

特殊船技術開発への取組み

-当社の特殊船建造実績及び海底広域研究船“かいめい”の建造-

Working at Technological Development of Special Vessel



海底広域研究船“かいめい”

首藤 雄太*¹
Yuta Sudo

植村 洋毅*²
Youki Uemura

大和 邦昭*³
Kuniaki Yamato

国土の四方を海に囲まれた我が国にとって、沿岸・近海海域を対象として統合的な海洋調査・海洋研究を継続的に実施すること、並びに海洋に眠る鉱物資源・エネルギー資源などの海洋資源を利用していくことが、重要な課題と位置づけられている。また、地球規模の海洋環境・気候変動メカニズムの解明、地球・生物の起源を探求するための調査研究等に対して、国際的な貢献を持続していくことが重要となっている。このような背景の中、当社では海洋研究船/調査船/探査船のほか、練習船やケーブル敷設船等の特殊船を多数継続して建造し、高い特殊船技術力を有している。本稿では、特殊船に求められる技術要件、当社の実績及び本年3月に竣工した海底広域研究船“かいめい”の概要を紹介する。

1. はじめに

当社では、官公庁、大学、海洋研究機関、海洋資源開発機関、海洋開発会社向けに、海洋研究船/調査船/探査船/練習船/ケーブル敷設船等の特殊船を多数建造している。一括りに特殊船と言っても求められる機能により、その船舶の大きさ/構造/装備品等の仕様は全く異なっており、その運用方法も一般の船舶とは異なるため、特殊船の設計・建造技術には長年に渡って蓄積された経験・ノウハウが非常に重要なものとなる。

また、船舶という特性上、船内スペースは限られているため、研究設備や各種調査観測装置の配置には有効スペースを最大限・最適に活用して、全体配置を設定する必要がある。

2. 特殊船に求められる技術要件

2.1 特殊船の機能

特殊船の機能として、ここでは調査観測船に関するものについて述べる。調査観測の種類には、一般海洋観測、海洋環境調査、海洋生態調査、海洋資源調査等があり、一般的に次のような手法が用いられる。

- ・ CTD (Conductivity Temperature Depth profiler), ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) と呼ばれる装置等を用いて、海水温・塩分や海潮流等を調べる一般海洋観測
- ・ 気象観測装置、ドップラーレーダー等を用いて、風向風速・気温・気圧・雨量・日射量・波高等を調べる海洋環境観測
- ・ 各種ネットによる生物採取、計量魚群探知機やスキャニングソナー等から発する音波により、

*1 交通・輸送ドメイン船舶・海洋事業部下関技術部

*2 交通・輸送ドメイン船舶・海洋事業部下関技術部 次長

*3 交通・輸送ドメイン船舶・海洋事業部下関技術部 課長

海中の生物分布を調べる海洋生態調査

- ・ マルチビーム音響測深機, サブボトムプロファイラー等から発する音波により, 海底地形・海底下堆積層等を調べる音響調査
- ・ ROV, AUV などに代表される海中無人探査機を用いて, 海中及び海底の様子の撮影, 試料採取や観測装置設置等の海底での諸作業等を行う海中/海底調査
- ・ エアガン(音源装置)とストリーマーケーブル(受波装置)を用いて音波解析を行う反射法地震探査システムや, 地球の重力・磁力の計測により海底地形・海底下構造等を調べる物理探査
- ・ ピストンコアラー他の採泥器, 採水器, 掘削装置等を用いて, 海中及び海底下の試料採取を行うサンプリング調査

2.2 特殊船に求められる技術要件

これらの調査観測作業を精度よくかつ効率的に実施するために, 調査観測船には一般の船舶とは異なる次の要素が求められる。

- ・ 海中に投入する各種観測装置の投入揚収を行うため, 観測補助設備(ウインチ, クレーンなど)を有し, 作業甲板は十分な広さを有すること。
- ・ 各種観測機器の投入揚収を考慮して, 作業甲板の海面からの高さを抑えること。
- ・ 海中への投入揚収を行う観測装置に対して, 船体動揺の影響を極力抑える動揺補償能力を有した観測ウインチやシステムを有すること。
- ・ 調査観測作業により得られた試料・データを分析・保管するための研究室を有すること。
- ・ 得られた大容量情報を効率的に処理するシステムを備えること。
- ・ 船底に装備される音響機器の性能発揮のため, 航走時にプロペラ及び船体より発生する雑音を低減するとともに, 船底に装備された送受波器位置に気泡が潜り込まないこと。
- ・ 洋上における作業甲板及び研究室での諸作業の妨げとならないように船体動揺を抑えた優れた耐航性能を有すること。
- ・ サンプリング装置等の運用のため, 優れた操船性能と, 荒天時でも一定の範囲内にとどまることのできる定点保持性能を有すること。
- ・ 試験海面へ移動する際の燃費性能の向上と, 観測作業時の効率的な低速連続航行が可能であること。

2.3 当社の特殊船技術

以上の特殊船に求められる機能・技術要件をうけ, 当社では以下のような特殊船に特化した要素技術を有している。

①多種多様な観測作業の実現

観測作業ごとに異なる技術要件に対して, 船体/機関/電気/観測技術要素の検討・評価能力, 並びに, これらの技術要素を集約した全体配置を設定し, 目的に沿った機能を提供する最適な観測装置及び観測補助装置の配置検討・調整能力

②船内配置の最適化

船内という限られたスペースの中に, 研究区画, 居住区画, 機関区画他を高密度・高機能に配置させる能力

③推進性能/音響性能/耐航性能/定点保持性能に配慮した最適船型と推進プラント

高い推進効率と静粛性という相反する性能を両立させる船型と推進プラントの選定や, 航海中の船内外での観測作業の妨げとならないよう船体動揺を抑える船型・減揺装置の選定, 並びに推進器・スラスト等のアクチュエータを用いて船舶を一定範囲内にとどめる定点保持性能の検討・評価能力

④電気推進方式採用による高い静粛性/パワーマネジメント性の実現

電気推進方式採用についての検討・調整能力及び実績と, 本方式を最大限に活かした静

肅性の検討・評価能力, 並びに, 船内電力負荷に応じた発電機使用パターンを選定することにより省エネ効果に寄与するパワーマネージメントの検討・設定能力

3. 近年の当社の特殊船建造実績

当社では, 特殊船に求められる技術要素を駆使しながら, 数多くの特殊船を建造してきた。2013年以降の当社の特殊船建造実績として, 建造中のものも含めて表1に示し, それらの概要を簡単に紹介する。

表1 2013年以降の当社の特殊船建造実績

船名	船主 (竣工当時の名称で表記)	船種	竣工 (年)	主寸法			国際 総トン数
				長さ(m)	幅(m)	深さ(m)	
むろと	防衛省	敷設艦	2013	約 131.2 ×	19.00 ×	11.00	約 4900*1
新青丸	独立行政法人 海洋研究開発機構	海洋研究船	2013	約 66.0 ×	13.00 ×	6.20	1629
Ramform Titan	PGS TITANS AS	物理探査船	2013	約 104.2 ×	70.00 ×	14.20	20637
Ramform Atlas	PGS TITANS AS	物理探査船	2014	約 104.2 ×	70.00 ×	14.20	20637
Ramform Tethys	PGS TITANS AS	物理探査船	2016	約 104.2 ×	70.00 ×	14.20	20637
Ramform Hyperion	PGS TITANS AS	物理探査船	2017 予定	約 104.2 ×	70.00 ×	14.20	約 20640
かいめい	国立研究開発法人 海洋研究開発機構	海洋研究船	2016	約 100.5 ×	20.50 ×	9.00	5747
神鷹丸	国立大学法人 東京海洋大学	練習船	2016	約 64.6 ×	12.10 ×	4.55	1343
天鷹丸代船	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産大学校	練習船	2018 予定	約 64.7 ×	11.90 ×	4.50	約 1340

*1: 基準排水量トン

(1) むろと(2013年竣工):

ケーブル敷設艦として建造され, ケーブル敷設装置と海洋観測装置一式を備え, 水中固定ソナーやケーブルの敷設・保守を行う。

(2) 新青丸(2013年竣工)([図1](#)):

2011年3月11日に発生した東日本大震災からの復興における大きな課題である漁業復興支援のために立ち上がった, “東北マリンサイエンス拠点形成事業”に必要な研究を推進する東北海洋生態系調査研究船として建造され, 東北沿岸・近海域において, 効果的かつ効率的に海洋環境観測, 海底地形調査, 海洋気象観測などの総合的な研究観測を行うことが可能となっている。

多種多様な常設観測装置に加え, 可搬式観測装置の運用にも配慮しており, 気象海象観測・音響調査・物理探査・サンプリング調査, 並びに ROV やディープトウを用いた海底面の観測等の幅広い調査観測を行う。

推進システムには電気推進方式のアジマス推進器を採用して水中放射雑音に配慮するとともに, 大型のトンネル式バウスラスタと併せた自動船位保持装置を有している。



図1 新青丸

(3) Ramform Titan/Atlas/ Tethys/(2013/2014/2016 年竣工),

Ramform Hyperion(2017 年竣工予定):

ノルウェーの大手資源探査会社である, Petroleum Goe-Services ASA(以下 PGS)が開発したラムフォーム(Ramform)型と呼称する独特な船型の物理探査船であり, 3次元反射法地震探査を行う。

反射法地震探査とは, 海底に向けて地震波(弾性波)を発信するエアガンと, 海底からの反射波を観測するハイドロフォンを内蔵したストリーマーカーケーブルを曳航し, 反射波とともに測位データを取得することによって海底下の地質学的物性を取得する観測手法であるが, ストリーマーカーケーブルを複数本並行に曳航することによって海底下の状況を3次元的(立体的)に探査する手法を, 3次元地震探査と呼ぶ。

3次元反射法地震探査では, 曳航するストリーマーカーケーブル本数が多いほど, 1回の航走で探査する面積が広く, 探査効率を向上させることが可能であるため, 本船では, 船幅を 70m とすることで, 最大 24 本のストリーマーカーケーブルを曳航し, 効率的に探査を行うことが可能となっている。

(4) かいめい(2016 年竣工):

海洋資源の分布等海底の広域調査を効果的に行うとともに, 鉱物・鉱床の生成環境までをとらえる総合的科学的調査が可能な研究船として建造された。本船は, 本格的な3次元地震探査と海洋観測を1隻で実施可能な世界初の海洋研究船であり, 次節で詳細を紹介する。

(5) 神鷹丸(2016 年竣工) (図2):

東京湾から熱帯太平洋海域における海洋科学教育のために建造された練習船ではあり, 実習設備とともに充実した研究観測装置も多数装備している。そのため, 小さな船体に漁労装置はもとより調査観測用の機器が多数搭載され, 可搬型のコンテナラボを船楼甲板上に装備して活用するなど, 艙装密度が極めて高い。

船尾式の表層/中層/着底トロール設備による生物調査, 船底ドーム内の音響機器による海底地形探査・生物調査, CTD/ADCP による海水温・塩分や海潮流の観測等を実施する仕様となっており, 地震探査装置(可搬)や AUV の運用も可能。推進システムには可変ピッチプロペラ(CPP)を使用した電気推進システムを採用して, 水中放射雑音や低速航行性に配慮している。

2015 年 11 月に進水し, 翌 2016 年 3 月に引き渡しされた。



図2 神鷹丸

(6) 天鷹丸(2017 年竣工予定):

水産(漁業), 海洋資源及び海洋生物に関する実習, 調査・研究を行うことを目的とした漁業練習船としての機能と, 海洋環境調査及び資源, 生物生態調査等様々な調査業務を行うことを目的とした漁業調査船としての機能を併せ持つ共用船である。

船尾式の表層/中層/着底トロール設備による生物調査, 船底ドーム内の音響機器による海

底地形探査・生物調査, CTD/ADCP による海水温・塩分や海潮流の観測等を実施する仕様となっている。

2017年3月に進水し, 同年10月に引渡しが予定されている。

4. 海底広域研究船“かいめい”の建造

2013年3月, 国立研究開発法人海洋研究開発機構(当時:独立行政法人)(以下 JAMSTEC)より, 海洋資源の分布等海底の広域調査を効果的に行うとともに, 鉱物・鉱床の生成環境までをとらえる総合的科学調査が可能な研究船を建造するための企画提案公募が出された。

本公募に対する技術審査を経て, 2013年6月に当社が契約先候補者となり, 打合せを重ねた。JAMSTEC からの要求事項に従い, 海底広域研究船“かいめい”は, 主要調査観測機能として, “地殻構造探査”, “海底下試料採取”, “AUV 複数機運用”, “一般海洋観測”機能を有するものとした。本船は, 本格的な反射法地震探査と海洋観測を1隻で実施可能な世界初の海洋研究船であり, 次のような仕様となっている(表2)(図3)。

表2 海底広域研究船“かいめい”の主要目

全長	100.5m
幅(船体中央にて)	19.0m
幅(船尾拡幅部にて)	20.5m
深さ	9.0m
総トン数	5747トン
航海速力	12.0kn
航続距離	約9000海里
最大搭載人員	65名 (乗組員27名, 研究者等38名)



図3 海底広域研究船“かいめい”

- (1) 12000m ストリーマーカーケーブル×1条による2次元探査(2D), 3000m ストリーマーカーケーブル×4条による3次元探査(3D)及び300m×20条のストリーマーカーケーブルによる3次元高解像度探査(HR3D)の目的に応じた3種類の地殻構造探査が可能なものとした。また, サブボトムプロファイラー, 重力計, 磁力計を装備するとともに, 海底地震計の運用を加えて, 多角的な地殻構造探査が可能なものとした(図4)。
- (2) 大型ピストンコアラー(最長40m, 運用最大水深11000m), 海底設置型掘削装置(運用最大水深3000m), パワーグラブ(シェル型及び6本爪型, 共に運用最大水深6000m)等の固定及び入替式の観測装置として船上の観測補助装置にてハンドリングし, 海底下の試料採取が可能なものとした。また, これら観測装置のハンドリングを行うウインチには, AHC(アクティブ・ヒープ・コンペンセイト)機能を持たせ, 船体動揺による観測装置やケーブルへの影響を低減させることを可能とした。
- (3) 自律型無人探査機(AUV)3台を搭載して, 船底に装備される水中通信装置や音響測位装置を用いて同時に潜航させ, 様々な海中・海底の観測作業が可能なものとした。
- (4) 深海用および浅海用マルチビーム音響測深装置, サブボトムプロファイラー, 深海用および浅海用多層式流向流速計等の充実した音響機器により, 高精度, リアルタイムでの海中・海底・海底下の調査が可能なものとした。また, 気象海象観測装置, GPS 気象ゾンデ自動放球装置, 表層海水分析装置による大気・海洋観測が可能なものとした。さらに, トライトンプイ等の設置・回収も行えるものとした。
- (5) 採取した試料を新鮮な状態で分析・解析できる各種分析装置を搭載した研究室及びサンプル保管庫を有する。また, 研究活動の高精度化・効率化を図るため, 船内各所にて航海情報や観測機器データなど大量な情報を効率的に処理することのできる船内LANシステムを導入した。

- (6) 推進システムには、電気推進方式の2基のアジマス推進器を採用し、船首に装備したトンネル式バウスラスト1基、昇降旋回式バウスラスト1基と併せて、操縦性の向上を図った。これらのアクチュエータは、自動船位保持装置(DPS)により統合制御され、精密な操船や一定範囲にとどまる定点保持が容易な操作で実現可能であり、観測諸作業が効率的に実施可能となる。
- なお、本船の定点保持性能は“風速 15m/s(全方位)、有義波高 3m(全方位)、潮流 5kn(前方より±30度)”の条件にて、半径 50m 以内にとどまる仕様としており、シミュレーション検討による仕様決定、模型試験による性能確認を行っている。
- (7) 船底装備の水中音響機器の性能発揮及び地震探査の精度向上のため、プロペラ形状の最適化、電気推進システムの採用、主発電機関の2段防振、船底外板への制振材の施工、船首船体形状の最適化等、船体放射雑音の低減及び気泡対策を行った。
- (8) 悪天候下での観測効率向上のため、前述の DPS に加え、タンク内液体の遊動による船体横揺軽減装置として可変周期型 ART(アンチローリングタンク)を設けた。可変周期型とすることで、船体動揺周期の変化に合わせた減揺効果を発揮するものとしている。
- (9) 国際総トン数 6000 トン以下の限られたスペースの中に、研究区画、居住区画、機関区画他を高密度・高機能に配置を成立させるとともに、省エネルギー、観測作業性、操船性及び環境に配慮した設備を有する次世代型の海洋研究船とした。さらに、次世代海洋研究船に相応しい船容として、操舵室内部の機能性も考慮し、上部構造上方の前面中央部をラウンド形状とすることにより、デザイン上のアクセントとした。また、船首部からサイドにカウリングを設け、美しいサイドビューとしたほか、上部構造最上層のマストと一体となった海産哺乳類監視室にもデザイン性を持たせた。

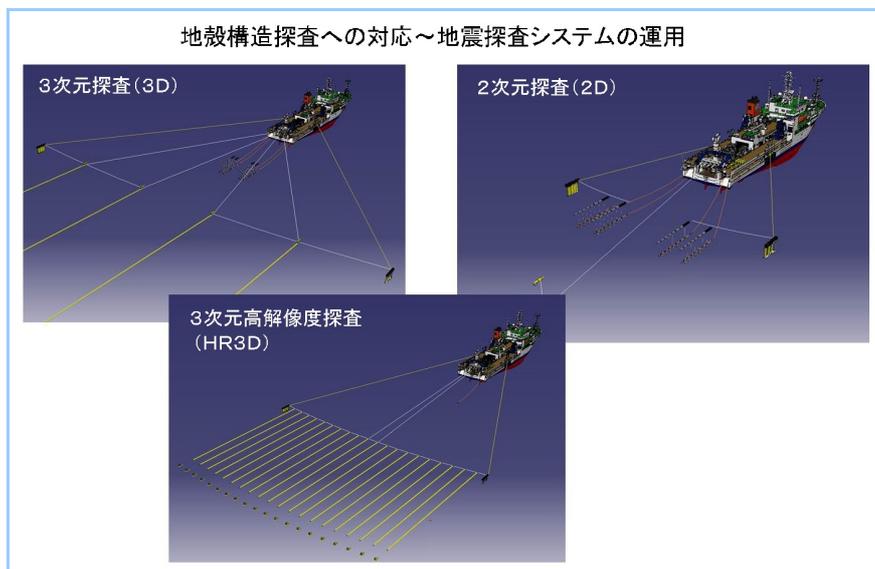


図4 海底広域研究船“かいめい”地震探査システム

5. まとめ

海底広域研究船“かいめい”は、2015年6月に進水し、2016年3月までに多岐にわたる観測装置の海上試運転を実施して引き渡された。本船の運航により、海洋資源の分布等海底の広域調査を効果的に行うとともに、鉱物・鉱床の生成環境までをとらえる総合的科学的調査の実施が可能となることが期待されている。当社では、これまでに培った数多くの特殊船設計・建造技術を活かし、今後も海洋資源の調査・研究開発、ひいては、我が国の海洋開発発展への道に寄与していきたい。