

水路測量船「明洋」

坂本政則 : 沿岸調査課
金田一夫 : 監理課

Hydrographic Survey Vessel "MEIYO"

Masanori Sakamoto : Coastal Surveys and Cartography Div.
Kazuo Kaneda : Administration Div.



1. まえがき

海上保安庁は、我が国沿岸域を主な観測対象海域とする中型測量船「明洋」を3か年計画で代替建造し、新「明洋」を平成2年10月24日に就役させた。

新「明洋」は、これまで行ってきた船舶の安全を確保するための海図作成作業に加えて、近年の大規模な海上工事、栽培漁業、海洋レジャー等の新たな沿岸海域の利用に応える各種の観測と調査作業を行う多目的測量船である。

そのため、新「明洋」には港湾の測量及び気象・海象条件の厳しい外洋に面した沿岸海域の水路測量・観測作業、災害時における緊急作業を長期にわたり、安全かつ効率的に実施するための性能を具備している。

2. 主要目

本船は昭和63年度から3か年計画で川崎重工業株式会社神戸工場で建造したもので、主要目は次のとおりである。

船型	船首楼付甲板型	総トン数	約620トン
全長	60.00 m	排水量	1,030トン(完成常備状態)
型幅	10.50 m	常用速力	14.5ノット(690rpm:cpp 20°)
型深	5.00 m	最高速力	15.4ノット(720rpm:cpp 22°)
型喫水	約3.00 m(完成常備状態)	航続距離	約5,600海里(14.5ノットにて)
		連続行動日数	25日
		最大搭載人員	38名

3. 主な性能

建造に際しての要求性能は下記のとおりである。

(1) ミランダ式10メートル型測量艇の搭載

港湾測量、沿岸流観測等を本船と共同して効率良く実施するため

(2) バウスラスタの装備

停船して行う各種観測作業を安全かつ効率的に行うため

(3) 堪航性の確保

多少の荒天時においても作業続行が可能となり作業能率を向上させるため

(4) 動揺・震動・騒音の軽減

電子機器その他の観測機器に及ぼす悪影響を除去するため

(5) 良好な居住性の確保

長期行動時における乗組員の精神的、肉体的疲労の軽減のため

4. 一般配置

(1) 観測区画

昭和61年11月竣工の中型測量船「天洋」をモデルとして海上保安庁装備技術部及び水路部関係者による打合わせを行い、また、測量船乗組員の意見も参考にし、水路業務の特殊性を考慮しつつ、業務が円滑かつ効率的に実施できるよう次のとおり計画した。

イ 観測室

震動、騒音、動揺を少なくして、観測機器搭載スペースを確保し、船橋との連絡を容易にするため、船橋後部に隣接して設置。

ロ 資料整理室

沿岸測量実施時に、測量データ等を整理する専用区画として設置。震動と動揺が少ない船体中央部に確保したため居住区画が狭くなった。

ハ 観測準備室

観測作業に使用する資機材の保管・組立・移動等の円滑化のために後部甲板に設置。

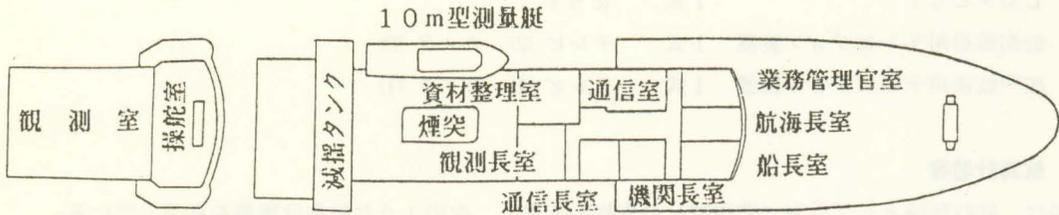
ニ 後部甲板

甲板作業が安全かつ効率的にできるよう配慮

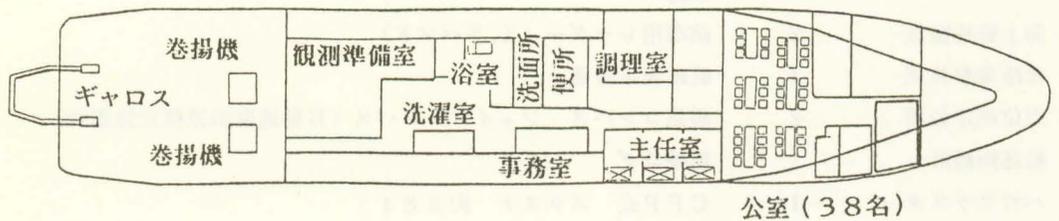
(2) 居住区画等

その区画をできる限り広く確保するため、船型を長船首楼甲板型とし、船体中央部から船首寄りに寢室、公室、調理室、事務室等を機能的に配置した。

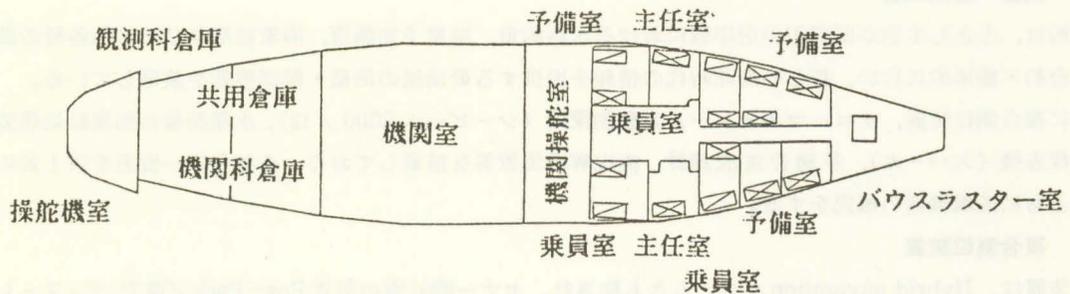
また、長期行動における肉体的、精神的疲労を軽減するため、防震・防音対策を施し快適な居住環境の確保を配慮した。



第1図 首楼甲板・航海船橋甲板



第2図 上甲板



第3図 下甲板

5. 測量艇及び甲板機械

本船には、港湾測量等を効率的に実施するため10メートル型測量艇を搭載し、また、作業の能率的実施のための下記甲板機械を具備してある。

- | | | |
|----------------|----|-----------------------|
| (1) 10m型測量艇 | 1隻 | FRP製60HPディーゼル機関付 |
| (2) 同上用ポートダビット | 1式 | ミランダ式 最大荷重5t |
| (3) 同上用ポートウインチ | 1式 | 電動式 防水型 |
| (4) ウィンドラス | 1式 | 油圧式 横型 ワーピングドラム付 2段変速 |
| (5) キャブスターン | 2式 | 油圧式 |

(6) 巻揚機	3式	採泥用 油圧式、観測用 油圧式 海上磁力計用 電動式は後日装備
(7) ギャロス	1式	油圧式 使用荷重 2 t
(8) ロープリール	2式	油圧式 クラッチ付
(9) 雑用ダビット	1式	油圧式 使用荷重 0.5 t
(10) 伸縮式L型ダビット	1式	伸縮油圧式 0.9 t
(11) L型ダビット	1式	0.5 t
(12) 観測監視用テレビジョン装置	1式	テレビ (2) カメラ (3)
(13) 舷門監視用テレビジョン装置	1式	テレビ (1) カメラ (1)

6. 航海計器等

本船は、航行区域として近海（非国際）の資格を取得し、次のような航海計器等を具備している。

(1) 操船装置	1	自動操舵装置 航跡表示装置 複合測位装置 遠隔操舵装置操縦用機器
(2) 海上監視装置	2	航海用レーダー（X, Sバンド）
(3) 水路業務装置	1	航跡表示装置
(4) 方位測定装置	2	磁気コンパス ジャイロコンパス（自動速度誤差修正装置付）
(5) 船速距離計	1	電磁ログ
(6) バウスラスタ	1	C P P式 スラスト 約3.8 t

7. 測量・観測機器

本船は、主として我が国周辺の沿岸域における水路測量、地震予知調査、海象観測及びその他各種の調査を総合的・能率的に行い、新しい海洋時代の情報を提供する最新鋭の測量・観測機器を装備している。

特に複合測位装置、ナローマルチビーム音響測深機（シービーム2000/12）、水深測量自動集録処理装置、地層探査機（スパーカ）、多層音波流速計、流況解析装置等を搭載しており、それらの一覧表を第1表に示すとともに搭載機器の概説をする。

(1) 複合測位装置

本装置は、Hybrid navigation システムとも称され、セナー(株)製の型式Pos-Pack/VIIIで、ディファレンシャルに対応した米国マグナボックス社製GPS受信機3台、ロランC受信機2台、精密電波測位機、セシウム原子周波数発信器、基準時計、データ入力処理部、中央処理装置、磁気テープ装置、固定ディスク装置、光ディスク装置、プロッター装置、プリンター、グラフィックターミナル、モニタービデオ等から構成される。(写真1)

各測位機及びジャイロ、ログ、多層音波流速計と組み合わせ、リアルタイムにおける正確な船位を求める装置であるが、単に船位を求めるだけでなく、中央処理装置である32MBのHP 9000/835 CHX コンピュータとは、シービーム2000、浅海音響測深機、スパーカ、海上磁力計、海上重力計、サイドスキャンソナー、風向・風速計等と結合のほか、後日装備予定のCTD、投下式鉛直水温連続測定装置(XBT)等とも結合予定にしており、既に観測室～後部観測準備室間の船内配線は終えている。これら中央処理装置と結合され各観測機器の記録(紙)上には、必要な日時、経緯度、測線番号等が自動的に記入され、船橋、観測

第1表 測量船「明洋」搭載観測機器一覧表

観測機器名	観測機器の概要及び性能	備考
複合測位装置	各種測位機の計測データを複合的に解析処理し、最確位置を決定する。又、各観測機器に測位情報等を提供すると共に同時にそれらの情報を収録し、操船誘導、測位監視、航法計画等を援助する機能を有する。	
航跡表示装置	海図情報、測位情報、航海情報等をディスプレイ上に重畳表示し、本船の航跡、予定航路、目的地等を確認する	
ナローマルチビーム音響測深機	浅海域から深海域に至る水深の約2倍までの精密な海底地形をクロスファンビーム方式により調査すると共に自動図化する。	
水深測量自動集録処理装置	測量艇搭載の集録部からの生データを本船の処理装置により編集後、水深図、等深線図等を自動図化する。	
浅海音響測深機	最大可測深度350m, 210kHz, デジタル, アナログ記録, ヒープセンサー(上下動補正)付	
海上重力計	海上における約10,000 Galまでの重力値を連続測定	
海上磁力計	船尾後方200~300mに検出器を曳航し、地球磁場を測定。測定範囲30,000~50,000 ナノテスラ	
多層音波流速計	航走中に深度700m, 128層までの海潮流の鉛直分布(流向・流速)を連続測定。75kHz, 水温計付	
精密電波誘導装置	測量船(艇)に主局、陸上に数局の従局を設置して海上における精密な位置を決定。米国デルノーテ社製トリスポンダー	
巻揚機	採泥用巻揚機(φ6mm×3,000m), ワイヤ傾角監視表示装置及びワイヤメンテナンスツール付属。観測用巻揚機(φ10.4mm×2,200m, ダブルアーマードケーブル), ROVとCTD兼用	
地層探査機(スーパーカ)	エネルギーソース部のコンデンサに蓄積した約3,800VDCの高電荷エネルギーを水中放電し、その音波を利用して海底の表面地層と深部地層を記録。米国EG&G社製8,000J	
多素子音響測深機	測量艇の舷側に各々2本の送受波器を取付け、浅海域の測深を行う。千本電気製PDR 501型, デジタル深度集積装置付属	
CTDシステム	停船して電気電導度, 水温, 深度を測定。	
自記験流器	海面下50mまでの潮流を測定・記録する。MTC-2型	3式
流況解析装置	流速計等のデータを解析, 処理, 図化する	
自記式流向流速計	潮流の流向・流速, 水温(電導度)を測定RCM-4S	3式
水中切離装置	海中に設置した自記式流向流速計等と共に使用し、指令により計器を浮上回収	
ハイドロフォンレシーバー	海中に設置した自記式測器から水中音波信号を受信してリアルタイムでデータの読取りを行う。又、その作動状況と存在を確認	

観測機器名	観測機器の概要及び性能	備考
浮標選択呼出装置	流速計と共にセルコールブイを設置し、随時測量船から呼出しを行い、その存在位置を確認する	
40MHz方向探知機	流速計と共に水没式発信器を設置し、浮上した時点で発信される電波により、その存在位置を確認する	
驗潮器等設置器材	驗流器、流速計等の設置機材	
採泥器	柱状採泥器、スミスマッキンタイヤ型、円筒型ドレッジ等	
小型サイドスキャンソナー	海底地形、地質、障害物等の調査に使用。探査距離25～600 m、米国EG&G社製260型、巻揚機1トン	持込み機器

室、後部観測準備室（作業甲板）に設置したモニタービデオには、年月日、時刻、経緯度（船位）、針路、船速（対地）、測線・測点誘導、水深、風向、風速等の情報を表示し、各測定データは前述の記憶装置に自動収録するとともに、航跡表示装置、プロッター、プリンター、グラフィックターミナル等に出力する。このように複合測位装置は、搭載観測機器は勿論、航海計器間との信号送受を総合的にコントロールし、測量船の運航にはなくてはならない装置である。

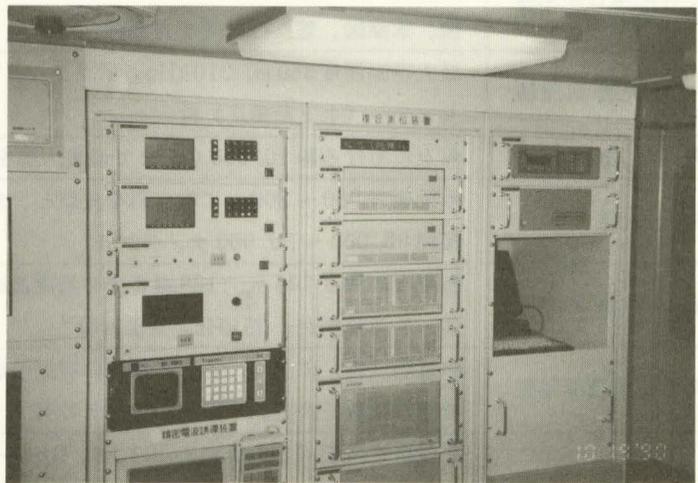


写真1 複合測位装置

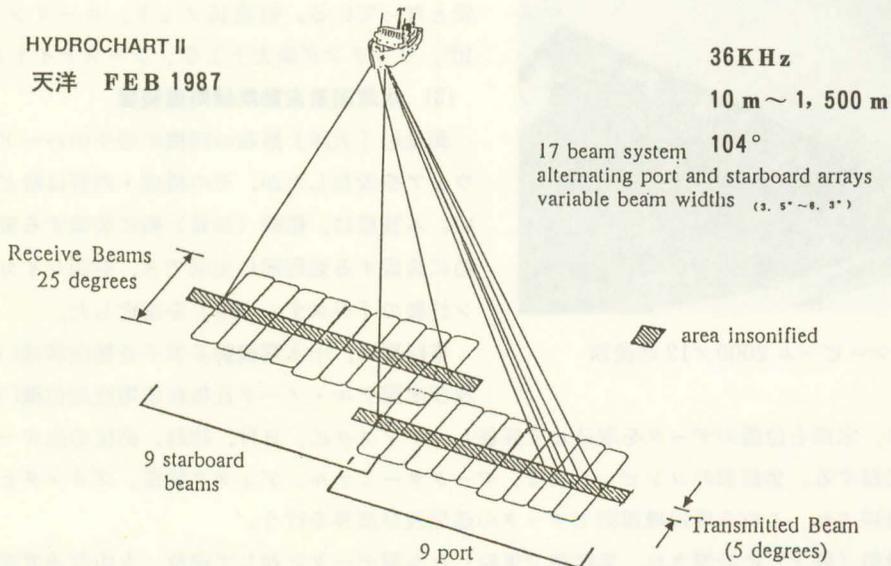
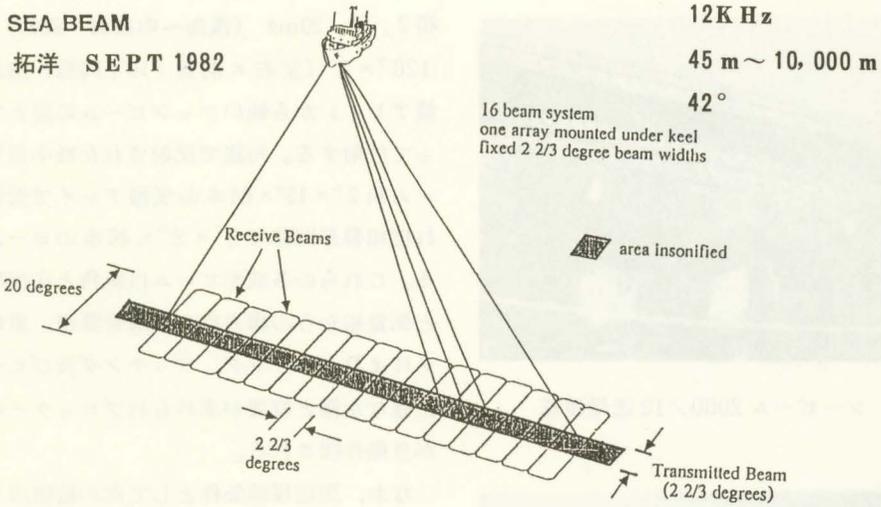
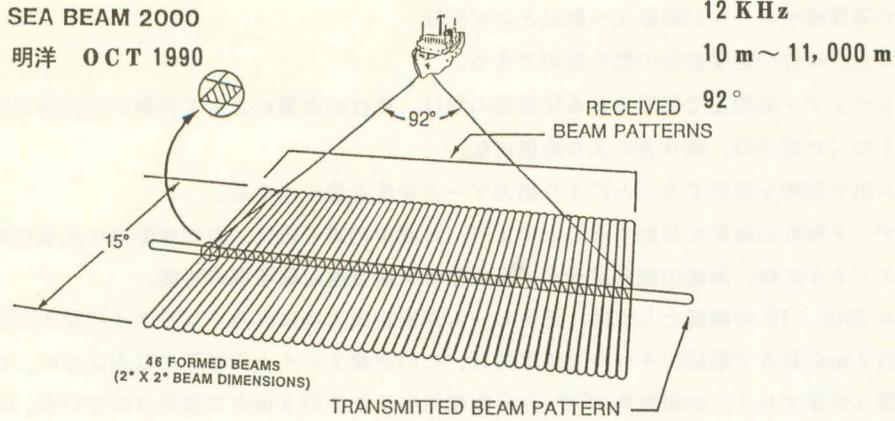
(2) シービーム 2000/12

米国General Instrument Corporation (G・I社) が新たに開発した最新鋭のナローマルチビーム音響測深機で、測量船「明洋」が世界の海洋観測船に先駆けて装備したものである。

本機の原理は基本的には「拓洋」のシービーム、「天洋」のハイドロチャートと略同様であるが、水深10 m～11,000 mまでの広域幅測深を行う海底地形調査システムで一回の送受信で水深の約2倍までの左右舷方向の測深幅を得ることができ46本の極めて指向性の鋭いクロスファン音響ビームで測得した水深の等深線をプロッター紙上に航跡に従ってリアルタイムに船上で自動作図を行う。(第4図)

その特徴を列挙すれば

- ① 水深の約2倍の横方向の等深線をプロッター紙上に航跡に従い自動描画。
- ② 受波器アレイ取付けに船腹角10°が必要。
- ③ 測量幅の全ビーム強度を表示。
- ④ 最も新しいマルチ測深の海底断面を水深に対応して彩色表示。
- ⑤ ビーム強度のロール紙上へのコンタリング。



第4図 ナローマルチビーム音響測深機一覽図

- ⑥ 水深の等深線をロール記録紙上へ航走と共に記録。
- ⑦ 船の大きさに従い送受波器の数を変更できる。
- ⑧ ソフトウェア処理上で使用される受波器の数は、荒波の影響によって外側の受波器が高雑音で使用できなくなった場合等、操作者により変更可能。
- ⑨ ビーム出力間隙を変更することにより出力データ密度を変更出来る。
- ⑩ 音響データ解析記録部を付加することにより、計測中の雑音監視、誤測深監視に必要な反射波のアナログ・デジタル記録、海底の底質区分ができる微細反射強度記録を取得可能。

シービーム 2000/12 の機構としては、送信ビームが船首尾方向に直角となるように28本の送波器（送波アレイ）を約3mの長さで船底のキール上に取付け、この送波アレイとT字型になるように、この船首側に84本の受波器（受波アレイ）が船腹角 10° で、左右両舷対称に長さ約5m余で装備されている。（写真2，3）

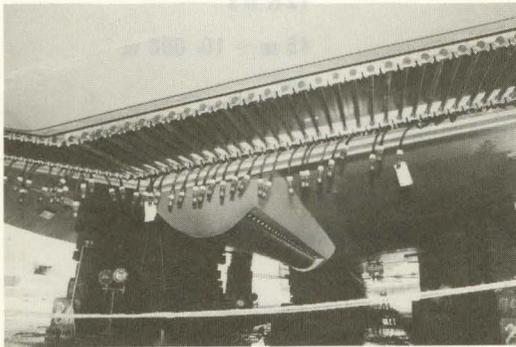


写真2 シービーム 2000/12 送受波器

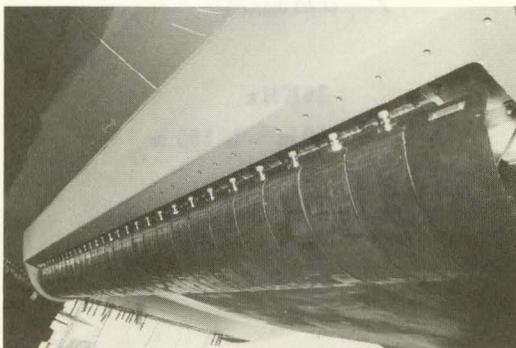


写真3 シービーム 2000/12 送波器

定格電源から所要の電気信号を周波数12kHz、パルス幅2，7，20ms（浅海～中深海～深海）送信ビーム角 $120^\circ \times 2^\circ$ （左右 \times 前後：以下同様）28本の送波器（送波アレイ）から鋭いファンビームに変えて海底に向かって放射する。海底で反射された微小信号は、受信ビーム角 $2^\circ \times 15^\circ \times 84$ 本の受波アレイで受信後、増幅され位相整形回路で $2^\circ \times 2^\circ \times 46$ 本のビームに成形される。これらの各成形ビームは斜角と往復時間から水深と測量船からの横方向の距離を算出、更にコンピュータによりローリング、ピッチング及びヒーブ補正した正確な水深と位置が求められプロッターにより等深線が自動作図される。

なお、測定環境条件として次の数値以下が一つの目安となっている。船速15ノット、ローリング最大士 10° 、ピッチング最大士 7.5° 、シーステイト4。

(3) 水深測量自動集録処理装置

測量船「天洋」搭載の同機に若干のハード・ソフトウェアを改良したが、その構成・内容は殆ど変わらない。本装置は、搭載（測量）艇に装備する集録部と母船に装備する処理部に大別でき、英国レイカル・マリン社製の「システム 990」を選定した。

集録部は、千本電機製多素子音響測深機（PDR 501）及び米国デル・ノート社製精密電波測位機（Trisponder 542）より、

水深と位置のデータを取込んで評価し、ディスクに、日付、時刻、測位の生データ、座標値、水深等を集録する。集録部のコンピュータは、データターミナル、ディスク装置、プリンタと各インターフェイスに接続され、これら周辺機器間でデータの送受及び演算を行う。

処理部は、母船（陸上）に設置され、集録部で集録した水深データに対して潮位、水中音速度等の補正、その他必要データの加除訂正を行った後、測量成果を編集（出力）する装置である。構成は、メイン・コン

コンピュータを初め、データターミナル、ディスク装置、プリンタ、カラーグラフィックディスプレイ、デジタルイザから成り、これらを使って水深データの選択、抽出、及び等深線を手入力で編集し、A0版サイズの水深図、航跡図等を現地で作成することができる。

システム中で使用されるメインコンピュータは、ROM256 KB及びRAM4 MBのメモリーを有し、ディスク装置はウインチェスター(20MB)とフロッピーディスク(1.42 MB)ならびに1/4インチ磁気テープ装置で構成されている。

これ等に格納されるデータは、①時刻、②経緯度、③水深、④フラッグ(水深値が最浅値か、平均値か、最深値かの識別)が一組となっている。

(4) 浅海音響測深機

本測深機は、西独クルップ・アトラス社の中心周波数210 kHz、指向幅全角9°送信出力150 W、最大可測深度350 mの性能を有する型式名アトラス・デソ20でヒープセンサー(上下動検出器)のHeco-10を付属して、信号雑音比(S/N比)の優れたアナログ・デジタルの水深記録が船速15ノット、ローリング±20°、ピッチング±10°、波高範囲±5 m以内の測定条件の下で取得できる仕様になっている。

本機の一般的機能としては

- ① ヒープセンサーの上下動信号により、測深データであるアナログ信号及びデジタル信号を校正する。
- ② 複合測位装置へ測深データ信号を送り、収録及びプリンター出力すると共に同装置から年月日、時刻、喫水、測量区域、測線番号、船名等の情報を受け記録紙上に任意に書き込める。又、タイムマーク指定により、1分間隔及び10分間隔の固定線、通し番号等を印字することができる。
- ③ 測深機の送受信を停止して、シービームより直下水深信号を受けてアナログ記録が描画できる。
- ④ 水中音速度、レンジ及びシフトをアラビア数字にて記録紙上に表示する。
- ⑤ 測深精度は、アナログ表示±0.12%±1.5 cm、デジタル表示±0.12%±1.5 cm±1数字。
- ⑥ ドラフト補正は、0～9999 cmで1 cmステップ補正可能。

等々が挙げられる。

(5) 多層音波流速計(ADCP)

本流速計は、米国R.D社製の型式RDV M 75の船舶搭載型で、1842年オーストリアの物理科学者C. J. Dopplerにより明らかにされた音波のトッパー原理を用いている。即ち、船底の送波器から発射された超音波は水中に浮遊するプランクトン等の微小生物やチリ及び海底から反射されて受波器に戻ってくる時の周波数の変位量を測定し、航行中の船から海流の水平成分を最大水深約700 mまでの最大128層の流速測定を行う。海底面が音波ビームの到達範囲内にある場合は、絶対流速を対地船速と共に求めることができ、そうでない場合はGPS、ロランCなど他の航法装置より船速を算出し、絶対流速を求めることができる。この対地速度と対水速度から海流の方向と速度を測定する計器である。(写真4)

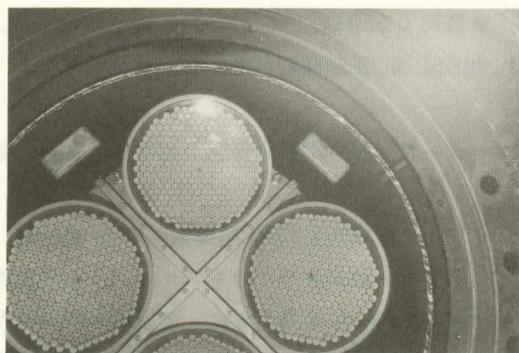
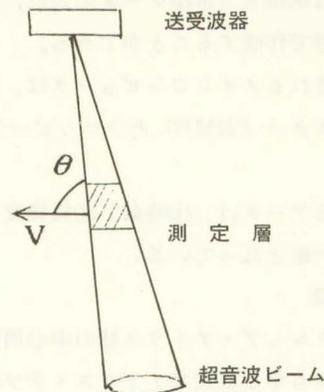


写真4 多層音波流速計船底送受波器

$$D = 2ft (V \cdot \cos \theta) / C$$

- D : ドップラー周波数シフト
- ft : 発射時の周波数
- V : 測定層の流速
- θ : 流速ベクトルと超音波ビーム角度
- C : トランデュースー表面での水中音速



次に、本計器の仕様を示す。(第2表)

第2表 多層音波流速計仕様

	75kHz	150kHz	300kHz
発信周波数	75kHz ± 2kHz	150kHz ± 4kHz	300kHz ± 8kHz
ビーム幅 (@ 3dBダウン)	± 7.5°以下	± 3.5°以下	± 2.2°以下
ビーム数	4ビーム		
ビーム角度	鉛直方向に30° 水平面に90°間隔		
最大海底探知深度	900 m以上, 450 m以上, 270 m以上		
最大海底測定深度	700 m以上, 350 m以上, 250 m以上		
流速測定範囲	± 1,000 cm/sec		
測定層数	4 ~ 128層		
測定層厚	1, 2, 4, 8, 16, 32mのいずれかを選択		
長期測定精度	± 0.2% (OF READING) ± 0.5 cm/sec		

(6) 採泥・観測用巻揚機

採泥巻揚機は、鶴見精機(株)製の型式TS-5Pで油圧式、重量約1,650kg、ワイヤーφ6mm×3,000m、巻揚速度4m/min以上、巻揚能力1トン×76m/min以上、無段変速、正逆回転可能、ワーピングドラム、ワイヤー捌き、リーバス溝。

線長計はデジタルLCD5桁表示、張力計はアナログレコーダー付及び危険張力任意設定可能で音量調整警報ブザー付とした。

また、本機には、付属装置として水路部が新しく開発した「ワイヤー傾角監視表示装置」を装備した。これは、水路部技報第8号(平成元年12月)で詳細に記述したとおり、従来のワイヤレスマイクによる後部から船橋に対する操船指揮を改め、後部作業甲板の門型クレーンから海中に至るワイヤーの方向・傾斜角等をジンバル機構を持つ自動検出滑車により測定する。この測定データをマイクロコンピュータで計算後、最終的には測量船に対するワイヤーの繰出し方向(位置)の画面が巻揚機側、観測室、船橋の操船コンソール

に組み入れた3台の遠隔液晶ディスプレイ上にリアルタイム表示されることにより、船橋においてはCPPバウ・スラスタ等が迅速に行えるばかりか作業の安全性、効率性に寄与するものである。この付属装置の機能を正しく維持・管理するため、門型グリーン側面に配管した清水と高圧エアパイプにワンタッチ・カップラーで連結するワイヤー洗浄器及び機側に取付けてドラム回転速度に連動したグリース塗布量を自動調整する塗布器から成る小型・軽量で操作が簡単な「ワイヤーマンテナンスツール」を付帯器具として作製した。

観測用巻揚機も鶴見精機株式製の型式TS-5P-CBであるが、本機は、CTD及びROV両機の使用を兼用するものとして搭載した。主要諸元は採泥巻揚機と略同様であるが、 $\phi 10.5\text{mm} \times 2,200\text{m}$ の10芯程度のアーマードケーブルを使用するため、巻取りドラム回転軸は雑音の発生源を最少限にしたスリップリング機構を採用した設計である。(平成2年12月現在、アーマードケーブル及び船上記録式CTD、ROVは未装備)

(7) 自記塩分温度深度記録装置 (CTD)

電気電導度 (Conductivity)、水温 (Temperature)、深度 (Depth) を測定する装置で通常CTDと称されている。CTDは、海中に吊り下げたアーマードケーブルで計測データを伝送する船上記録式と、水中ユニット内部で自記記録する自記記録式とがあるが、本船は後者を使用する。

水中ユニット部には、カセット磁気テープが内蔵されており、巻揚機を使用して深度6,000mまで計測することが可能である。観測室では、このデータを解読し解析演算して得られる塩分、密度、音速度等のデータを加えてMTに収録すると共に、プリンタによる作表及びプロッタによる作図(塩分、水温、鉛直プロファイルやT-Sダイヤグラム)を行う。

(8) 地層探査機

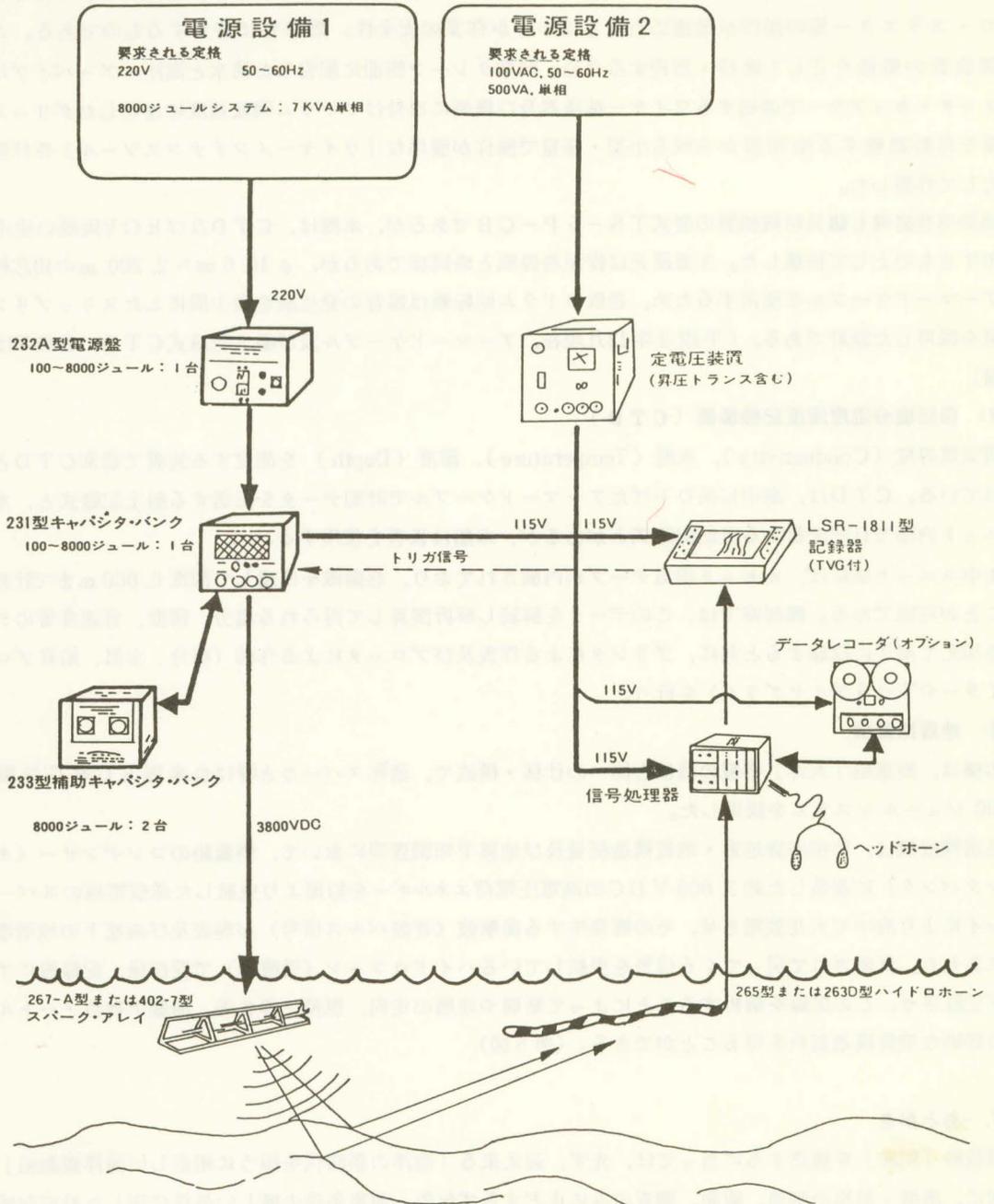
本機は、測量船「天洋」搭載の機器と同一の仕様・構成で、通称スパークと呼ばれ米国EG&G社製の8000ジュールシステムを採用した。

地層探査機は、精密海底地形・地質構造測量及び地震予知調査等において、測量船のコンデンサー(キャパシタバンク)に蓄電した約3,800VDCの高電圧電荷エネルギーを船尾より曳航した送信電極のスパークアレイにより海中で火花放電させ、その際発生する衝撃波(音波パルス信号)が海底及び海底下の地層境界面にあたり、反射されて戻ってくる信号を曳航しているハイドロフォン(受波器)で受信後、記録器にアナログ記録させ、この記録を解析することによって断層や地層の走向、規模、厚さ等、海底下数百メートルまでの詳細な地質構造資料を得ることができる。(第5図)

7. あとがき

測量船「明洋」を建造するに当たっては、先ず、迎え来る「海洋の新時代を担うに相応しい海洋観測船」を念頭に、港湾・沿岸の測量、観測、調査のみに止どまらず気象・海象条件の厳しい外洋に面した沿岸海域の困難な作業、災害時等における緊急業務を長期にわたり実施するため、次のような配慮と工夫・設計がなされた。

- (1) 限られた行動日数で十分な成果をあげるための、船速のスピードアップ、バルバスバウ、バウ・スラスタ、ツインラダーの採用等、機動力の充実及び搭載観測機器の高性能と自動化。
- (2) 港湾・沿岸域での業務を効率よく実施するため、10m型測量艇のミランダ方式による揚降。
- (3) 現地収集観測データを速やかに編集・処理するための、資料整理室の設置。



第5図 地層探査機（スパーク）構成図

- (4) 大型観測器材搬入のための、観測室上部天井開閉ハッチの新設。
- (5) 後部作業準備室の設置及びその低床化と大型開閉扉の採用。
- (6) 後部甲板作業スペースをより広く活用するための、スライド式ブルワーク開閉扉の採用。
- (7) 重量物運搬のための、油圧式シークレーン、同開閉ハッチ、伸縮式L型タビットトロリー用レールの

設置。

(8) 観測機器に悪影響を与えないための、船体の動揺、振動及び機関音の減少。

(9) 乗組員の精神的・肉体的疲労を軽減するための、居住区、上乗り職員を考慮した十分な予備室。

等であり、限られたトン数、大きさのため十分とは言えない面も多いが、各種の計器を初め、観測機器は最新のものを採り入れており、他の装置等とともに威力を発揮し、必ずや優秀な成果が上がるものと期待される。

報告者紹介



Masanori Sakamoto

坂本 政 則 平成2年12月退職，
前本庁水路部沿岸調査課沿岸調査官



Kazuo Kaneda

金 田 一 夫 平成3年1月現在，
本庁水路部監理課測量船管理室補佐官

