孔ではないか？

地球に生命が誕生したのは、いまから約40億年前だと考えられています。生命の誕生には仮説がいくつもありますが、深海の熱水噴出孔が地球生命誕生の場である可能性が最も高いと考えられています。

熱水噴出孔では、熱水に含まれる鉱物成分が煙突状に「チムニー」を形成し、そこから煙のように熱水が噴き出しています。チムニーでは、熱水によって生命の素となる材料やエネルギーが供給され続け、鉱物の中に作られた細かく小さな孔(あな)が細胞のような働きをしたと考えられています。この孔の中で、生命の材料が生成・濃縮されて「膜状」のものが形成されていき、やがて膜が閉じて「泡状」となった原始生命細胞が、海中へと進出していったのではないかと考える仮説もあります。



有人潜水調査船 「しんかい6500」



有人潜水調査船「しんかい6500」は、深度6,500mまで潜ることができる潜水調査船です。1989年に完成し、日本近海に限らず、太平洋、大西洋、インド洋等で、海底の地形や地質、深海生物などの調査を行い、日本のみならず世界の深海調査研究を担う重要な役割を果たしています。

全長	9.7m
幅	2.8m
高さ	4.1m [4.3m] (垂直安定ひれ頂部まで)
空中重量	26.7トン
最大潜航深度	6,500m
乗員数	3名 (パイロット2名/研究者1名)
耐圧殻内径	φ2.0m
通常潜航時間	8時間
ライフサポート時間	129時間
ペイロード	150kg (空中重量)
最大速力	2.7ノット
搭載機器	ハイビジョンテレビカメラ 塩分、水温、圧力計、溶存酸素の測定器 デジタルカメラ 海水温度計 マニピュレータ 可動式サンプルバスケット

「しんかい6500」のここがすごい！ 乗組員の命を預かる耐圧殻に秘められた技

■耐圧殻（たいあつこく）

1平方センチメートルあたり約680kgという水圧がかかる深海6500mで、安全に調査活動を行えるように3名の乗員が乗り込むところ。



●点検・整備のために耐圧殻とバラスト以外ほとんどの機器を外した「しんかい6500」。



●チタン合金の圧延板

■チタン合金で強く、軽く

水深6500mの水圧に耐えるため、「しんかい6500」の耐圧殻はチタン合金製。チタン合金は、鉄より軽くて強い上に、曲げたり溶接したりといった加工にも耐えられる柔軟性を持っています。耐圧殻の厚さは73.5mm。



●完成直後の耐圧殻

■真球度は1.004

外からかかる圧力に最も強い形状が球形です。しかし、少しでもゆがみがあると、1点に圧力が集中し、壊れやすくなります。「しんかい6500」の耐圧殻の真球度は1.004とほとんど真球に製作されており、世界最高レベルです。耐圧殻には、乗組員が入り出すハッチ、観測するためののぞき窓、電線を通す穴などがあります。それらの凹凸も含めて全体が真球として扱えるように、精密な設計がなされています。



●耐圧試験で壊れた
実物の3分の1のサイズの耐圧殻

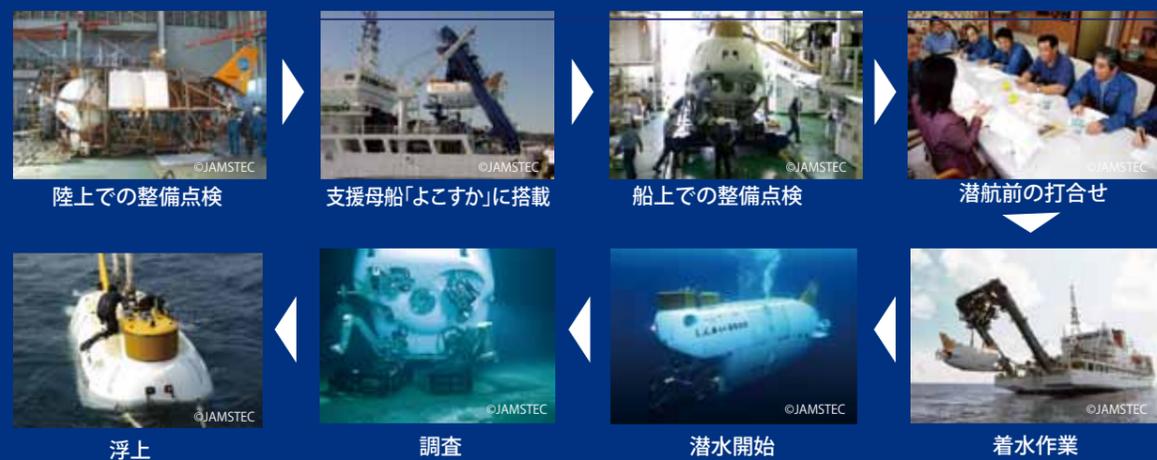
■信頼を勝ち取る耐圧試験

耐圧殻は乗組員の命を預かるので、絶対の信頼がなければなりません。実物の3分の1のサイズの耐圧殻を製作し、JAMSTECの高圧実験水槽で耐圧試験を行いました。水深6,500mに相当する水圧を1,500回かけても異常がないことを確認。その後、破壊するまで水圧を加える圧壊試験も行いました。耐圧殻は、水深1万3000mに相当する水圧で壊れました（左写真）。実物の耐圧殻は、完成後アメリカの海軍の施設で、7,150mに相当する水圧をかける耐圧試験を行っています。



●耐圧殻内の様子

「しんかい6500」潜航までの行程



支援母船「よこすか」

支援母船「よこすか」は有人潜水調査船「しんかい6500」の母船です。人を乗せて世界で最も深く潜水できる「しんかい6500」の運搬や整備、支援をしています。そのために、「しんかい6500」をつり下げることができるクレーンや、整備を行う広い格納庫があります。また、「よこすか」は深海巡航探査機「うらしま」の活動も支えています。そのほかにも海底の地形を調べて「海底地形図」をつくる海洋調査の仕事も行っています。



「しんかい6500」が見た世界の深海底

1 インド洋中央海嶺
巨大なブラックモーカーでも知られるこの海域で、硫化鉄のつらねを持つ、スクーリーフットを採取しました。スクーリーフットは、この海域中の調査では限定された場所でのみ確認されています。

2 太平洋マヌス海盆
バブアニューギニア沖にあるマヌス海盆には多くの熱水噴出域があり、それぞれに特徴的な生物群集が存在します。バックマウスサイトでは、黒い熱水、ブラックモーカーが吹き出しています。

3 北フィジー海盆
「しんかい6500」が日本周辺以外で初めて撮影したのが北フィジー海盆です。この一帯は海底から流れ出した溶岩流が固まり、独特の景色を作り出しています。

4 マリアナトラフ
マリアナトラフは、600万年ほど前より現在までプレートが拡大を続けている活動的な場所です。噴出する熱水の周辺には化学合成生物群集が生息します。アルビンは熱水域で見られる黒っぽい巻貝ですが、マリアナトラフには熱水の成分のためか、黄金色のアルビン貝が見られました。



5 ハワイ諸島周辺
1999年8月19日、「しんかい6500」は記念すべき5000回潜航を達成しました。ハワイ諸島は、マントル層から吹き出すホットスポット上で形成された火山がプレートとともに移動してきた山列です。地球内部を理解するうえでも重要な場所です。

6 東太平洋海膨
東太平洋海膨では、多くの機器を設置し世界初の深海長期観測を実施しました。写真左は、マニピュレータで熱水を採取している様子です。海面からのゆらぎのなかに大きく見えるのはガラ(ガラス)ハオリムシで、直径3cm、長さ2mlにもなります(右)。

7 大西洋中央海嶺
大西洋中央海嶺には、東京ドームに匹敵する巨大なTAG熱水マウンテンが湧き出しています。黒く影のように見えるのが吹き出しているブラックモーカーで、白く見えるのはそれに群がるエビです。



「しんかい6500」が見た日本の深海底

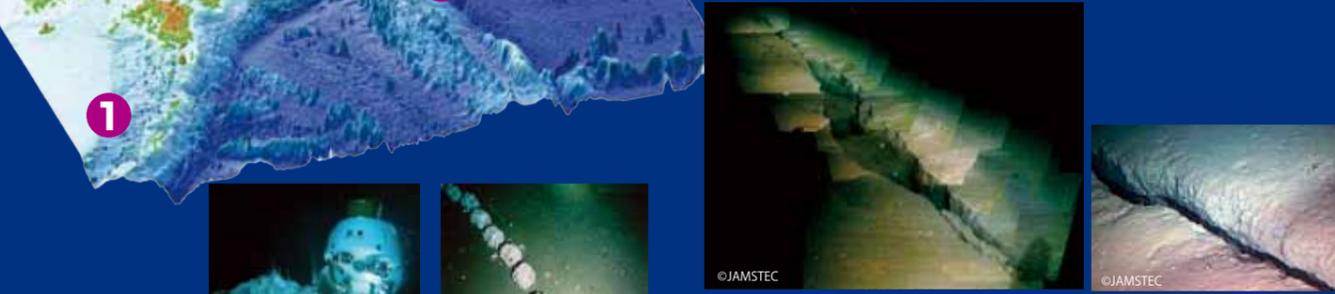
1 南西諸島海域
大きなチムニーがあることで知られている鳩間海丘で無人探査機「ハイバードフィン」とジョイントダイブした際に「ハイバードフィン」が撮影した、水深約1480mで調査中の「しんかい6500」。

2 伊豆・小笠原海域
鳥島海山の調査中に白いブロックのようなクジラの骨が見つかりました。後の調査で、鯨の骨に依存する生物群集が確認され、熱水域の生物群集に続く深海の新たな生態系として研究が進められています。

3 日本海溝
水深5,351m。幅、深さともに約1m、南北方向に少なくとも約80m横たわっている亀裂を発見しました。2006年に同じ場所で行った際には、亀裂は見つかっていませんでした。東北地方太平洋沖地震でできた亀裂だと考えられます。

「しんかい6500」による東北地方太平洋沖地震震源海域の調査

水深3218m。南北方向に認められた海底の亀裂。幅約20cm、長さは不明だが少なくとも10mは超えていました。底は深く深さは確認できていませんでした。





<http://www.jamstec.go.jp/>

JAMSTEC