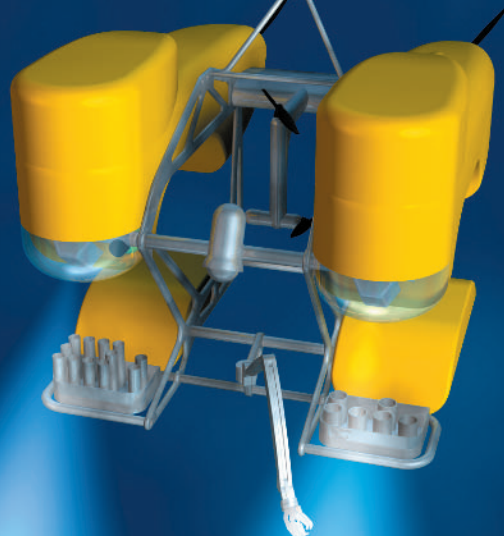
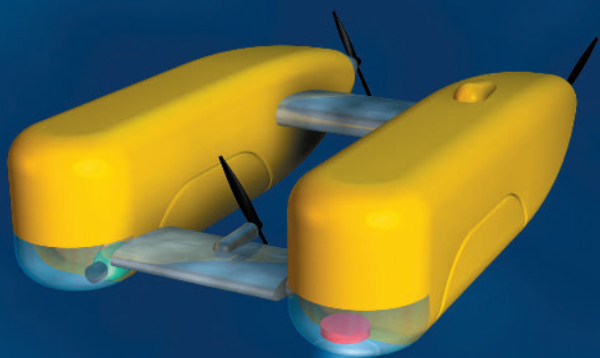


Back to the bottom

水深 1 万メートルへの再挑戦

Nature Vol.437(612-613)/29 September 2005



自由自在：無人潜水機「HROV」は、自律的に航行するモード（左）からケーブルでつながれたモード（右）へ母船上で切り替えることができる。

海底の最深部に潜って科学調査を行うことができる、多目的なロボット潜水機の開発が進んでいる。深海調査の未来を担う潜水機を建造しようとしている、米国のウッズホール海洋研究所を Robert Cooke が訪れた。

台風の風雨が強まってきた。日本の深海調査研究船「かいらい」のオペレーターは、賢明と思われる決断を下した。海中に伸ばしていたケーブルをたぐりこみ、その海域を去ろうとしたのだ。しかし、ケーブルは釣り糸のようなものではなく、世界の最深部まで潜れる潜水機につながっていて、数キロメートルもの長さがあった。「かいらい」の乗組員がケーブルの最後を巻き上げたとき、何かがなくなっていた。ケーブルの端にあるべき潜水機（子機、ビークル）がなく、ケーブルが明らかに切れていたのだ。

2003年のその嵐の日の出来事により、深海調査の将来にややかげりがみえた。「かいらい」を母船とする無人潜水機「かいこう」は、日本の海洋研究開発機構（神奈川県横須賀市）にとって花形であるだけでなく、世界のあら

ゆる深海潜水機の中のスターだったからだ。「かいこう」は1995年に、海面下1万1000メートルにあるマリアナ海溝のチャレンジャー海淵の底に到達した。この深さに潜水機が達したのは2回目で、ロボット潜水機としては初めてだった。

しかし今や、「かいこう」も後進に道をゆずり、さらに高性能な潜水機が開発されるときのような。有名な研究用有人潜水艇「アルビン」の本拠地であるウッズホール海洋研究所（米国マサチューセッツ州）の海洋技術者たちは、海の最深部や最も調査の進んでいない領域を調べるための新たな潜水機の開発を進めている。一部の部品はまだ設計中で、全体の形状さえ決定していないが、この潜水機を2006年夏に進水させ、チャレンジャー海淵へ潜る準備を2007年までに整えるつもりだという。

彼らによると、この潜水機は行方不明の「かいこう」や、あと4年ほどで引退することになっている「アルビン」の単なる代替機ではない。自動誘導モードか、あるいはひげのように細い光ファイバーケーブルを通じて海面のオペレーターが操縦するモードのいずれかで、海中を航行することができる、多才でさまざまな用途に適応可能なものになるという。これはすでに実証されている2つの海洋探査技術を組み合わせただけで、潜水機はその機能そのままに「ハイブリッド無人潜水機(HROV)」とよばれる。

HROVは「アルビン」と似ているが、人は乗り組まず、写真とビデオ映像を撮影し、ソナーで水中を探索し、海底の岩や沈殿物などの試料を採取する。任務によっては、自律航行モードで広い領域を自分で調査することもできる。

HROVは、ケーブルを通じて、また

は自律的にも動くことができる2つのモードを搭載した初めての潜水機になるはずだ。この2つのモードの利点はすでに実証されている。自律型無人潜水機は、広い領域の調査や、常時の監視を必要としない任務で役立つことが証明されている (*Nature* 421, 468-470; 2003 を参照)。ケーブルから開放された自律型無人潜水機は水中の経路を自動的にたどって、熱水の噴出口や藻類の異常発生など、さまざまな現象のデータを集めることができる。一方、ウッズホール海洋研究所の「ジェイソンII」などのケーブル付き無人潜水機は、新しくできた熱水噴出口など、興味のある特定の場所へと遠隔操縦で誘導できる利点がある。しかし、母船とつなぐケーブルが重荷になるため、水中での操作はむずかしく、時間がかかる。

光ファイバー誘導と自律型

開発費 500 万ドル (約 5 億 7500 万円) の HROV は、自律航行と遠隔操作の両

方式の長所をあわせもつように設計されている。ウッズホール海洋研究所の海洋設備運用部門長 Robert Detrick は「HROV はモードの切り替えができるために、とても柔軟に使うことができるだろう」と話す。

HROV は、自律航行モードでは命令を順次実行するようプログラムされ、たとえば探索のための基盤目に沿って誘導される。そして、記録したデータを届けに海上の母船に戻る。何かとくに興味深いものが見つければ、リアルタイムのデータを集め、母船からの命令にそのつど応答させるため、HROV をケーブルでつないで再び海中へ送りこむことも可能だ。この一連の作業は、1 台の潜水機と 1 隻の母船を使って 1 日で行うことができる。

海洋科学者にとってさらによいのは、HROV にとって深さが障害にはならないことだ。「アルピン」は海面から 4500 メートルの深さに安全に達することができるが、これでは海底の大半には届かない。ロシアが所有する有人潜水

艇「ミール」とフランスの有人潜水艇「ノーティール」も深さ 6000 メートルまで潜ることができる。日本は無人潜水機「かいこう」を失ってから、6500 メートルまで潜れる有人潜水艇「しんかい 6500」を使って、深海の調査を続けてきた。無人潜水機「ジェイソンII」も深さ 6500 メートルに到達できる。

しかし、海の最深部の調査は HROV の完成を待たなければならない。「既存の有人潜水艇では到達できない領域へ近づくことが可能になると思うと心が躍る」と Detrick は話す。そして、その深さでは必ず発見があるはずだ。「かいこう」がチャレンジャー海淵に潜ったときには、極端な高圧に耐えることができる原始的な有孔虫 (単細胞生物) を含む堆積物を持ち帰った¹。その深さに達した他の潜水艇は、フランスが建造した「トリエステ」だけで、スイスの科学者 Jacques Piccard と米海軍の John Walsh は、1960 年にトリエステに乗ってチャレンジャー海淵の底に達した。

しかし、ウッズホール海洋研究所の上級研究員 Susan Humphris は「記録を樹立することが HROV の目標ではない」と話す。HROV は多くの能力をもっているため、どの深さでも役に立つはずだ。「私が興味をもっていることの 1 つは、現在の技術では到達できない場所、とくに北極圏を調べることが可能になることだ」と彼女はいう。遠隔操作される無人潜水機は、つないでいるケーブルが氷で切れ、潜水機を失ってしまうおそれがあるため、一般に北極圏では使用されない。しかし、HROV は 2 つの能力をもつため、もしもケーブルが切れても、海中へ潜りこむ入り口になった氷の穴へと、自力で戻ることができるだろう。

「北極海についてはまだほとんどわかっていないため、潜水機による調査は重要な発見につながる可能性が高い」と Humphris は話す。彼女はとくに、北極海の海底の岩石を化学的に調べる



ウッズホール海洋研究所の研究者たちは、浮力ボールの試験を行っている。

ことに関心があるという。「私たちが現在手に入れることができるものの中で、地球全体の初期の材料に最も近い類似物は、こうした海底の表土なのだ」。Humphris たちの研究グループはすでに、HROV が氷の下で調査をはじめたらどのような地球化学的発見の可能性があるかを予測し、それを試すための予備実験を行っている。

HROV は他の深海潜水機と比較して、比較的簡単に運用できるはずだ。その理由の 1 つは、HROV を海洋へ運ぶための専用船や多人数の専門乗組員が必要ではないことだ。必要なすべての部品は、大型船ならだいたいのせることができる大きさのトラックに積んでしまえる。そして、少人数の専門技師とエンジニアのチームで航海に出る。ウッズホール海洋研究所のチームは、1 日の運用にかかるコストを 1 万ドル（約 114 万円）未満に抑えようとしている。これはジェイソン II と比べると、3 分の 1 から 2 分の 1 のコストだ。

コストを抑えるため、HROV の技術の多くは既存のものを使おうとしている。たとえば、潜水機に浮力を与える



セラミックでできた浮力ボールの薄い殻の強度は、深海の水圧をかなり超える圧力まで試されている。

殻の薄いセラミック球は、米国のビール会社「クアーズ」が開発した技術の副産物だ。クアーズ社は、よりよいビール用フィルターを作るためにセラミックを研究した。HROV と海面をつなぐ細い光ファイバーケーブルは重要な技術の 1 つだが、これは米海軍が魚雷誘導のために開発したものである。米海軍は HROV 開発プロジェクトに協力している。また、ジョンズ・ホプキンス大学（メリーランド州ボルティモア）のロボット工学の専門家 Louis Whitcomb もプロジェクトに協力しているひとりだ。

バッテリーも内蔵

ケーブルを通じて電力が供給される「かいこう」と異なり、HROV は内蔵バッテリーから電力を得る。ケーブルは通信だけに使われ、電力を供給するわけではないので、とても細く、たとえば「かいこう」のケーブルよりもはるかに軽量にすることができる。工学技術チームのリーダー Andrew Bowen によると、ウッズホール海洋研究所の開発チームは切れるおそれのないケーブルを開発するため、海上の母船と海底間の通信を保ったまま、ケーブルをテストしたという。

コッド岬にある絵のように美しいキャンパスに立つウッズホール海洋研究所の深海潜水研究室には、この潜水機のために考案されたプランが集まってきている。旅行者でにぎわうフェリー乗り場からそれほど遠くないところに大きなガレージのような部屋があり、エンジニアたちはここに集まっている。コンクリート製の床には工具や機械類、部品が散らばっている。HROV はここで建造されるのだ。

しかし、エンジニアたちはまず、どの新技術を盛りこむかを決めなければならない²。「開発の初期段階として、リスクの高い部分から取り組んでいる」と Bowen は話す。たとえば開発チームは、暗い深海を照らすための低電力

発光ダイオードを試している。また、クアーズ社の技術を使った特別に強力なセラミック球など、潜水機の浮力を保つためのさまざまな方法も試験中だ。

Bowen は実験室に、直径 9 ~ 20 センチの白い球の見本を並べている。技術者たちは、そのうちのサイズがベストかを決定しようとしている。チャレンジャー海淵の底の水圧は 120 メガパスカルと見積もられているが、この球は 200 メガパスカルの圧力に耐えるべくテストが重ねられているところだ。「このような厳しいテストが必要なのは、浮力ボールが深海の水圧で壊れたら HROV が危ないからだ」と Bowen は説明する。「現実的な危険がある。もし、1 つが押しつぶされたら、その衝撃波で潜水機全体が破壊される可能性がある」と彼はいう。球、あるいは円筒形のセラミック製容器も、HROV の計器や誘導システム、電子システムをおさめるためのものとして検討されている。

HROV がたとえどんな形に作り上げられようとも、海洋学者にとってそれは、今はまだもっていない新しい研究手段となるのはまちがいない。「かいこう」は失われてしまったが、深海底を調査する仕事は、もうすぐ HROV が引き継ぐことだろう。 ■

Robert Cooke はマサチューセッツ州ストーのフリーランスライター。

1. Todo, Y. et al. *Science* **307**, 689 (2005).
2. Bowen, A.D. et al. *Mar. Technol. Soc. J.* **38**, 92-101 (2004).