

H- II ロケット8号機のエンジンの搜索と回収

渡辺 正之*¹ 門馬 大和*¹

1999年11月15日, H- II ロケット8号機は, 宇宙開発事業団 (NASDA) 種子島宇宙センターより打ち上げられた。しかし, 発射から約4分後, 第1段目ロケットエンジンが突然停止し, 十数分後に小笠原沖に落下した。この事故は, ロケット主要部である国産初の大型一段目ロケットエンジンに関連したトラブルであると推定され, 次期H- II Aロケットの打上げにも深刻な影響を与えたと考えられた。NASDAは, 海洋科学技術センター (JAMSTEC) にH- II ロケット8号機のエンジン搜索を要請し, 徹底した原因究明を行うこととした。

JAMSTECは, この要請に基づき, 「かいこう」, ディープ・トウおよび「ドルフィン-3K」を用いて3次にわたるエンジンの搜索を行った。

その結果, 事故発生から, わずか2週間弱でエンジンセクションを, 約1ヶ月後にエンジン本体を各々発見し, 約2ヶ月後には, 米国のサルベージ会社により, 原因究明に必要なエンジンを回収することに成功した。

キーワード：無人探査機, 深海曳航体, 搜索と回収, H- II ロケット, サイドスキャンソナー

Search for the H-II Rocket Flight No.8 and Recovery of the Engine

Masayuki WATANABE*² Hiroyasu MOMMA*²

At 4:29 p.m. November 15th, 1999, the H- II Rocket Flight No. 8 was launched from the Tanegashima Space Center of the National Space Development Agency of Japan (NASDA). However, about 4 minutes after the launch the first-stage engine suddenly stopped. Afterwards, the rocket fell into the Ogasawara open sea. It was necessary to find the rocket in order to investigate the cause of the engine failure. The predicted search area was limited to 3.3km width and 26km length box by orbital calculation by NASDA. The LE-7 type engine's size was about 3.4 m in height, with a diameter of 1.8 m, and it was assessed to be very difficult to find the engine on the deep-sea floor at 3,000 m depth. The Japan Marine Science & Technology Center (JAMSTEC) employed the latest equipment for three search cruises with the following procedures: (1) wide area survey for the submarine topography using the multi-narrow-beam echo sounder (Seabeam 2100) equipped on the R/V "Kairei", (2) narrow area survey for unique sonar contacts by side scan sonar on the 10,000m class ROV "Kaiko" and the Deep Tow sonar towed at a speed of 0.5 knots and a swath width of 1,000m for each side, and (3) detailed visual observation of the engine by the super-HARP camera (an ultra-sensitive color TV camera) and the 3-CCD TV camera equipped on the Deep Tow camera and the 3,000m class ROV "Dolphin-3K".

As a result, JAMSTEC was able to locate the engine in approximately 5 weeks. Following this, NASDA employed an U.S. salvage company and succeeded in recovering the engine from the deep seafloor within only two months after the launch.

Keywords : ROV, Deep Tow, search and recovery, H- II Rocket, side scan sonar

*1 海洋科学技術センター

*2 Japan Marine Science & Technology Center

1. はじめに

1999年11月15日午後4時29分、H-II ロケット8号機は、宇宙開発事業団(以下NASDA: National Space Development Agency of Japan)種子島宇宙センターより打ち上げられた(図1)。同ロケットは、運輸多目的衛星を遠地点高度約36,000km、近地点高度約250kmの静止トランスファ軌道に投入することを目的としたものであった。しかし、発射から約4分後、第1段目ロケットエンジンが突然停止した。その後、軌道を外れて落下を始めたため、地上局から安全を確保するため、発射約8分後に本体破壊のコマンドが送られ、ロケットは高度46kmでバラバラとなって小笠原沖に落下した。

H-II ロケットは、1990年代の日本の主力ロケットとして開発されたもので、約4tonの衛星を静止トランスファ軌道に打ち上げる能力を持っている。その基本構成は、国産初の第1段目大型液体ロケットエンジン(LE-7型エンジン)を搭載し、2基の大型固体ロケットブースタで第1段目の推力を補った2段式ロケットである。LE-7型エンジンは、液体酸素と液体水素を使用し、真空中で推力約110ton、比推力445秒を発生する高い性能を持っている。

今回の事故は、次期H-II Aロケットの打ち上げにも深刻な影響を与えるため、事故調査委員会は第1段目ロケットエンジン本体を回収し、徹底した原因究明を行うこととした。

以上の経緯から、海洋科学技術センター(以下JAMSTEC)は、NASDAの要請に基づき、最新の機材と技術を用いてH-II ロケット8号機のエンジン搜索を3次にわたって行った。

その結果、ロケット発射後、約2週間弱でエンジンセクションを、約1ヶ月後にエンジン本体を発見し、約2ヶ月後には、米国のサルベージ会社により、エンジン本体を回収することに成功した。



図1 H-II ロケット8号機
(写真はNASDAより提供。)

Fig. 1 Launch of the H-II Rocket Flight No. 8
(Photo. courtesy of NASDA).

2. 深海底における搜索及び回収技術

一般に、深海底における搜索や回収は、搜索すべき物体の位置情報がほとんど不明又は不正確な場合が多く、位置の特定が最も困難な作業である。特に、航空機やロケットのように移動速度が大きい場合には、わずかな時間や位置の誤差が搜索の範囲を拡大することになる。広大な海域から搜索範囲をピンポイントに絞り込むために、サイドスキャンソナーが用いられる。

これまでにJAMSTECでは、1997年1月に日本海で沈没したロシアのタンカー「ナホトカ号」を、1997年12月には前大戦時に沈没した学童疎開船「対馬丸」を発見した実績がある。

以下に、一般的な搜索と回収の手順(図2)を示す。

2.1. 地形調査

概査・精査の測線を設定するためには、精密な海底地形図が不可欠である。そこで、マルチナロービーム音響測深機等によって搜索海域の海底地形図を作成する。

2.2. 概査(広域調査)

SSBL(Super Short Base Line)音響測位の元に深海曳航(deep tow)式サイドスキャンソナーにより特異なソナー反応の有無を確認して、搜索範囲を絞り込む。

2.3. 精査

サイドスキャンソナーの記録のみでは、物体を最終的に特定することはできない。そこで目視によるソナー反応の確認が必要となる。精査は、SSBLまたはLBL(Long Base Line)音響測位の元に、スーパーハープ(超高感度)TVカメラを搭載したディーブ・トウまたは無人探査機(以下ROV: Remotely Operated Vehicle)により特異なソナー反応に接近して、目視確認を行う。ROVによる物体の特定や目標物の状況確認等は、以下の手順で行う。

- (1) 目標100m~200m近傍まで音響測位により誘導する。
- (2) 前方障害物探査ソナー(以下OAS: Obstacle Avoidance Sonar)にて目標を補足して、接近する。
- (3) 目標の近傍で、TVカメラで目視確認と詳細観察を行う。

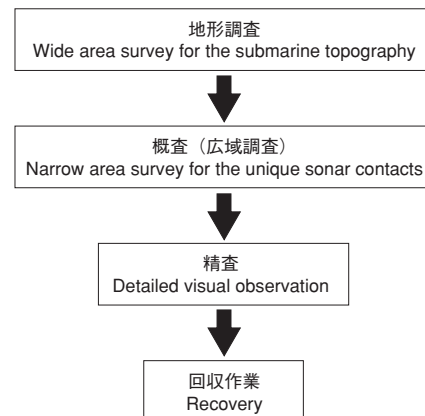


図2 搜索と回収の手順

Fig. 2 Flowchart showing the search and recovery procedure

2.4. 回収作業

重量物は、以下の例のようにROV下部に回収物を吊り下げ、テザーケーブルを巻き取ることによって回収する(図3)。

- (1) 回収物に接近後、ブイ下部フレームに取り付けた回収用スリングベルトをマンニピュレータで回収物に巻き付ける。
- (2) テザーケーブルを巻き取り、回収物を吊り上げ、ブイを水深約10mまで巻き取る。ケーブルはできるだけ微速で巻き取り、波による変動荷重がケーブルや回収物に負荷しないようにする。
- (3) ダイバーにより、船上に準備した仮止め用控え索に沿わせた専用吊り揚げ索を、回収用スリングベルトのエンドリングに取り付ける(図4-ステップ1)。
- (4) テザーケーブルを巻き出し、仮止め用控え索に回収物の重量を移し変える(図4-ステップ2)。
- (5) ブイと回収物との縁切りを行い、ブイを揚取りする(図4-ステップ3)。
- (6) 回収物を吊り上げ、船上に回収する(図4-ステップ4)。

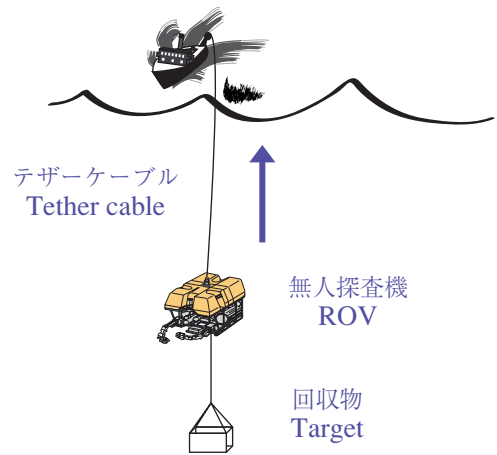


図3 ROVとテザーケーブルによる回収作業概念図
Fig. 3 Conceptual scheme of recovery operation using ROV and tether cable

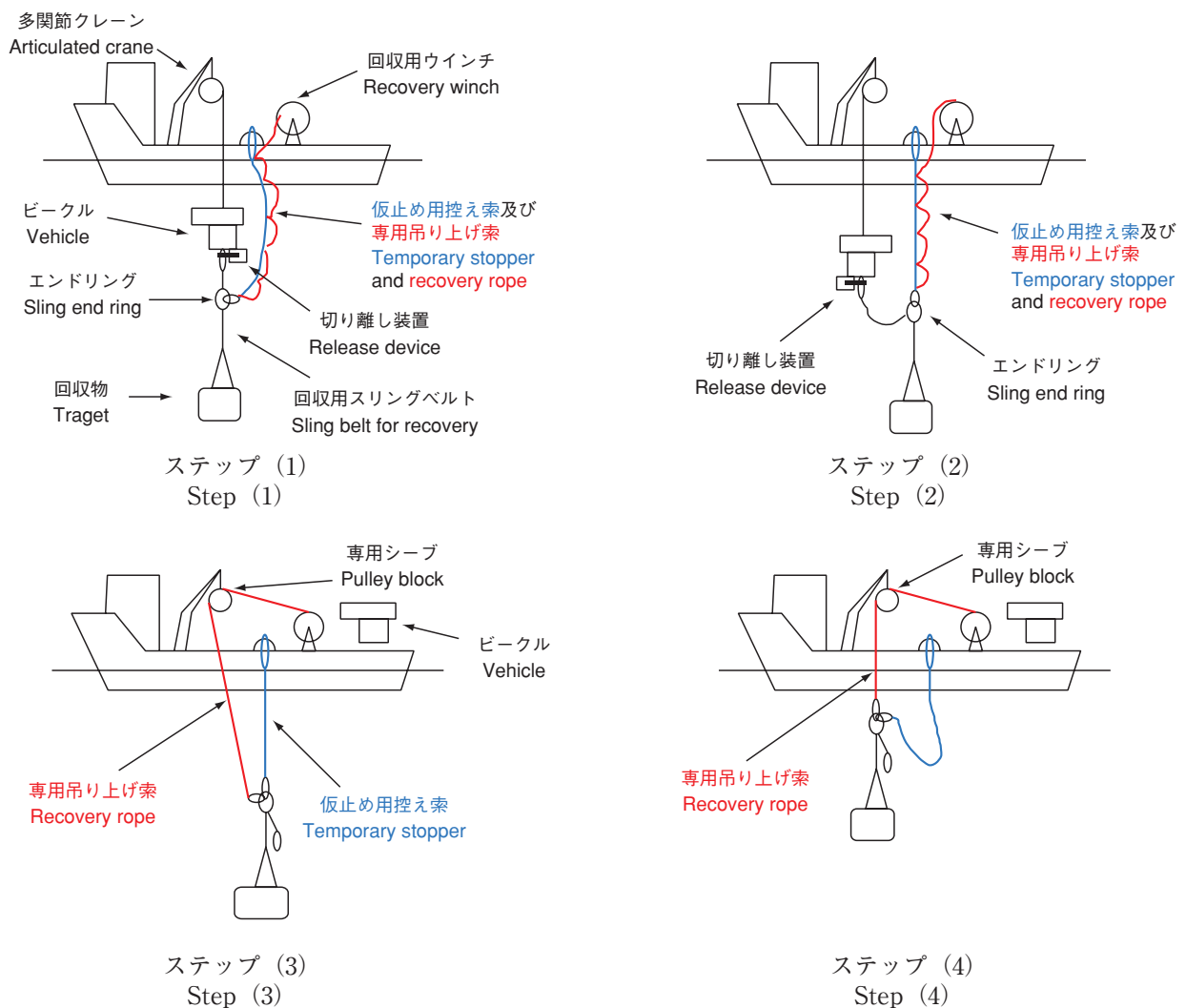


図4 海面付近での回収手順
Fig. 4 Recovery procedure near the water surface

3. 使用機器およびシステム

今回の捜索には、深海調査研究船「かいらい」、支援母船「よこすか」、同「なつしま」、ROV「かいこう」、ディープ・トウ(deep tow:深海曳航体)、ROV「ドルフィン-3K」からなる最新鋭の深海調査システムを投入した。

また、回収作業には、NASDAが備船した新日本海事(株)の作業船「新日丸」と、米国フェニックス・マリン社の6,000m級ROV「Remora6000」を使用した。

3.1. マルチナロービーム音響測深機

深海調査研究船「かいらい」や支援母船「よこすか」に搭載したマルチナロービーム音響測深機(以下シービーム: Seabeam model 2100)は、12kHzの扇状の送波ビームと狭い受波ビームと組み合わせにより $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ の151個のシャープな測深ビームを形成し、水深の2~4倍の幅で二次元および三次元海底地形図を作成できる。水平方向の分解能は、水深3,000mで約100mである。また、信号の強度を白黒の濃淡またはカラーで二次元的に表示するサイドスキャン機能を有する。さらに、4kHzの送波器によって、海底表面付近の地質構造を調べるサブボトムプロファイラー(sub-bottom profiler)機能も持っている。

3.2. サイドスキャンソナー

サイドスキャンソナーは1960年代に米国で開発され、曳航体等から進行方向に狭く、それと直交方向に広い扇形ビームを送信し、海底や物体からの散乱波を受信し、信号の強度を白黒の濃淡またはカラー表示して二次元的な音響画像を得る装置である。

ROV「かいこう」ランチャー及び4,000m級ディープ・トウソナーに搭載したサイドスキャンソナーは、幅約 2° の扇形ビーム(周波数:左舷38kHz,右舷42kHz)を送信し、100~200mの高度で約0.5ktで曳航され、片側1,000m~1,500mの幅で海底を探索する。周波数による分解能は数十cmであるが、A/D変換の分解能が約1mのため、探知可能な物体の大きさは1m以上である。

3.3. 音響測位

深海底にある人工物体を捜索するためには、船位のみならずディープ・トウやROVの水中位置を正確に求めることが不可欠である。船位は、D-GPS(Differential-Global Positioning System)により誤差数m以内で測定可能である。SSBL水中音響測位システムは、測位精度がスラントレンジの2.5%で、水深が大きくなると共に誤差が大きくなるが、海底にトランスポンダを設置する必要がないため、広域調査に適している。

今回の捜索は広域調査に主眼を置き、精度を多少犠牲にしてSSBL測位を行った。

3.4. 10,000m級ROV「かいこう」システム

「かいこう」は、世界最深のマリアナ海溝チャレンジャー海淵(10,924m)に潜航できる唯一のシステムで(図5)、ラン

チャー(またはTMS: Tether Management System)方式の大型ROVである。

ビークルは、推進器を水平用4基、垂直用3基を装備し、水中を最大2.0ktのスピードで自在に移動することができる。ビークルは、3CCDカラーTVカメラ1台、CCDカラーTVカメラ3台及び白黒TVカメラ1台、35mmスチルカメラ1台、500Wメタルハライドランプ2灯を含む水中ライト6灯、マニピュレータ2本(7自由度)、OASを搭載している。またランチャーには、サイドスキャンソナー、パラメトリックサブボトムプロファイラー及びOASを搭載している。

「かいこう」の分離曳航モードは、ランチャーを約150mの高度で曳航してサイドスキャンソナー探索を行うと同時に、ビークルにより海底近傍を自在に航走して、OASとTVカメラを用いて詳細な調査を行うことが可能である。これは、従来のROVシステムにはない効率的な調査法である。



図5 10,000m級ROV「かいこう」のランチャー(上)とビークル(下)
Fig. 5 Launcher (upper) and vehicle (lower) of the full ocean depth ROV Kaiko.

3.5. 4000mディープ・トウ(Deep Tow)システム

船上部の計測及び制御装置を格納したコンテナと水中探索機の「4,000m級ディープ・トウソナー」(図6-1)と「4,000m級ディープ・トウカメラ」(図6-2)から構成されている。船上装置と水中部は、直径17.4mmの鉄線二重鍍装同軸ケーブルにより繋がれている。

(1) 4,000m級ディープ・トウソナー

4,000m級ディープ・トウソナーは、サイドスキャンソナーとパラメトリックサブボトムプロファイラーを搭載している。各ソナーはROV「かいこう」と同じ性能を持っている。

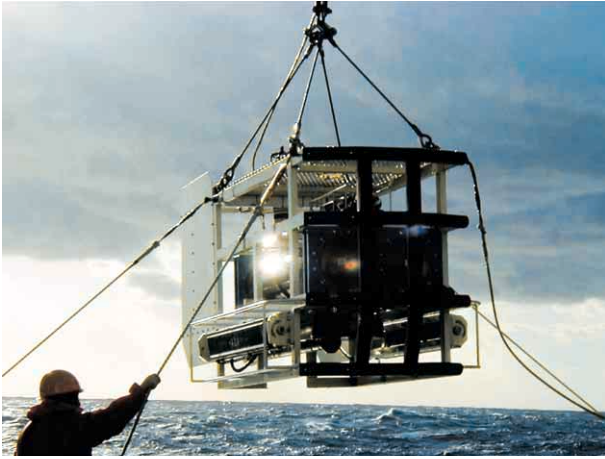


図6-1 4,000m級ディープ・トウソーナー
Fig. 6-1 4,000m class Deep Tow sonar



図7 3,000m級ROV「ドルフィン-3K」
Fig. 7 3,000m class ROV "Dolphin-3K"



図6-2 4,000m級ディープ・トウカメラ
Fig. 6-2 4,000m class Deep Tow camera

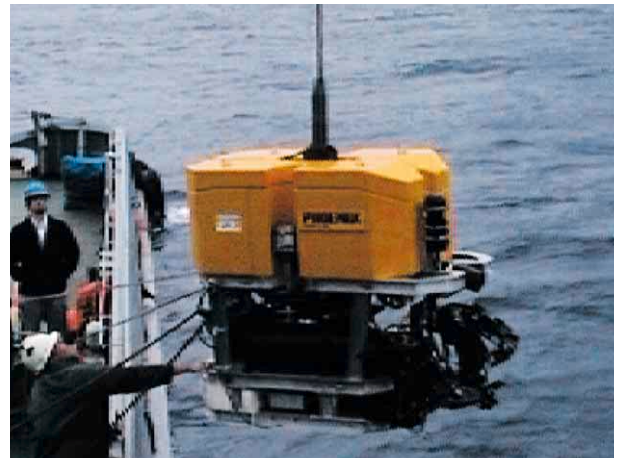


図8 6,000m級ROV「Remora6000」
Fig. 8 6,000m class ROV Remora6000

(2) 4,000m級ディープ・トウカメラ

「4,000m級ディープ・トウカメラ」装備の調査機器は、スーパーハープカラーTVカメラ(1台)、高感度白黒TVカメラ(1台)、スチルカメラ及びストロボ、高度計である。「ディープ・トウカメラ」は、高度：3～7mで曳航される。

3.6. 3,000m級ROV「ドルフィン-3K」システム

「ドルフィン-3K」(図7)は、有人潜水船「しんかい2000」の救難装置として開発されたROVである。最大潜航深度は3,300mで、推進器を水平用4基、垂直用2基装備し、水中を最大2.5ktのスピードで自在に移動することができる。

主な調査観測機器は、スーパーハープカラーTVカメラ1台、3CCDカラーTVカメラ1台及び白黒TVカメラ1台、500WのNa-Srランプ2灯を含む水中ライト全5灯、マニピュレータ2本(7自由度1本、5自由度1本)、OASを装備している。

3.7. 6000m級ROV「Remora6000」システム

「Remora6000」(図8)の最大潜航深度は6,000mで、推進器を水平用4基、垂直用2基を装備し、水中を最大2ktのスピードで移動することができる。「Remora6000」には、カラーおよび白黒TVカメラ各1台、250W水中ライト4灯、マニピュレータ2本(5自由度)、OAS等の機器が搭載されている。テザーケーブルは、直径約17mmの三重鎧装光/電気複合ケーブルで、破断強度約21トンである。

作業船「新日丸」および「Remora6000」には、音響測位装置が装備されていなかったため、目標への接近はOASのみで行った。

4. H-II ロケット8号機の搜索及び回収作業

4.1. 搜索海域

H-II ロケット8号機の第一段目エンジンが停止した際のデータで計算した落下予測点は、予定飛行経路上の小笠原北西約380kmの公海上であった。さらに、ロケットを最後まで追跡していた小笠原レーダデータからも、ロケットが打上げ約十数分後に、小笠原父島の北西約380km、小笠原火山列の西側にある孀婦(そうふ)舟状海盆北端に位置する水深約3,000m海域に落下したことが確認された(図9)。種々の条件を考慮してNASDAが行った落下軌道計算により、落下予想範囲は幅3.3km、長さ26kmの重点搜索海域に絞り込まれた(図10)。

しかし、搜索するエンジンの大きさは、高さ約3.4m、直径1.8m弱、すなわち車一台分程度の大きさであり、水深3,000mの深海底から探し出すことは、極めて困難な作業と考えられた。

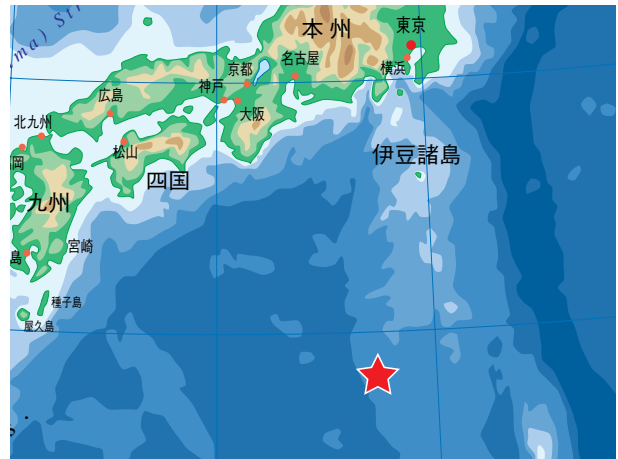


図9 H-II ロケット8号機落下地点

Fig. 9 The impact area of the H-II Rocket Flight No.8, approximately 380km north-west of the (Bonin) Ogasawara Islands.

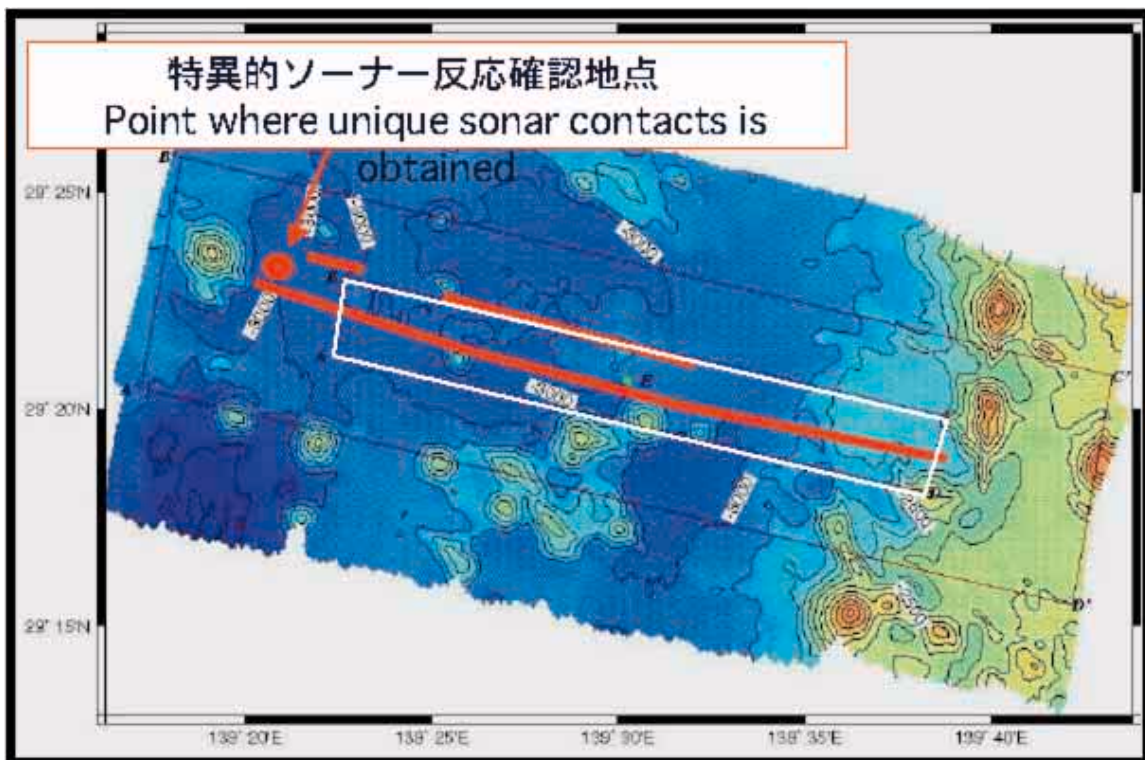


図10 「かきれい」のシービームで得られた海底地形と重要搜索海域(白枠)及び1次調査測線(赤線)

Fig. 10 Seabeam topography of the search area (white box) and the sonar survey lines (red lines) in the first search cruise.

4.2. 第1次調査(1999年11月19日～1999年12月3日)

第1次調査は、シービームを搭載した深海調査研究船「かいれい」及びROV「かいこう」により実施した。

(1) 海底地形調査

「かいれい」のシービームにより精密地形調査を行った結果、一部に海丘が存在したが、全体として起伏が少なく平坦であることが分かった。これによって、サイドスキャンソナーが有効に使えることが確認された。

(2) 「かいこう」による調査

「かいこう」による分離曳航調査は、ランチャー(ソナー)の曳航高度を150m、探査範囲は片舷1,000m、曳航速度は0.6～0.8ktとした。「かいこう」の運用は、昼間のみ行うため、一日当たりの曳航距離は、4海里(7.4km)弱に限られた。また、調査日程にも制限があったため、幅3.3kmの重点捜索海域中央を通る測線を最優先して実施した。

ソナーによる調査は、1999年11月21日から開始した。6日目の11月26日、地形的な凸凹によるソナー反応とは異なる、微弱ではあるが明瞭な線状のソナー反応を右舷約1,000mに確認した(図11)。このような線状の反応は、ソナービーム幅が2°のため、点状の物体でも距離1,000mでは34mに引き延ばされるためである。

翌11月27日、この反応を確認するために「かいこう」ビークルのTVカメラを用いて目視調査を行った。その結果、水深3,009m、北緯29°23.30分、東経139°21.56分の地点でロケットのエンジンセクション(図12)、アキュムレターザーバ(油圧機器部品)、冷却配管1個、およびバルブ付き配管1個を発見したが、周辺にはエンジン本体は存在しなかった。

12月2日まで同海域にとどまり、捜索範囲を広げてソナーによる捜索を行ったが、エンジン本体の発見には至らなかった。

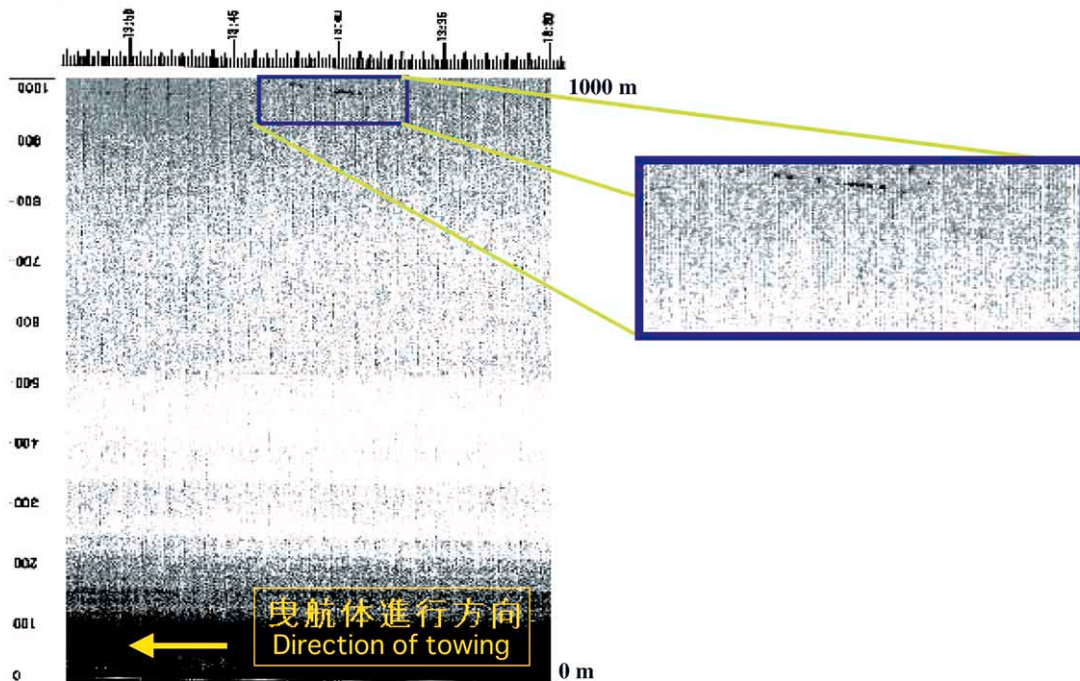


図11 「かいこう」サイドスキャンソナー右舷の記録 右舷約1,000mに進行方向に長い特異な反応が見られる。(青枠の中)

Fig. 11 Unique sonar contacts (in the blue box) on the starboard side of the side scan sonar image by the ROV Kaiko during the first search cruise. The sonar record is elongated toward the direction of towing.



図12 「かいこう」で発見されたエンジンセクション
(水深：3,009m)

Fig. 12 Engine section discovered by the ROV Kaiko at a water depth of 3,009m.

4.3. 第2次調査（1999年12月19日～1999年12月26日）

第2次調査は、エンジン本体を発見することを目的として、支援母船「よこすか」と耐候性に優れたディーブ・トウによる調査を24時間3当直制（20人からなる調査チーム）で効率的に実施した。始めに、「4,000m級ディーブ・トウソーナー」で広域調査を行い、続いて「4,000m級ディーブ・トウカメラ」で目視確認を行った。

第1次調査の結果を考慮して、再度落下軌道計算を行い、弾道係数（重量と空気抵抗の比）の小さい順にK1～K5の特異点がNASDAから提示された。この各点を結んだ線は、第1次調査範囲の北端に近かった。そこで、第2次調査の測線は、北側に約1250mズラして設定した。

ソーナーによる曳航調査は、第1次調査のソーナー記録との比較を容易にするため、ソーナーの曳航高度を150m、探査範囲を片舷1,000m、曳航速度は0.6～0.8ktを基準として、波高5m以上の時化の中で12月20日夜から開始した。そして、翌21日朝には早くも二つの特異な線状のソーナー反応を確認した（図13）。

22日には海況が回復したため、カメラに切り替えて、ソーナー反応に対しスーパーハープカラーTVカメラを用いた探索を行った結果、金属光沢を持つL字型配管を確認した。この配管が単独でこの地点まで飛んできたとは考えにくく、より大型の物体、すなわちエンジン本体が近くに存在する可能性が高くなった。

さらにソーナー曳航調査を続行し、全長46kmの長測線を終了した。L字型配管が確認された地点を12月24日の朝からカメラにより再度詳細調査を行った。ディーブ・トウは、ROVのような自航能力がないため、目標への誘導は操船能力にかかっている。このため、目標地点の近くを何度も行き来した結果、15時50分ようやくエンジン本体をカメラが捕

らえた（図14）。その位置は、北緯29°21.16分、東経139°29.78分、水深2,914mであった。この地点は、エンジンセクションの東南東約15km地点で、NASDAの軌道計算結果に近い場所であった。

25日にはソーナーレンジを片舷250mとして、エンジン本体近傍の詳細な曳航調査を2測線実施した。その結果、エンジン本体位置の約100m西側に、ノズルスカートと思われるもう一つの強いソーナー反応を確認したが、海況悪化のため、第2次調査を終了した。

4.4. 第3次調査（2000年1月5日～2000年1月13日）

第3次調査は、エンジン本体を詳細に観察し、可能な限り部品を回収することを目的として、支援母船「なつしま」及びROV「ドルフィン-3K」を用いて行われた。

すでにエンジンの位置が分かっており、加えて海底が平坦であったことからOASを有効に活用できたため、「ドルフィン-3K」の目標物への接近や部品の搜索・回収作業はきわめて円滑に行うことができた。

「ドルフィン-3K」による潜航は3回実施された。第1回目の潜航では、まず2次調査で未確認だったエンジン西側のソーナー反応に接近し、北緯29°21.152分、東経139°29.725分、水深2,927mで新たにノズルスカートを発見した（図15）。その後、エンジン本体の破損状況を含む詳細確認を行い、回収用スリングベルトの取り付け位置や強度の目視確認を行った。また、周辺の探索も併せて行い、散乱していたエンジン部品7個の回収を行った。2回目の潜航では、プリバーナー液体酸素バルブ（約40kg）など合計6個の部品を回収した。最後の潜航では、液体水素メインバルブ（約50kg）の回収を行った。

回収した部品は、合計14点、総重量150kgであった。

詳細調査によって、エンジン本体及びノズルスカートは、回収用スリングベルトの取り付けと強度に問題ないことが判明し、比較的容易に回収できると予想された。

なお、この3回の潜航に要した時間は着水から揚収までそれぞれ5時間から9時間程度で、作業は効率的に行われた。

4.5. 回収作業（2000年1月17日～2000年1月27日）

第3次調査結果をもとに、NASDAは新日本海事株の作業船「新日丸」とROV「Remora6000」を用いて回収作業を実施した。

回収の優先順位は、エンジン本体、液体酸素ターボポンプ、ノズルスカートと指定され、これに基づいて3回の潜航が行われた。JAMSTECは、この回収作業にアドバイザーとして3名参加した。

回収作業は、荒天の合間を縫って行われ、調査海域で荒天のため2日間待機した後、1月22日夕方より第1回潜航作業を実施した。着底後、ビークルの位置が不明のため、「ドルフィン-3K」の海底を這った跡を辿って、約3時間を費やしてエンジン本体に接近した。マニピュレータを用いて約6時間を費やして回収用スリングをエンジン本体に絡みつけた。その後、テザーケーブルを巻き取り、23日の朝、約16時

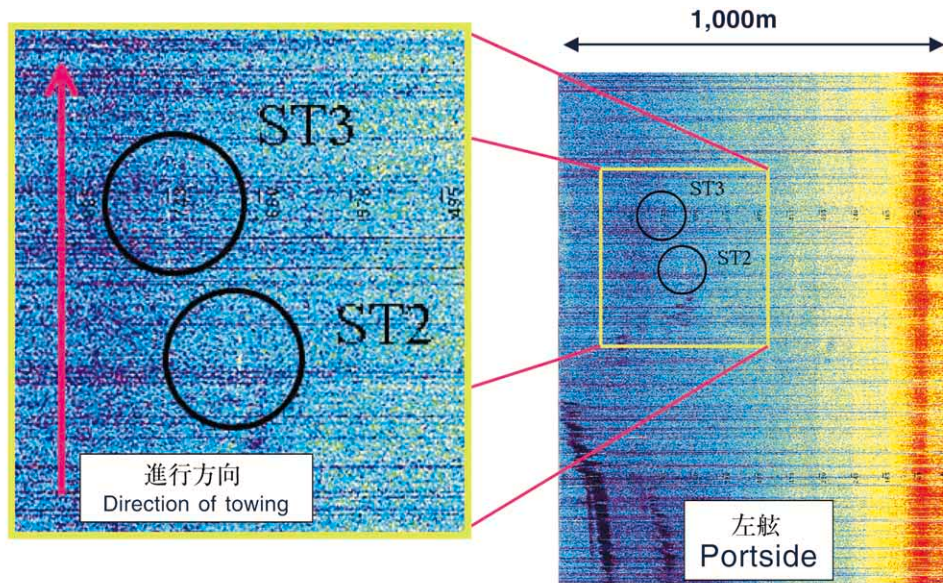


図13 第2次調査で「4,000m級ディープ・トウソナー」左舷に得た特異的な反応(黒丸の中)
 Fig. 13 Unique sonar contacts (in the black circle) on the portside side scan sonar image by the 4,000m Deep Tow sonar during the second search cruise.

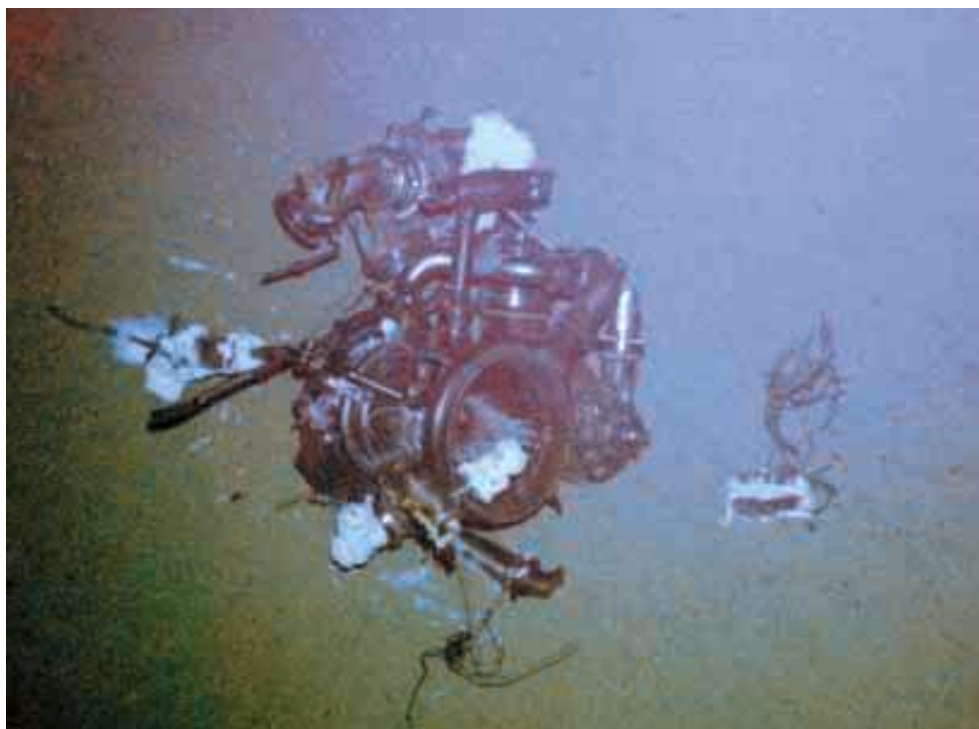


図14 「4000m級ディープ・トウカメラ」で発見されたエンジン本体(水深:2,914m)
 Fig. 14 Main engine discovered by the 4,000m class Deep Tow camera at a water depth of 2,914m.

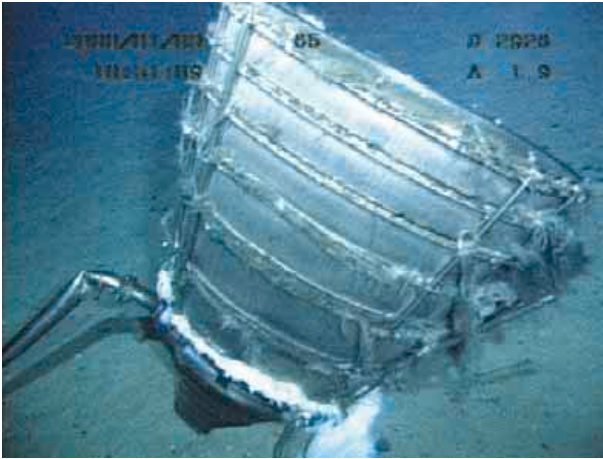


図15 「ドルフィン-3K」で発見されたノズルスカート
(水深：2,927m)

Fig. 15 Nozzle skirt discovered by the ROV Dolphin-3K at a water depth of 2,927m.

間の作業の後にエンジン本体は船上に無事回収された。2回目の回収作業は1月24日、夕方より実施され、液体酸素ターボポンプは、約16時間の作業を行って回収された。3回目の回収作業は25日行われ、約17時間の作業を行って、ノズルスカートが回収された。

本作業では、音響測位の支援がないことやOASがノイズの影響で有効探査範囲が50m以下となったために、目標の発見に非常に長い時間を要し、深海底調査システムにおける音響測位装置やOASの重要性を再認識した。

5. まとめ

以上のように、打ち上げから1カ月余りの短期間で、水深3,000mの深海底にある大きさが2mに満たないH-IIロケット8号機のエンジン本体を発見し、2カ月余りでエンジン本体を回収することに成功した。

これは、JAMSTECが約30年にわたって培ってきた深海調査技術の成果であった。当初長期化が懸念されたにもかかわらず、比較的短期間でエンジン本体を発見できたのは、落下軌道計算が正確であったこと以外にも、落下地点の海底が平坦であったことなどの幸運に恵まれた結果でもあった。

各行動では、「かいこう」ランチャー・ビークルの分離曳航、

ディープ・トウの24時間運用等、新たな方法にも挑戦し、技術が確立されたことも一つの成果であった。

また、深海からの重量物回収作業に立会いすることができ、ROV等の運用の参考となった。加えて、米国チームのいかなる悪条件でもそれを克服する姿勢とメンテナンス技術には、JAMSTECも大いに学ぶべき点があった。

最後に、H-IIロケット調査チーム各位、調査船「かいいい」、「よこすか」および「なつしま」の船長を始めとする乗員各位、ROV「かいこう」、「ドルフィン-3K」操縦班各位、ディープ・トウチーム各位のご協力に感謝の意を表す。また、陸上からご支援をいただいた海洋科学技術センター及び宇宙開発事業団の関係者各位に深く感謝する。

参考文献

- 1) 海洋科学技術センタークルーズレポート
 - ①「かいいい」/「かいこう」H-IIロケットエンジン探索報告書, 海洋科学技術センター, 1999年12月
 - ②「よこすか」/「Deep Tow」H-IIロケットエンジン探索報告書, 海洋科学技術センター, 1999年12月
 - ③「なつしま」/「ドルフィン3-K」H-IIロケットエンジン探索報告書, 海洋科学技術センター, 2000年1月
 - ④「新日丸」/「Remora6000」H-IIロケットエンジン回収作業報告書, 海洋科学技術センター, 2000年1月
- 2) 門馬大和, 渡辺正之, 2000, “深海底にある人工物体の探索と回収-H-IIロケット8号機の場合”, 第25回水中海底フォーラム予稿集, 東京大学生産技術研究所
- 3) Momma, H., M. Watanabe, K. Mitsuzawa, K. Danno, M. Ida, M. Arita, I. Ujino, 2000, Search and Recovery of the H-II Rocket Flight No.8 Engine, Proc. of the 2000 International Symposium on Underwater Technology, 19~23
- 4) 門馬大和, 2000, H-IIロケット8号機エンジンの探索と技術的課題, 海洋音響学会誌, 第27巻第3号, 30-38
- 5) Momma, H., M. Watanabe, K. Mitsuzawa, K. Danno and M. Ida, 2000, Search for the Japanese H-II Rocket Flight No. 8, MTS/IEEE Oceans 2000, 1115~1120
- 6) M. Watanabe, Momma, H., Search and Recovery of the H-II Rocket Flight No.8 Engine, TECNO-OCEAN2000 INTERNATIONAL SYMPOSIUM, Volume II 327-332

(原稿受理：2001年1月15日)