

フリーフォール型海底探査機「江戸っ子1号」の開発

岡本硝子(株) 要素技術開発本部 兼 海洋・特機事業部

高橋 弘

Development of a free fall type submarine probe “Edokko Mark. 1”

Hiroshi Takahashi

Element Technology Development Div. and Marine Business division, OKAMOTO GLASS CO., LTD.

1. 背景

2009年に大阪の中小企業が集まって打ち上げられた人工衛星「まいど1号」に触発され、同年東京下町の中小企業が結集し深海探査機「江戸っ子1号」の開発を開始した。開発に当たってはプロジェクトを発足させ、様々な企業や行政法人、大学、金融機関、個人から支援を受けて試作機を作製し、加圧テストや漁船を使用し、浅い海での実験を繰り返し行い、4年をかけて3機体を作り上げた。

その3機体は、2013年11月に日本海溝の最深7,800mの深海で撮影した3D動画を持ち帰ることができた。以下でその機体について紹介する。

2. 江戸っ子1号の仕様

当初の開発の目的は、8,000mの深海底で動画撮影をすることとした。そのために深海への投入から回収に必要となる技術を集約し、深海探査機の機能を装備した。また、製作費を安価に

抑えるために動力は使わず、自機体の浮力を利用して深海から浮上・帰還させるフリーフォール型とし、耐圧容器には一般的なチタンではなくガラス球を用い、それを塩ビのカバーで保護する構造とした。

深海への投入には調査船が必要となるが、船を運用する費用を抑えるため、漁船でも投入できるよう軽量化を図った。海への投入時には機体の浮力以上の重量となる分の錘をつけて海底まで沈めることとした。空中重量は50kg、水中重量は-18kg、深海へ沈めるための錘25kgを付加した。

江戸っ子1号は動力を使用しないために音を発しないので、生物を驚かせることなく観測ができることも特長として挙げられる。機体の構造躯体にはアルミニウムのチャンネルやエポキシを採用した。深海を撮影するため13inchガラス球を4球使用した。カメラを搭載した撮影球、海の200m以深では、太陽光が届かないため撮影用のLEDランプを収納した照明球、回収時に機体を浮上させるために錘を切り離すが、この音波制御を行うトランスポンダ球、浮上した際に機体の位置情報を知らせる通信球、この4つの各機能からなる4球による主構成である。なお、魚類を引き寄せる餌台も装備した。

〒277-0872

千葉県柏市十余二380番地

TEL 04-7137-3117

FAX 04-7137-3112

E-mail: h-takahashi@okamoto-glass.co.jp

2-1 ガラスの耐圧容器

ガラス球は、水深 8,000m の深海での水圧に耐えられるように直径 13inch、肉厚 12mm とした。ガラス球は半球を 2 つ合わせて球体としている。球体の接合面が加圧に一番弱くガラスの剥離が起きやすいため、応力解析を行い接合面での引っ張り応力を 50MPa 以下になるよう形状設計を行っている。また、接合にはパッキンや接着剤は使用せずにガラス面をそのまま接合し、球内気圧を 800Pa としたのち接合部をブチルテープでシールすることにより半球同士のズレや浸水を防いでいる。そのためガラス接合面は 20 μ m 以下の平坦度で仕上げられている。

2-2 撮影球

撮影球内には市販の 3D カメラ、制御用基板、LiPo バッテリーを搭載している。カメラの方向は海底に対して 45 度とし、魚影の側面を観察できるようにしてある。撮影の時刻、時間、間隔（タイムラプス）は自由に変更可能である。撮影間隔を伸ばすことで 1 日 3 回、1 回につき 1 分の撮影で 3 か月の定点観察ができる。

2-3 照明球

照明には省エネのため LED を採用、明るさは 4,000 lm、LiPo バッテリー 20,000mAh を搭載、連続 10 時間の点灯が可能である。照明はカメラと同期をとっており点灯は撮影と同時に終わる。

2-4 トランスポンダ球

海上の船と江戸っ子 1 号の通信は 10kHz の音波で行われ、187 dB の音波で 8,000m の深海まで対応している。音波通信の一番の役目は浮上時の錘の切り離しである。機体の錘は厚さ 1mm のステンレス板で支持されているが、船からの音波信号を受けてガラス球から水中ケーブルを通して直流電流が流れることで、ステンレス板が海水により電飾を起こし溶断して錘が切り離されるというメカニズムである。

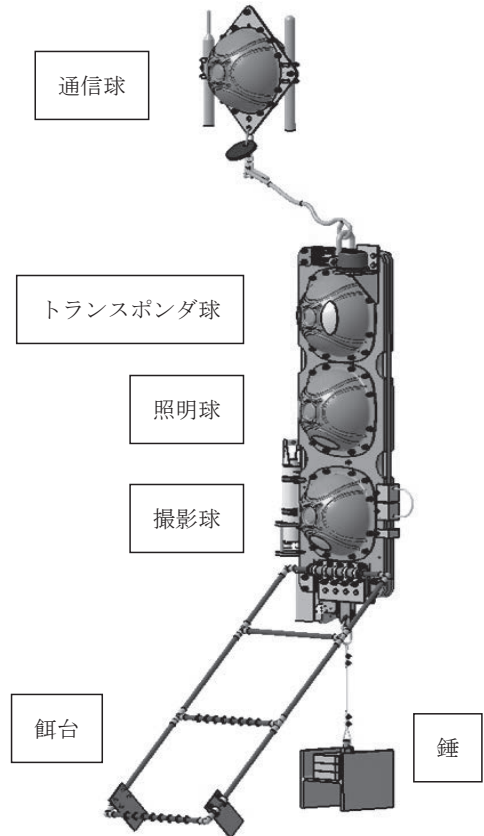


図1 江戸っ子1号 HSG タイプ

また、音波の通信では船と江戸っ子 1 号との直線距離スラントレンジが測定できる。船側のトランスポンダには GPS がセットされており、3 点測定により機体の正確な海底位置も確認できる。機体に付帯装置（CTD；Conductivity Temperature Depth profile）をセットすれば、機体回収後に正確な深度も確認できる。

2-5 通信球

浮上した機体は海上にうねり等があると目視では確認しにくい。夜になるとさらに発見しにくく通信用バッテリーにも寿命があるので、浮上後早期に位置確認をして回収する必要がある。そのため浮上と同時に球内の光センサー、圧力センサーが浮上したことを検知して位置情報装置を ON にさせ、衛星からの電波を受信し、機体の位置情報の送信を開始するシステム

である。そのための通信手段には、イリジウム通信、インマルサット通信、ラジオビーコンが使用される。船の設備状況により通信装置が選択される。

3. 製品化

2015年2月にプロジェクトを解散し「江戸っ子1号事業化グループ」を結成した。弊社がコア企業となり受注、設計、製作、販売を担っている。

2015年度には国立研究開発法人 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) に4機体を納入、2016年度には独立行政法人石油ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) に3機体を納入した。この頃から江戸っ子1号の役割は、深海の生物観測から、海底資源調査や掘削に伴う環境アセスメントを目的とした定点観測用の環境観測機として活用されるようになってきている。

その背景には2014年に内閣府が創設した「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP; Strategic Innovation Promotion Program)」の課題の一つとして挙げられた次世代海洋資源調査技術「海のジバング計画」がある。2018年7月には第二期 SIP が始動した。今度の課題は、次世代海洋資源調査技術として銅、亜鉛、レアメタル等を含む海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト等の海洋資源を高効率に調査する技術を世界に先駆けて確立し、海洋資源調査産業を創出することである。

4. 今後の役割

第一期 SIP では2,000m 以浅の熱水鉱床などで、10回以上の調査航海に活用されており、海底の1m²ほどの定点観測ではあるが江戸っ子1号は最長タイムラプスによる撮影で6ヶ月間の実績を得た。その映像からは季節、時刻、海流による生物の出現推移がデータ化され、その場所における環境情報として蓄積されてきている。

第二期 SIP においては2,000m 以深における環境観測が課題となっており、今後は最深6,500m での対応を考えていかなければならない。また、国連の海洋法条約から人類の共同の財産であると規定された深海における活動について管理を行う国際海底機構 (ISA; International Seabed Authority) の勧告により、海底資源掘削後の環境調査を1年間実施することになっている。

本来の江戸っ子1号の軽量で操作性の良い初期のコンセプトからは離れるが、使用方法によってはバッテリー寿命を1年以上確実に保証できるような改造もなされてきている。

この機体が将来「海のジバング計画」により活用され、資源のほとんどを輸入に頼っている日本の排他的経済水域 (EEZ) において、民間レベルで環境を保全しつつ資源採掘が進むことを願っている。