

物理探査船「大陸棚」の紹介

鬼山武広 (株)地球科学総合研究所

1. はじめに

大陸棚画定調査において、屈折法物理探査作業と反射法物理探査作業の両者に共通して使用できる装備を施した物理探査船が必要となり、物理探査船「大陸棚」が用意された。今回、この物理探査船に乗船して作業を行う機会があったので紹介する。

2. 国内の海洋物理探査の歩み

国内の海洋における大規模な物理探査は、昭和42年頃から石油・天然ガスを対象として反射法による作業が行われるようになった。当時導入された船舶は、震源船とデータ取得船の2隻からなり、震源にダイナマイト、受振部に2,400mのストリーマーケーブルを用い、最新のデジタル探鉱機を搭載した296トン程度の船舶であった。その後、震源として使用していたダイナマイトを、技術の発展の中で開発されたエアガンに代えて、品質、作業性および安全性の向上を実現した。海洋における物理探査は昭和50年台に入りピークを迎える。昭和51年には、それまでの物理探査船のスペックを大幅に上回る新造船が導入され、年間を通じて調査が行われるようになった。この頃より水路測量や学術調査に反射法探査が流用されるようになり、幾隻かの船舶に探査機器が搭載された。

平成に入ると国内の海洋物理探査は次第に縮小され、最新鋭を誇った国内唯一の物理探査船も平成3年を以って海外に売却された。そして以降の反射法による調査は、その都度海外より物理探査船をチャーターして行われる形態へ移り変わった。

3. 大陸棚導入の背景

大陸棚画定調査を実施するにあたり、屈折法データ取得に使用する大容量エアガン震源に加えて反射法データ取得のためのストリーマーケーブルを搭載した物理探査船が必要であったが、近年においてはこのような物理探査の専用船は国内に存在しなかった。そして、時間的な余裕がないことから、新造船の建造は不可能で、海外の船舶を購入して改造する運びとなった。

物理探査船としての機能と作業性を損なわず改造コストおよび改造期間を抑えるには、やはり従来に物理探査船として使用された船舶であることが条件となる。物理探査船「大陸棚」は、正にそのような条件にあった船舶で、直近ではエアガン発震船として使用されていたが、もとは反射法調査船として作業を行っていた船舶である。このため、大きな改造をすることなく、要求された条件を短期間で満足できたことが導入の背景となっている。



写真-1 回航に向けて整備中の船舶



写真-2 本邦到着後直ちに工事に入る

4. 艀装工事

ノルウェー王国 Bergen より回航された船舶は、日本到着後直ちに船籍変更に必要な工事を施された。船舶に搭載されていたエアガン投揚収装置2式など

を除き、ストリーマケーブル、データ取得装置類、複合航法システム、GPS 受信機、エアガンおよびその曳航装置などの調査関係機材については、船体工事と並行してインストレーションが行われた。艀装工事は特別に大きな問題も発生せず無事終了し、その後のテスト航海で調査機器類が正常に動作することも確認された。

5. 船舶概要

5.1 船舶の仕様

物理探査船「大陸棚」の要目を表-1 に示す。船舶は、全長 65m、全幅 14m、喫水 8m で、総トン数 2,491 トンである。1988 年に建造され、1991 年に改造が施された。推進力は可変ピッチ 4 枚羽のスクリーブローラ 1 軸を 3,015kW (4,043HP) のディーゼルエンジンで回して得ており、巡航速度は 13 ノットである。また、操船の補助として 1 基のスラスタを船首に備えている。最大乗船者数は 40 名、最長航海日数は 40 日となっている。1,260kW、840kW × 2 基、420kW の発電機 4 台と 35kW の精密機器用発電機を搭載している。電源電圧は 220V である。また、レーダー、自動操舵装置、航行用 GPS 受信機、国際 VHF、衛星電話、船舶電話、造水設備、医務室などの一般設備についても十分整っている。



写真-3 本航海を待つ大陸棚



写真-4 大陸棚左舷全景

項目	大陸棚	開洋丸(参考)
全長	65m	75.97m
全幅	14m	12m
喫水	8m	4.5m
総トン数	2,491 トン	990.82 トン
定員	40 名	49 名
航海日数または航続距離	40 日	11,500nm
巡航速度	13 ノット	17 ノット
主機	ディーゼル 4,043HP × 1 基	ディーゼル 2,100HP × 2 基
プロペラ	可変 4 枚 1 軸	可変 4 枚 2 軸
発電機	1,260kW, 420kW 840kW × 2 基	450kW × 4 基
精密発電機	35kW	125kW × 2 基
バウスラスタ	365kW	260kW

表-1 物理探査船「大陸棚」の要目表



写真-5 大陸棚左舷後方

5.2 船内配置

全 6 層からなる階層は、第 1 層に船橋、第 2 層に航海士クラスの居住区と医務室があり、後が上部甲板となっている。

第 3 層には厨房、食堂、談話室のほか、調査関係

者用の居住区がある。

第4層の前部に船員と調査員の居室、中間付近にエアガンとコンプレッサーを担当する機械系の詰所があり、その後側に直径3mのエアガンケーブル用ウィンチが配置されている。また、長さ16mにもおよぶエアガンアレイを収納するための広いスペースがエアガンケーブル用ウィンチ後方に用意されており、船尾から10m付近の中央部および両舷の3ヶ所にそれぞれ直径4.8m、幅1.7mのストリーマーウィンチが配置されている。第4層の高さは約6mと高く、天井は第2層の上部甲板である。ストリーマーケーブルの揚降を行うケーブルデッキは船尾の第3層と第4層の中間に位置する。

第5層は喫水レベルにあり、その中央部は船中で最も揺れの影響を受けにくい。ここに広い観測室が配置され、それを挟んで前後部に調査機器関係のストアーと動力関係の機械室がある。第6層は最下位の階層である。後部は機関室および燃料タンクなど、運行関係の心臓部で、その前側ほぼ観測室の真下に当たる部分にコンプレッサー室が位置する。その前側は機械関係の大きなストアーとなっており、最前部にスラスタ室がある。

全体的に居室、食堂、談話室などが広めに作られており居住性が良く、作業区域も機能的で比較的作業環境が良い印象を受けた。

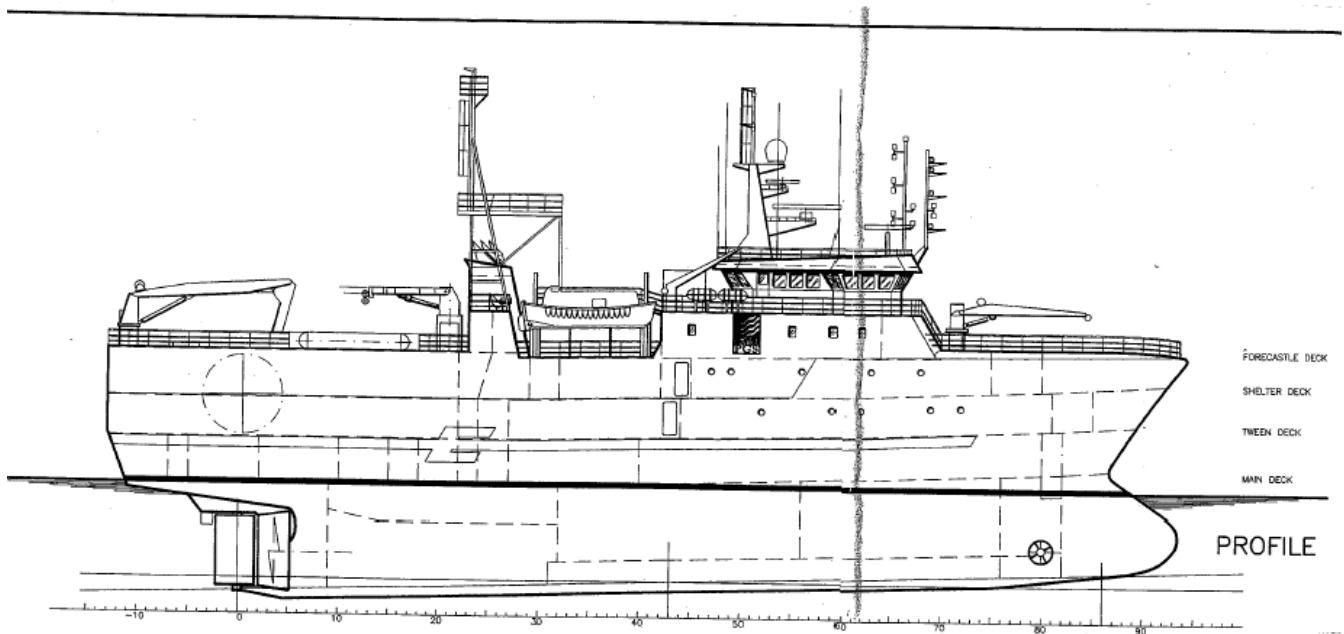


図-1 配置図(側面)



写真-6 エアガンおよびストリーマーケーブルを収納した状態の第4層後部エアガンデッキ



写真-7 エアガンおよびストリーマーケーブルを曳航中の第4層後部エアガンデッキ

6. 調査機器概要

調査機器は大きく分けて、航法関係(航測係担当)、データ取得関係(計測係担当)および震源関係(機械係担当)の3つのセクションに分類される。表-2に調査機器を示す。

項目	型式または仕様	メーカー(国名)
GPS 受信機	Model 4,000	Trimble(英国)
航法装置	Spectra	Concept(英国)
処理システム	Sprint	Concept(英国)
データ取得装置	Seal 480 system	Sercel(仏国)
ストリーマーケーブル	Seal Digital 12.5m/480ch/6,000m	Sercel(仏国)
深度調整装置	DigiCOURSE 5011	Input / Output (米国)
テールブイ		Seamap (シンガポール)
震源(エアガン)	1500LL/1900LL 8,040 in ³ /36 個	Bolt(米国)
コンプレッサー	370EVCS2413W14	LMF(英国)
エアガンコントローラー	HydraPulse 200X	HydraSystems (英国)

表-2 調査機器概要

航法関係では、自船の位置を極めて正確に測位する GPS 受信機 2 式、指定された通りに船舶を誘導する複合航法装置 3 式、および取得された測位データの確度を確認する船上処理システム 1 式で構成される。なお、複合航法装置 3 式のうちの 1 式は、観測室で制御する船舶誘導データを操船者が同様の認識で受け取れるように船橋に設置されている。近年の電子技術の発達で、コンパクトなワークステーションや PC ベースでのアプリケーションソフトウェア上で簡単に誘導できるほか、描写的に表現することで視認性が飛躍的に向上し、感覚的に受け止められるようになった。また、データ取得作業中に限らず、複合航法装置から自動的に船舶の動向を制御するオートトラック機能が可能なため、このモードにある場合は船橋においては船速の制御が主務となり、航跡データの品質向上と操船の負担軽減につながっている。



写真-8 航法関係の誘導画面の例(船橋においても同様の画面が視認できる)



写真-9 データ取得時の誘導風景(監視業務)

音波を発生させる震源関係では、吐出圧力 138bar (2,000psig)、吐出量 37m³/min (1,300scfm) のコンプレッサーを 3 台装備している。震源となるエアガンは、単体の容量が 65in³から 600in³の異なるエアーチャンバーを持つ 36 個で構成され、総容量は 8,040in³である。左舷側と右舷側に長さ 16m のアレイを 2 条ずつ組み、左右対称に配置した。また、これらエアガンはエアガンコントローラーによってその発震時間を 100 μ sec 単位で調整している。



写真-10 エアガン (200 in³)

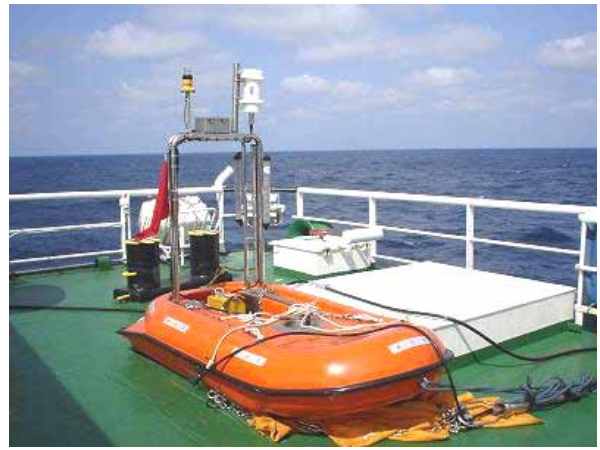


写真-12 テールブイ (上部に GPS 受信機とフラッシュライトを装備)



写真-11 エアガンアレイ



写真-13 6,000m のストリーマケーブルを巻いたウインチと収納状態のエアガンアレイ (右)

データ取得関係は、チャンネル間隔 12.5m、480ch で 6,000m のストリーマケーブル 1 本とその先端に目印として取り付けるテールブイ 1 式、およびストリーマケーブルの深度を指定された深度に保つよう自動的に調整するケーブル深度調整装置 (以降コンパスバードと称す) 22 式を船尾から曳航する。ただし、船舶のデータ取得能力としては、長さ 6,000m のストリーマケーブルを 3 本曳航することができる。ストリーマケーブルで受信されたデータを船上に設置した専用のデジタルデータ取得装置 1 式により磁気カートリッジテープ上に記録する。このデータ取得装置もワークステーションをベースとしたもので、従来のデータ取得装置からは想像もできないほど小型化されている。しかも、一度に最大で 2,000 チャンネルものデータを取得でき (チャンネル数とデータポイント数により変化)、データ取得量は従来の 2~4 倍にもなる。



写真-14 ストリーマケーブルに取り付けられたコンパスバード (300m 毎に取り付けるのが一般的である)

7. データ取得について

一連のデータ取得手順は、以下の通りである。

船舶は、データ取得開始位置として指定された経緯度の 15～20km 手前(ストリーマーケーブル投入開始地点)を到着地点の目安として航行する。

計測係は上部甲板においてテールブイフラッシュライトの電源投入と点滅確認および GPS 受信機の電源確認、電源投入および動作チェックなどの準備を行う。

船橋にて周囲の安全を確認した後、テールブイを投入する。

ストリーマーウィンチを操作してストリーマーケーブルを海中に投入していく。ストリーマーケーブルの投入に適切な船速(対水で 2～3 ノット)を保ちながらデータ取得開始地点に接近していく。

ストリーマーケーブルの投入中約 300m 毎にコンパスバードを取り付けるので、その位置が甲板上来た時点で投入を停止して取り付ける。コンパスバードの取り付け作業は動作テストも含めて 1～2 分程度である。コンパスバードの取り付けを終了すると再びストリーマーケーブルの投入を開始し、6,000m 投入するまでこの操作を繰り返す。

全てのケーブルを投入した後、船速を対水で 4～5 ノットのデータ取得速度まで増速する。ケーブルが指定深度に安定する時間を利用して、観測室においてケーブルに不具合がないか動作状況をチェックする。

機械係はエアガン投入を開始する。全てのエアガンアレイを投入した後、コンプレッサーを始動して動作状況をチェックする。

各エアガンに規定の高圧エアを充填し、エア漏れなどの異常がないことを確認する。

全ての準備が整うと、データ取得仕様と同じ設定にてエアガンを発震して総合テストを行う。

全てが正常に機能していることを確認して、データ取得開始位置からデータ取得を開始する。

データ取得中航測係は、GPS 受信機の状態と誘導画面を注視し、常に良好な測位データの取得に勤める。

計測係は、ケーブルのバランス、データの品質、エアガンの発震波形の状態を監視し、良好な反射データの取得に勤める。

機械係は、エアガン発震の状態のほか、エア漏れの有無を監視する。また、一定時間毎にコンプレッサーの状態を確認する。

データ取得作業が終了した場合、近くに航行

船舶がないことを確認して、ストリーマーケーブルを海面近くまで浮上させる。機械係はコンプレッサーの運転を停止してエアガンアレイを揚収する。全てのエアガンアレイの揚収後、ストリーマーケーブル揚収に適切な船速(対水で 0.5～2 ノット)まで減速したのを確認して計測係は揚収を開始する。

ストリーマーケーブルの途中、約 300m 毎に取り付けられているコンパスバードを取り外しながら揚収を続ける。航測係はケーブルの深度を監視する。

テールブイの揚収が完了し、フラッシュライトと GPS 受信機の電源を切る。

次の予定地点に向かう。



写真-15 ケーブル投入作業

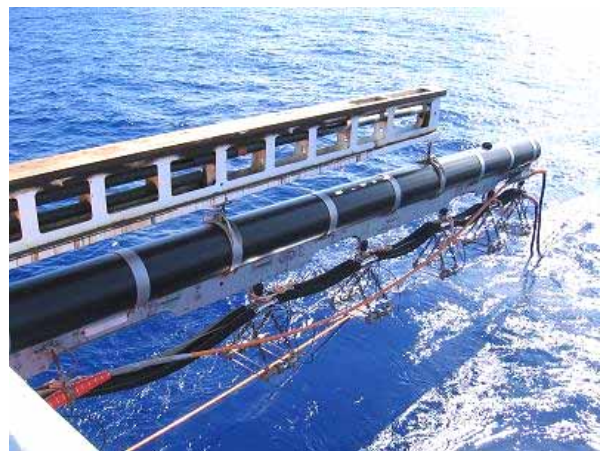


写真-16 エアガン投入作業(外側から順次投入)



写真-17 エアガン発震風景(発震音は船上においても感じ取れる)



写真-18 データ取得作業(監視画面)

8. おわりに

物理探査船「大陸棚」は、短期間の艤装、改造であったにもかかわらず、大きなトラブルもなく良好な調査結果を収めることができた。日本から反射法物理探査船の専用船が姿を消して長い年月が経つが、蓄積された技術を結集して出来上がった大陸棚の活躍で、今後の海洋開発促進の弾みとなることを期待したい。