

# 資源探査 AUV のデザインコンセプトと開発状況

○吉田弘（海洋研究開発機構） 百留忠洋（海洋研究開発機構） 石橋正二郎（海洋研究開発機構） 越智寛（海洋研究開発機構） 渡邊佳孝（海洋研究開発機構） 澤隆雄（海洋研究開発機構） 中野善之（海洋研究開発機構） 中谷武志（海洋研究開発機構） 大美賀忍（海洋研究開発機構） 菅澤誠（海洋研究開発機構） 松浦正己（海洋研究開発機構）

## 1. はじめに

人類の営みに貢献できる可能性のある海洋ロボットの一つの使い道として、海底資源の探査が考えられている。

日本は資源に乏しい国と言われているが、平沼[1]によれば、実は日本は金属資源に富んでいる国であって、その資源の一部が海底の熱水鉱床やマンガングラストであると紹介している。2010年に独立行政法人海洋研究開発機構(以下JAMSTEC)は、地球深部探査船「ちきゅう」を使い、伊平北の水深1000～2000メートルの海底下から黒鉱を採取することに成功した。黒鉱には亜鉛、鉛、銅などの資源が豊富に含まれており、総額50兆円の価値があるとの報道もされた[2]。2010年10月に高木文科相が、資源探査のための海中ロボットの開発費を平成22年度補正予算案に盛り込む考えを示したことから、一気に資源探査ロボットの開発に拍車がかかり、JAMSTECでは昨年度後期から自律型無人探査機(AUV: Autonomous Underwater Vehicle)の開発が開始された。

この開発に着手したAUV（開発コードネーム SuSE: Sub sea- and Sea-bottom Explorer）は、資源探査に特化させたAUVであり、海底鉱床を詳細に観測する為の機能を追求した。本稿では、このAUVのデザインコンセプトと設計仕様を紹介し、2011年7月現在の開発状況と今後の予定を報告する。

## 2. AUV のシステムデザイン

### 2.1 資源探査に特化した AUV の設計

海底資源として揚げられる代表的資源はメタンハイドレード、コバルトリッチグラストと海底熱水鉱床である。これらのうち、冒頭でも述べた、今一番熱いソースである熱水鉱床の詳細な調査を、これから開発する資源探査 AUV の仕事と位置付けた。熱水鉱床の資源開発においては、その資源賦存量を把握する技術と、採鉱のための詳細な海底地形を把握する技術の開発が現在求められている。また、未だ発見されていない鉱床を見つけることも重要な仕事である。

これらの技術要求を満たすシステムとして、資源探査 AUV を建造する為、具体的な要求事項として、

- 探査を実現するセンサを搭載できること
- 熱水鉱床の存在する場所を航行できること
- 効率良く広域を探査できること

- 気象条件の影響を受けにくいこと等を掲げた。

海底を見るセンサとしては、海底下を観測するためのサブボトムプロファイラー(SBP)、海底面を詳細に観測する為のインターフェロメトリーソナー(IFS)と合成開口ソナー(SAS)を標準装備する。また、文部科学省の競争的研究資金制度「海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム」で開発されたセンサ類を搭載できるように 100kg までのペイロードを用意する。

既知の熱水鉱床は伊豆小笠原弧と沖縄トラフにある。このなかで特に起伏に富んだ地形を有する鉱床の一つが、伊豆・小笠原弧明神海丘周辺の海底カルデラ内のサンライズ鉱床である。サンライズ鉱床は、図1に示すように水深1300m前後の傾斜地(平均斜度 20～30 度ほど)にあり、十数 m のチムニーが林立しているところである[3]。AUV はこのような地形を航行できる運動性能を有することとした。



図1 明神海丘サンライズ鉱床 (出典: 飯笹[3]の図から抜粋して一部体裁を修正)

広域を調査するためには、高効率な動力源を搭載し航続時間(距離)を延伸すること、広い範囲を観測できるセンサを搭載することが求められる。また効率の良い調査をするためには、ユーザーの思い通りの航走・観測プログラムが出来ること、観測前の AUV の整備時間と観測後のデータ回収時間の短縮が求められる。これらを実現するために、JAMSTEC が開発した小型大容量リチウムイオン電池[4]を搭載するとともに、高速充電装置を用意する。センサは広域の地形図を得る為マルチビーム測深機の代わりにインターフェロメトリーソナーを、

高高度からでも詳細海底観測のできる合成開口ソナーを選択することで観測の高効率化を図ることとした。また、ユーザーが AUV に対し、思い通りの航行・観測を実現できるように、船舶で得た海底地形図状で観測点を入力できるインターフェースを備えることとした。

気象（海象）が悪い場合でも運用できるように、着水揚収システムを新たに設計し、AUV を母船に揚収するために、スィマーや作業艇（ボート）を利用しなくても良いようにした。

## 2.2 資源探査 AUV の仕様

### 2.2.1 “SuSE”

“SuSE（スージー）”は図2に示すように前後に独立可動のX翼を有し、船尾に4機のスラストを有する流線型の探査機である。全長5m、空中重量約3トンの機体には、最大100kgまでのペイロードが用意されている。表1にSuSEの主要目を示す。



図2 “SuSE”のイメージ図。実際にはX翼がもう少し大きくなる。

表1 “SuSE”主要目

項目	仕様	備考
大きさ	5 m x 1.4 m x 1.4 m	最大外形
空中重量	3 ton	
潜航深度	最大 3,000 m	
航続時間	13 時間以上	
巡航速度	2 knot	最大 3 knot
推進器	主推進スラスト 4 基、前後 X ラダー	
動力源	リチウムイオン電池	
航海計器	慣性航法装置、ドプラー速度計、SSBL, LBL, VLBL	
通信装置	音響通信装置、光通信装置、無線 LAN（浮上時）	
観測装置	SBP, IFS, SAS, CTDO（電導度、温度、深度、溶存酸素）、pH センサ等	
ペイロード	70 リットル, 100 kg	

### 2.2.2 運動性能

SuSE の特徴の一つにその高い運動性能がある。高度 80 m から 30 m（平坦な場所では高度 10 m）で高

度を一定に保ちながら航行する。また、30° までの斜面を上昇下降しながら観測を行う事が出来る。それぞれの航行時に機体の高度やピッチを一定値に保つ制御を行うことで、ソナーの観測画像の品質を向上させる。また、斜面を航行する時には、機体を斜面に平行に制御する場合と、機体のピッチ角を一定に保ちながら航行する場合を選択できる（図3）。

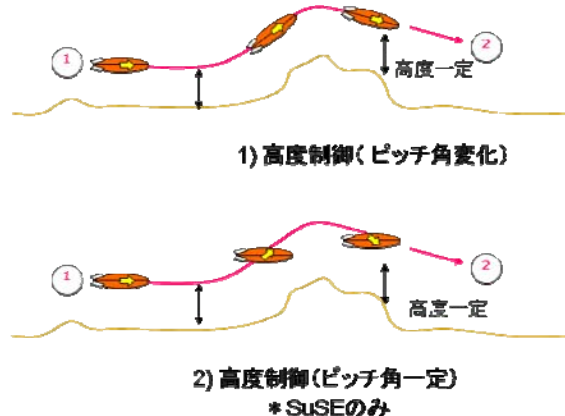


図3 ピッチ制御のイメージ図。

## 3. AUV の開発状況

資源探査 AUV は、2011 年 3 月末に設計・製作メーカーが決定し、建造に着手した。7 月の時点では、形状と推進装置の詳細仕様が概ね決定し、また、制御の為の基本運動制御と、航行・観測シナリオの仕様が固まりつつある。一方、予算の関係で、電源と充放電装置は本年度の新規発注となっており、着手したばかりである。

今後、機体については 2012 年 3 月末までに組上げ調整を終了し、水槽試験までを終える予定である。センサ開発は 2012 年度まで時間を要する。2012 年 10 月と 2013 年 2 月に海域試験を行い、システム調整を終了し、2013 年度からは運用に入る予定である。

### 参考文献

- [1] 平沼光：“日本は世界 1 位の金属資源大国”，講談社プラスアルファ新書，2011。
- [2] “地球深部探査船「ちきゅう」による掘削について説明聞き意見交わす”海洋開発推進委員会総合部会，日本経団連タイムス No.3020 (2010 年 11 月 11 日)
- [3] 飯笹幸吉：“物理探査への大いなる期待—海底熱水鉱床の本格的な資源量評価に向けて—”，Geophysical Exploration News October 2010 No.8, pp.1-4.
- [4] Hiroshi Yoshida, Tadahiro Hyakudome, Naoko Fujiya, Shinichi Konno, Masato Oomiya, Kazunori Ozawa, Taro Aoki, “Improvement of a High Energy Type Lithium-Ion Battery System for Unmanned Underwater Vehicle,” Proceedings of the Nineteenth International Offshore and Polar Engineering Conference Osaka, Japan, June 21-26, p. 690, 2009.