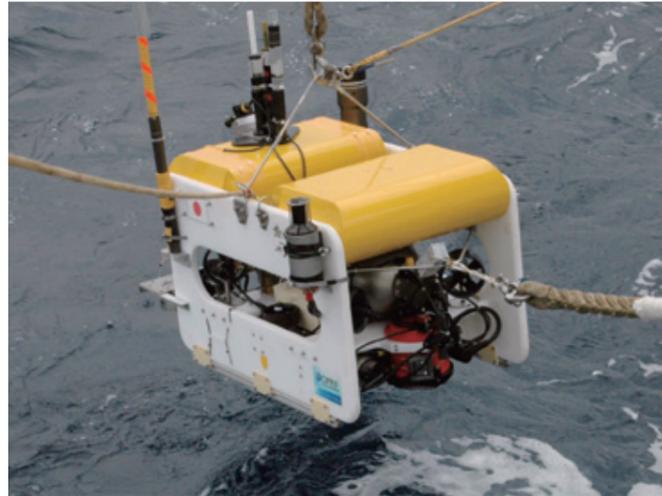


### 自律型海中ロボット「Tuna-Sand」

東京大学生産技術研究所 浦研究室 / 株式会社海洋工学研究所 / 独立行政法人海上技術安全研究所



#### 自律型海中ロボット「Tuna-Sand」



#### 受賞担当者のコメント

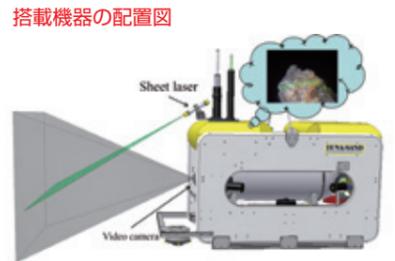
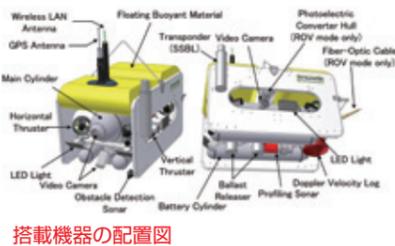
「Tuna-Sand」は深海底の詳細画像観測を目的に開発された重量約240kgの自律型海中ロボットで、1,500m深度までの潜航することができます。自身に搭載しているセンサのみで複雑な形状の海底面から数メートルの高度を全自動で潜航することができます。1回の潜航で高解像度の海底写真を約2,000枚取得します。2007年の進水以来、これまでに鹿児島湾たざりや若尊カルデラ、ペヨネズ海丘、明神礁カルデラ、黒島海丘、手石階級、富山湾ハイドレート地帯、伊是名海穴、第四与那国などを調査しました。1,000m深度の富山湾の潜航では、棲息するベニズワイガニの生態を明らかにし、水産研究者から高い評価を得ています。今後の水産資源調査や熱水活動地帯調査に、これまでの手法ではしえぬ観測をおこなうことが期待されています。

2012年10月末には須美寿カルデラ、2013年には北見大和堆の調査が予定されていて、海底鉱物資源や水産資源の調査での活躍が期待されています。

東京大学生産技術研究所 教授  
浦 環氏

#### ■低高度観測で観測可能な自律型海中ロボット

我が国の排他的経済水域内は、熱水鉱床などの鉱物資源やメタンハイドレードなどのエネルギー資源が豊富に存在し、その多くが水深200m以上の深海底に広範囲に分布しています。これらの海底資源を調査するには広範囲の詳細な観測技術が必要ですが、現在主流の遠隔操作型海中ロボット(ROV)では移動が制限されるため、量・質ともに十分な調査ができません。そこで、ケーブルによって移動が制限されず、自動観測ができる自律型海中ロボット(AUV)の導入が不可欠で、研究開発が行われています。陸上と違い海中は電波が通らない環境の上、詳しい地図もなく、ロボットが高い精度の自己位置を取得することは困難です。したがって、開発されているAUVのほとんどは障害物がない安全な高高度からの調査に留まっています。

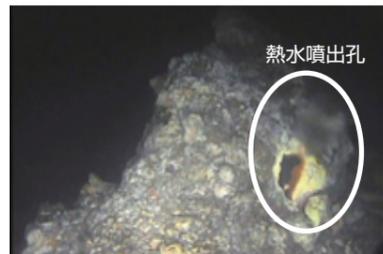


搭載機器の配置図  
障害物検知システム

「Tuna-Sand」は、海底面すれすれを航行し、海底面の写真を撮影する小型(240kg)のロボットです。

「Tuna-Sand」には、特別に開発した障害物検知装置がついています。シートレーザーを前方に出し、前方障害物の距離と形状を計測し、回避行動をとるかどうかを判断します。この装置は信頼性が高いので、ロボットが海底面から1mぐらいまでの距離に寄っても、衝突や捕捉の心配をせずに安心して行動できます。また、この装置は前方にある物体(たとえば熱水チムニー)の詳細な形状を測定する時にも利用します。

「Tuna-Sand」は3軸の光ファイバジャイロセンサと加速度センサから構成される慣性航法装置(INS)とドップラー式対地速度計(DVL)を持ち、自身に搭載されたセンサのみで高精度な自己位置を取得し、低高度で海底面を自動観測できます。低高度で観測することで、熱水鉱床や噴出孔などの調査対象に接近することができ、上の写真のような噴出孔がはっきりと確認できる高解像度写真を広範囲に渡って撮影することができます。



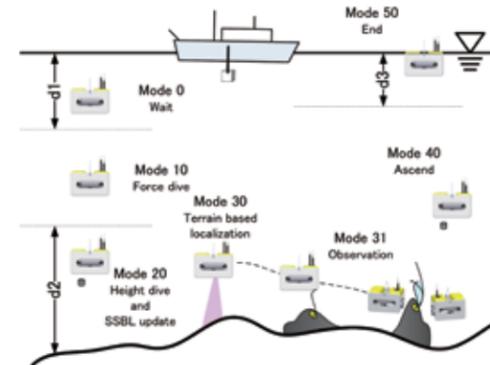
「Tuna-Sand」で撮影した熱水噴出孔

#### ■機器の構成

「Tuna-Sand」は上部に2つ浮力材、中部にCPUボードやINSを格納した主耐圧容器、下部にリチウムイオン電池を格納した2つの電池容器を持ち、高密度ポリエチレンの板を構造部材として使用しています。前方浮力材の上に取り付けられているGPSはINSのアライメントに使用し、無線LANアンテナは陸上または海上で通信する際に使用します。水平方向の移動用に220Wのスラストを4基、垂直方向の移動用に100Wのスラスト2基を搭載しています。最大前進速度は0.9m/秒です。海底面の形状を測定するプロファイリングソナー、海底面を撮影するカメラとストロボ、海中で通信するための音響通信機器を搭載しています。また、電磁石式のバラストリリーサーを搭載しており、万が一ロボットが暴走したとしてもバッテリーが切れると自動的に浮上でき、確実に調査から帰還することができます。

#### ■海底調査の流れ

実海域の調査は複数のモードから構成されており、モードごとに設定された条件を達成することで次のモードに移ります。水中重量を8kg程度に調整した「Tuna-Sand」を海に投入すると自身の重さで海中に潜航します(Mode 0)。設定された深度に到達したところでMode 10に移り、DVL等の機器の電源を投入します。DVLで対地速度を検出できる高度に到達すると、バラストを投下し水中重量を中性にし、音響通信でロボットの位置を更新します(Mode 20)。音響通信が使用できない場合はDVLから得られる速度情報をINSに与え、再度INSをアライメントします。Mode 20後、事前に海底の地形図が得られる場合は、地形照合によって自己位置を修正します(Mode 30)。Mode 31では、設定した観測ポイントを通りながら海底面等を観測します。全ての観測ポイントを通過後、バラストを投下し浮上します(Mode 40)。海底付近まで浮上すると全てのスラストを停止して潜航を終了します(Mode 50)。



海底調査の流れ

#### ■上越ガスハイドレート地帯の調査

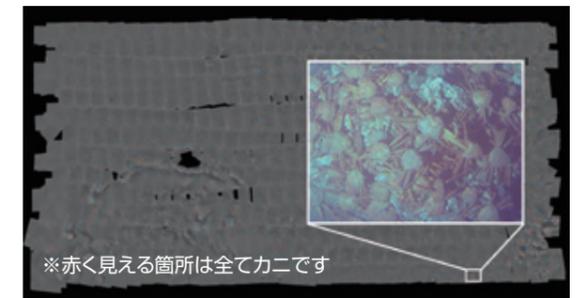
日本海新潟沖の上越海盆では2004年にガスハイドレートの存在が確認された以降、様々な調査によりメタン放出が最も活発である海鷹

海脚や上越階級の頂部において、大小のマウンドやポックマーク地形の発達が判明しています。また、マウンド上ではベニズワイガニの棲息密度が高いことが分かっています。2010年に行ったYK10-08研究航海で「Tuna-Sand」は、海鷹海脚および上越海丘の頂部(水深900~1,000m)の12箇所へと潜航し、海底面およびベニズワイガニの調査を行いました。この研究航海では、ベニズワイガニの手足の状態が分かる高解像度写真の撮影に成功しました。



「Tuna-Sand」で撮影したベニズワイガニ

下の画像は上越海丘の頂部(水深975~980m)の潜航で得られた615枚の画像をもとに作成した40m×20mのモザイク画像です。このモザイク画像から800m<sup>2</sup>内に大型のオス416尾、小型のオスとメス2,925尾の計3,341尾、密度に換算して4.1匹/m<sup>2</sup>のベニズワイガニが棲息していることが分かりました。これほど広範囲に渡って高解像度写真を撮影し底生生物の資源量を明らかにした例は他にはなく、この調査結果は水産係者に新たな観測手法の有効性を示しました。



モザイク画像(広さ:40m×20m)  
※赤く見える箇所は全てカニです

#### ■今後の予定

2012年10月に「Tuna-Sand」を含めた3台のAUVを須美寿カルデラへと同時展開を計画しています。複数のAUVを同時に展開することで、限られたシフトタイムを有効に活用できることを期待しています。2013年6月にはオホーツク海の北見大和堆にて、タラバガニやキチジの調査を行います。未知の深海がロボットたちによって拓かれていきます。

なお、「Tuna-Sand」は、海洋政策研究財団が行う技術開発基金による補助金を受けて開発されました。