

サイドスキャンソナーの活用事例と留意点

岡崎 勇 : 大陸棚調査室
橋本鉄男 : 第六管区水路部
横尾 蔵 :

Instances of Practical Use of the Side Scan Sonar and some Advices

Isamu Okazaki : Continental Shelf Surveys Office

Tetuo Hasimoto, Osamu Yokoo : Hydro. Dept. 6th R. M. S. Hqs.

1. はじめに

第六管区水路部では昭和60年3月管区で初めてのサイドスキャンソナー Model-260 システムが、五・六・七管区の水路業務及び当庁の他部の業務への支援のため配備されたのを機に、サンドウェーブ・魚礁・沈船（戦艦「陸奥」）調査等を実施して興味深い成果を得た。ここに代表的な調査の経緯と成果を紹介するとともに、今後の管区等に於ける活用の参考とするために、本器の概要と、使用した経験から気付いた問題点及び留意点等を併せて紹介する。

第六管区の担当海域は、ほとんどが瀬戸内海の海上交通の要所にあたり、狭水道と多島海による複雑な地形を呈し岩盤・サンドウェーブ等の浅所が多い。このため海難事故も多発しており、沈船等の航行障害物が、大戦中の物も含めて多数存在している。これらを調査し精測することは、管区として大きな課題であり、本器はそれの有効な手段として大いに期待されている。

2. サンドウェーブ調査（本調査は配備前の慣熟訓練を兼ね本庁配備器を使用）

(1) 調査名

来島海峡西口付近サンドウェーブ調査

(2) 目的

付近に存在する岩盤・サンドウェーブ区域を把握し、それらによる浅所を精測する。

(3) 調査区域

瀬戸内海安芸灘来島海峡航路西口付近（第1図に示す）

(4) 実施時期

昭和59年8月—10月

(5) 使用船

測量船「くるしま」（15m型測量船）

(6) 使用機器

サイドスキャンソナー Model-SMS-960 シ



第1図 瀬戸内海安芸灘来島海峡航路西口付近

ステム（50 m ラバーケーブルを使用）

(7) 測 位

トランシットと精密電波測位機による直線一距離法による。

(8) 調査結果

サンドウェーブ（写真1）の分布区域が把握でき、かつ、沈船2箇所（写真2、3）を発見した。また、大型魚礁（写真4）の位置を確認した。魚礁は比高の大きなサンドウェーブの凹部に散在していたが、その分布状態とともに個々の識別もできた。人工物体の場合は反射効率が大きいので、減衰の激しい凹部でも記録されたと思われる。今後の良い参考となった。精測の結果、魚礁の位置は報告位置よりも約500 m 相違していた。

(9) 所 見

調査海域は岬の先端付近で強潮流の海域であった。このために種々の形状のサンドウェーブが存在し、岩盤区域も広く、しかも、岩盤の形状がサンドウェーブに似ており、両者の識別が困難であったが、過去の調査例から記録の特徴により判断した。調査線は地形及び基準点の関係から放射誘導によるサンドウェーブに略平行な設定とした。嶺に平行なので分布区域の把握のみならず、比高も読み取れると判断していたが、この海域のサンドウェーブは極地的に複雑なパターンを呈し、比高の読み取りは無理であった。今後同様な海域を実施する場合は、精密電波測位機の2局設置を行い、直線誘導装置を用いて調査線が任意の方向に、設定できるようにすべきであると痛感した。また、英国・蘭共同のサンドウェーブの調査研究結果によれば、「サンドウェ

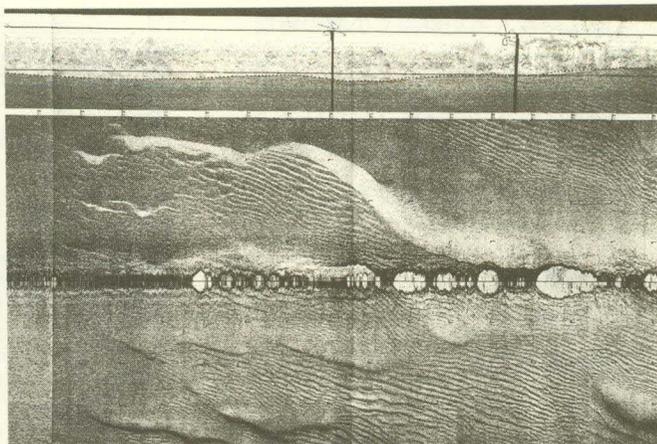


写真1 サンドウェーブ（使用レンジ100 m）

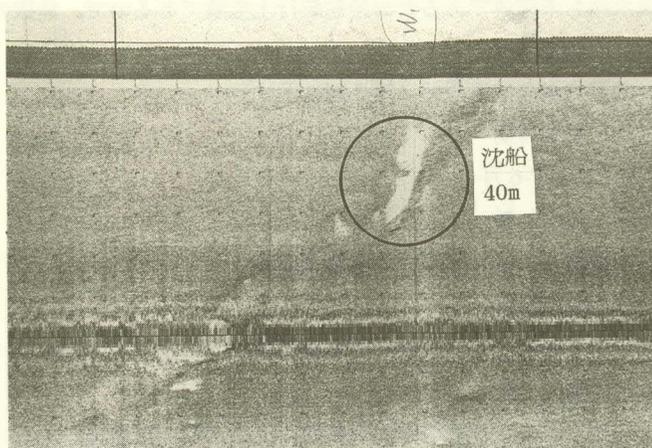


写真2 沈 船（使用レンジ150 m）

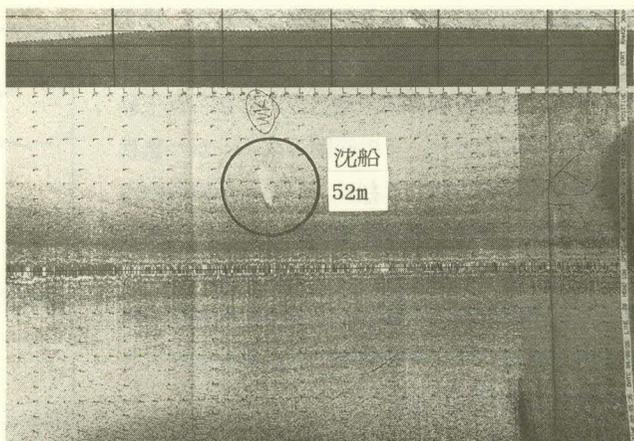


写真3 沈 船（使用レンジ300 m）

ープの比高は天気静穏で小潮の時期に最大となるので、サンドウェーブ海域の測量は、この比高最大時に行うべきである」という指摘がなされており、今後はこの点にも注意を要する。

3. 魚礁調査

(1) 調査名

高松港魚礁調査

(2) 目的

海図上では、点在する魚礁を大きく一括して魚礁マークを記載しているので個々の位置が不明確であり、更に最

浅水深も未確認であるため船舶航行上危険であるので、魚礁の分布区域を把握してこれを精測する。

(3) 調査区域

瀬戸内海高松港西部（第2図に示す）

(4) 実施時期

昭和60年6月

(5) 使用船

測量船「くるしま」（15m型測量船）

(6) 使用機器

サイドスキャンソナー Model-260 システム（50mラバーケーブルを使用）

(7) 測位

トランシットと精密電波測位機による直線一距離法による

(8) 調査結果

短時間で魚礁区域の確認ができ、音響掃海機による精測区域の決定に非常に有効であった。投入された魚礁の個々の識別（写真5）も容易にできた。また、この区域には予想していなかった土砂採取が行われており、その範囲も広く、かつ無秩序な掘り方であった。これについても短時間の内に確認でき、急拠、測深区域を広げることができた。なお、ポンプ船のローターによる掘り跡（写真6）が明瞭に判読できるなど非常に興味深い結果も得られたので、今後は掘り下げ等の確認にも利用できると思われる。

(9) 所見

水深は多少浅い海域（最浅部8m程度、土砂採

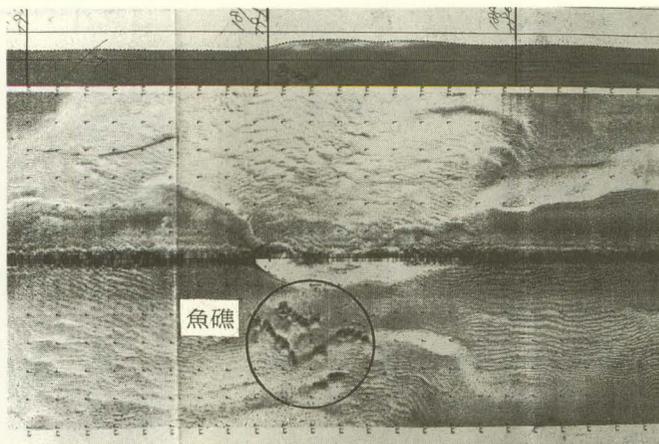


写真4 サンドウェーブの凹部に存在する魚礁
（使用レンジ150m）



第2図 瀬戸内海高松港西部

取跡は 15 m 前後の水深)であったが、船速を低速で実施して、自船の航跡による影響を最小限にすることにより実施できた。また、瀬戸内海は潮位差が大きく満潮時に調査を実施すれば、多少の浅い海域でも調査することが可能である。本器の使用限界は海底から曳航器までの高さ(曳航器の高度)が約 10 m 程度(使用レンジが 50~100 m のとき)であり、これより浅くなると記録に歪みが起こり判読不能となる。

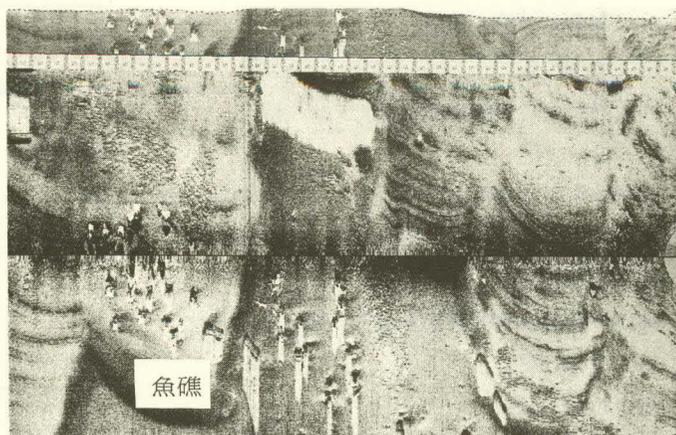


写真5 土砂採取跡に存在する魚礁(使用レンジ 50 m)

4. 沈船調査

(1) 調査名

柱島南方沈船調査

(2) 目的

謎の爆沈をした戦艦「陸奥」は現行海図に最浅水深が記載されているが、その後一部が引き揚げられており、「陸奥」の海底での全容を本器で把握して、最浅水深と位置を再確認する。

(3) 調査区域

瀬戸内海広島湾柱島南方(第3図に示す)

(4) 実施時期

昭和 61 年 5 月

(5) 使用船

測量船「くるしま」(15 m 型測量船)

(6) 使用機器

サイドスキャンソナー Model-260 システム(50 m ラバーケーブルを使用)

(7) 測位

トランシットと精密電波測位機による直線一距離法による。

(8) 調査結果

船体の全容が明瞭に把握でき、付近には爆沈の際に散乱したと思われる物体が数多く確認できた。(写真7)

(9) 所見

沈船等の調査では周囲を四方から調査するのが常道であるが、強潮流のためか、流れに添った方向の調査線では記録できなかった。この原因は強潮流により、曳航器が安定しなかったためと思われる。作業日数の関係で確認できなかったが、潮流に向かって曳航すれば、記録は可能ではないかと思われる。

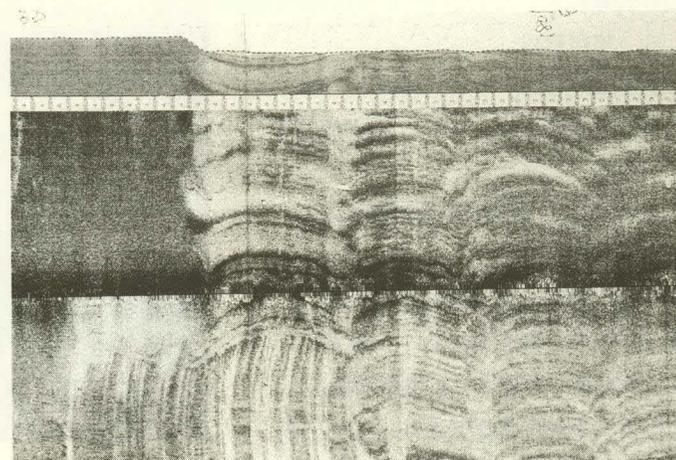


写真6 ポンプ船による土砂採取跡(使用レンジ 50 m)

5. 沈没灯浮標の搜索

(1) 調査名

備後灘第2灯浮標搜索作業

(2) 目的

通行船との接触により沈没したと思われる灯浮標の搜索を、灯台部からの依頼により実施。

(3) 調査区域

瀬戸内海備後灘伯方島南東方（第4図に示す）

(4) 実施時期

昭和60年5月

(5) 使用船

灯台見回り船（17 m 型・DC電源のみ装備）

(6) 使用機器

サイドスキャンソナー Model-260システム（50 m ラバーケーブルを使用）

(7) 測位

トランシット誘導と目測距離による。

(8) 調査結果

水深が約20 m、海底も平坦な砂泥質と好条件に恵まれたので、沈没していた灯浮標（写真8）の形状が像と影の両方で克明に確認できた。また、錨鎖の形状・沈錘の埋没状況・代替に設置されていた灯浮標（写真9）までも確認できた。特に、本器は50 m レンジでの記録が可能であり（25 m レンジは500 kHzの周波数を装備しなければ判読できない）、灯浮標のような比較的小型の物体でもその形状が克明に記録され、記録の上で対象物体であるとの確認ができた。これらの結果、今後は海底に着底している物体に限らず、途中で没している物体についても搜索が可能と思われる。なお、本灯浮標は発見後直ちに揚収された。

(9) 所見

物体の搜索であるので、位置の再現が可能であれば良いとして、測位の内搜索線誘導についてはトランシット誘導による放射状とし、カット（距離測定）は再設置されていた灯浮標からの目測距



第3図 瀬戸内海広島湾柱島南方

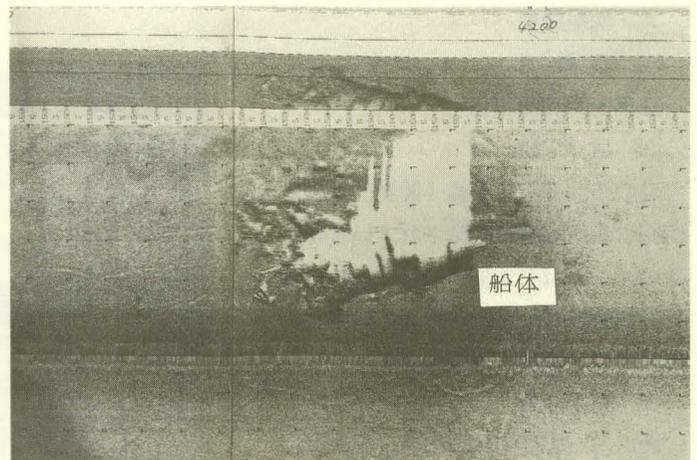


写真7 戦艦「陸奥」（使用レンジ150 m）



第4図 瀬戸内海備後灘伯方島南東方

離によった。また、発見後は直ちにマーキングブイを投入することとして実施した。結果は何れも良好に行えた。精密な測位を行なう場合のトランシット誘導による操船は相当な経験が必要であるが、サイドスキャンソナーによる搜索の場合、音波の有効幅が広いと多少の偏位は問題とならず、この偏位分は搜索有効幅を重複させることにより解消できる。本作業の経験は、今後のこの種の業務を行う上で良い参考となった。

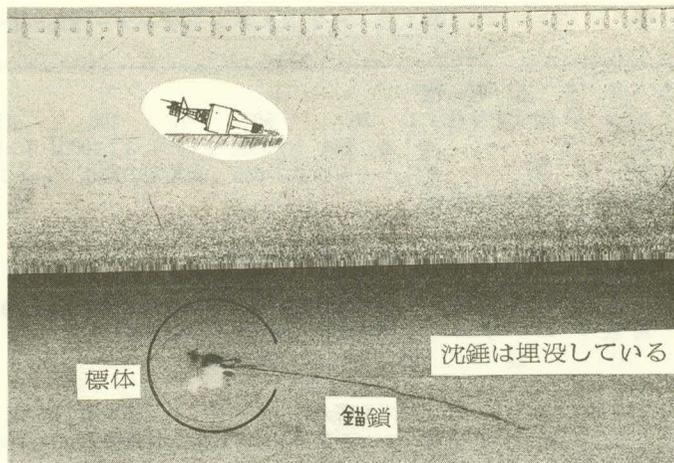


写真8 沈没した灯浮標（使用レンジ50 m）

6. 使用の際の留意点

サイドスキャンソナー Model - 260 システムの仕様は第1表のとおりであるが、第六管区に配備されている本器の仕様は、曳航器の周波数は100 kHz のみのため25 m レンジの記録は判読できない。記録器の電源は AC (100 V)・DC (24 V) でも、電源モジュールを入れ替えることにより使用可能である。また、曳航ケーブルは現在は50 m ラバーケーブル（巻取装置不用）のみであるが、本庁及び第一管

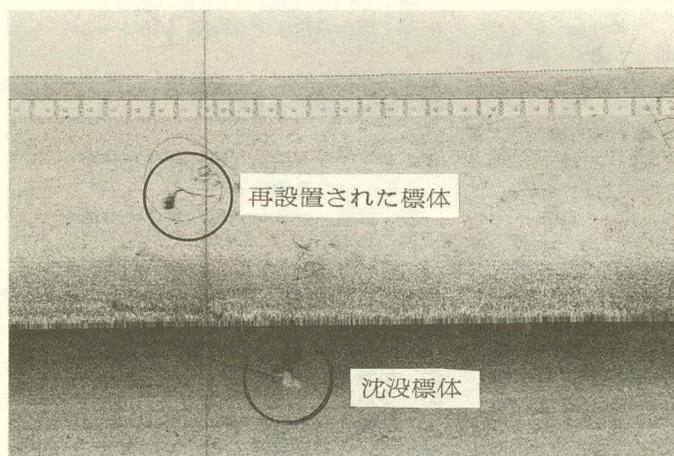


写真9 沈没・再設置の灯浮標（使用レンジ50 m）

区配備の600 m スチールケーブル（巻取装置付き）（写真11）との互換は可能である。しかしながら、この巻取装置を使用する場合は使用船の後部甲板に、1.6 m × 1.4 m 以上のスペース・AC電源の220 V 3.7 KW（巻取装置のみ）が必要であり、重量は約1トンである。したがって本巻取装置を使用する水深100 m 以上の調査には、中型測量船・130トン型巡視船以上を使用することが望ましい。一方、100 m 以浅の海域ならば50 m ラバーケーブルを使用することにより、使用船は10 m 型測量艇・長時間の低速航走が可能ならば15 m 型巡視船等でも可能である。本器の曳航速度は最大12ノット程度（地形・使用レンジ等によるが4～6ノットが最適）であり、測量船以外の船艇を使用する場合は、長時間の低速航走が可能な船艇でなければならない。

本器の取り扱い、取扱説明書及び水路協会発行の参考文献を必読する必要があるが、経験的に気をつけるべき事項は下記のとおり。

(1) 調査海域の水深は、50 m ラバーケーブルの使用であれば、20 m～50 m 程度が調査幅も広範囲に行えて最適である。浅水深は12 m 程度を限度として、これ以浅では記録に歪み等が出るが、大きい物体等を搜索する場合などで多少の歪みでも確認できる場合は、曳航器が沈まないよう・調査船からの航跡を無くす

第1表 サイドスキャンソナー Model-260 システムの概要(つづく)

システム仕様

レンジ(m)(片舷): 25 50 75 100 150 200 300 400 600
 スケール: 1:250, 1:500, 1:750, 1:1000, 1:1500, 1:2000, 1:3000, 1:4000, 1:6000
 分解能: レンジの1/400 曳航器の高さ: レンジの1~47%, 曳航速度: 0~127ノット

Model-260 記録器

記録フォーマット

海底地形図: 航空写真状に記録

記録幅: 20 cm, 1600 画素

スケールマーカー: 曳航器の軌跡及びその直角方向に 25 m 毎

海底プロファイル: 曳航器から海底までの鉛直表示

記録幅: 48 cm, 384 画素

スケールライン: 25 m 毎

ボトムトラッキング: 海底のボトムトラッキング状態を示す。点線をプロファイル部に記録

コントロール設定: レンジ及びゲインの値を地形図とプロファイル記録部との間に記録

記録紙

形式: 乾式放電破壊式

寸法: 28 cm (幅) × 50 m (長さ)

ダイナミックレンジ: 黒から白まで 23 dB (16 トーン)

船速補正

一般: 曳航器のスピードを検出し, 各データポイント (1 画素) 毎に正しい移動距離に補正

精度: 移動距離の ± 1 %

船速補正範囲: 0 ~ 12.7 ノット

記録密度: 8 ライン/mm (船速に依存せず)

船速ソース: 船の速度を測定

自動入力: 付属ローテータ船速ログより供給

マニュアル入力: 0 ~ 12.7 ノット

斜距離補正

方式: 送信毎に曳航器の高さを検出し, 各データポイント (1 画素) 毎に, 水平距離に変換

ビクセル数: 800 個/チャンネル

位置精度: ± 1 画素 (レンジの 1/800)

高さ検出: 自動又はマニュアル

検出範囲: 設定レンジの 0 ~ 47 %

ソース: 右舷又は左舷

感度: マニュアル選択

分解能: 1 画素 (レンジの 1/800)

振幅補正

方式: 固定 TVG (舷航器に内蔵), A/D 変換器, 曳航器の高さに基づいたグレイジング角及びビームパターン補正による海底からの反射強度に比例した濃淡表示

分解能:

プリント: 16 段階の濃淡スケール

極性: 陰画または陽画

入力電源

AC 電源モジュール (標準): 105 ~ 125 又は 210 ~ 250 VAC, 47 ~ 63 Hz, 250 W 最大, 100 W 平均

DC 電源モジュール (オプション): 22 ~ 30 VDC, 極性保護, 250 W 最大, 100 W 平均

外形・寸法等

構造: ポータブルアルミケース, 移動容易

寸法・重量: 57 cm (幅) × 45 cm (奥行) × 57 cm (高さ), 43 kg

表示, コントロール及びアクセサリ

表示: 速度; LCD (XX, X Knots), 高さ; LCD (XXX meters)

フロントパネル: 電源, イベントマーク, 記録紙早送り, レンジ, ゲイン, ボトムトラッキング, アラームハイト, 船速補正, 高さ補正

内部パネル: モード, トリガ, 記録紙巻取り, プロファイル表示, コントラスト, 白黒反転, イメージ強調, ビーム補正, タイムイベントマーク, ポートゲイン, スタポートゲイン, スケールマーク, 再生アノテート, サンプルレート

その他: ハイトアラーム, テストモード, 高速記録紙早送り, 記録紙巻き取り

アクセサリ: 内部接続ケーブル及びローテータ船速ログ

第1表 サイドスキャンソナー Model-260 システムの概要 (つづき)

Model-272-T 曳航器

信号プロセッシング: TVG
 動作周波数: 105 ± 10 kHz (オプションにて 500 kHz の取付可能)
 パルス幅: 0.1 msec
 ビーク出力: 128 dB (0 dB = 1 bar, 1 m)
 水平ビーム角: 1.2° (-3 dB 点)
 垂直ビーム角: 50°, 水平より 20° 下傾
 最大曳航水深: 600 m
 重量: 25 kg
 寸法: 140 cm (長さ) × 11.4 cm (直径) × 尾翼の高さ 30 cm

曳航ケーブル

型 式: 軽量ラバーケーブル
 直径: 1.2 cm
 長さ: 50 m 又は 100 m
 強度: 400 kg
 重量: 0.3 kg / m
 型 式: 二重被覆スチールケーブル (別途巻取装置が必要)
 直径: 0.95 cm
 長さ: 150 m 又は 600 m
 強度: 5000 kg
 重量: 0.35 kg / m

デッキケーブル : 30 m
 輸送用ケース : 記録器用, 曳航器用, ケーブル用

る等の工夫が必要である。(第五管区ではブイに曳航器をつるして曳航した事例がある。) 最大水深は 100 m 程度 (曳航器の高度が 80 m 程度) でも地形的な記録は可能である。しかし, 影は記録されにくいので物体の捜索には難がある。このような場合は, 船速を低速にして, 曳航器をより深く沈める工夫が必要である。

(2) 曳航器の高度は水深の約 60 パーセント程度が適当であるが, 対象物体の大きさとか・その海域の地形等により異なる。曳航器の沈みは意外と悪く, ケーブルの長さを 40 m から 50 m に変えてもあまり変化せず, 曳航速度により大きく変化する。このため, 沈めるときは低速で, また, 海底の地形が急変して危険なときは, 速度を上げるにより脱出できる。

(3) 本器のボトムトラッキングは, 記録紙上の直下記録でトラッキングを行っている。このために, 水面付近の水質の汚れ等から, 直下記録が明瞭でない場合には, オートによるトラッキングは不能となり, マニュアルでトラッキングを行わねばならない。この場合は未調査区域も生じ, 調査線からの距離も不正確となる。

また, 上記の直下記録は使用レンジの 47 % のみが記録可能であるので, たとえば, 曳航器の高度が 60 m であった場合に, 調査レンジを 100 m としたならば, オートによるボトムトラッキングはできない。これは直下記録は 47 m まで記録可能であるので, 60 m では何も記録されない。したがってトラッキングマークは適当な深度マーク等を追い掛けてしまう。しかしこの場合でもマニュアルで, 0 ~ 47 m の間で一定の高さにトラッキングを設定することは可能であるが, 中央部に未測部が生じる。これを解決するには, 直下記録が記録されるように曳航体を深く沈めるか, 使用レンジを広くすべきである。

(4) 曳航速度については, 各使用レンジに応じた最大曳航速度があり, これを超えた速度で曳航すると, 曳航方向に未測部が生じる。この未測部は記録上には表れないので, 注意する必要がある。これは垂直方向

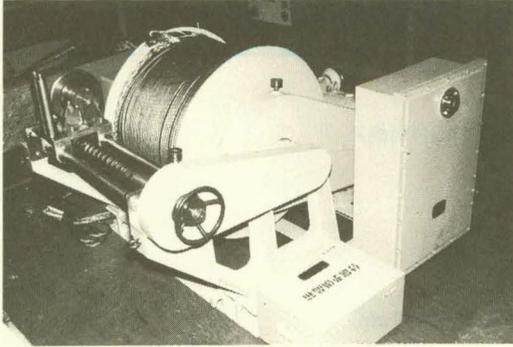


写真11 巻取装置 (600 m スチールケーブル)

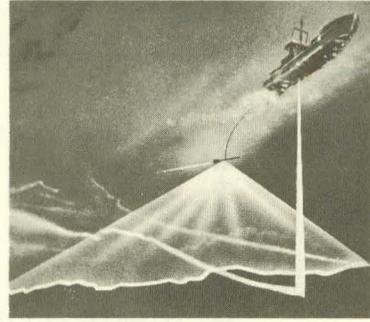
の音波のビーム角が、 1.2° と狭いためであるが、調査線の近傍に起るので調査有効幅を重複させて行っても良い。

(5) 曳航器の高度が低い場合に、広い調査レンジ (たとえば 600 m) を使用すると、記録は中央部から離れるに従って感度が強すぎて判読不能となる。これはレンジに応じて感度を、上げるように設計されているためである。これは地質・地形によってもかなり違ってくる。以上のような種々の状況が考えられるので、計画・実施の際は、前述の参考文献を必読すべきであるし、その海域に応じたレンジ・感度・曳航速度を設定すべきである。

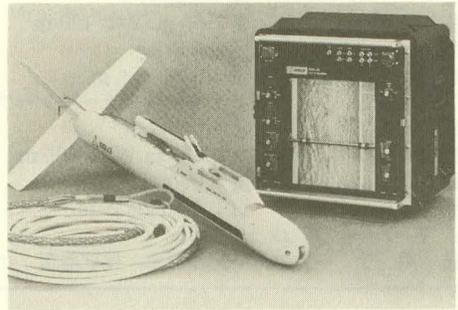
(6) 対象物体の大きさについては、どの程度まで記録可能かは一概には言えず、使用レンジ・調査海域の地形等により異なる。しかし、連続した物体 (沈木・底曳漁船の操業跡等) は小さくても良く記録される。個体の場合は像よりも影を記録するように、曳航体の高度等を設定したほうが良いと思われる。

(7) 使用船からのノイズには、電源・プロペラ・航跡によるものが相当量あるが、FRP 船 (10 m 型測量艇)・鉄船 (15 m 型測量船等) の場合は多く、木造船は比較的少ない。電氣的ノイズに影響されたら、十分に船体アースを取るべきである。船体側のアース設備は、15 m 型測量船には設置されているのでこれに結線すれば良い。この設備が無い場合は、なるべく表面積の広いコード等を海中に漬けてアースとすれば良い。航跡ノイズは低速で曳航すれば解消できる。

(8) 本器による搜索活動が最近クローズアップされ、何でも発見でき、かつ広域な搜索が一挙にできると過大



調査概念図



システム全容



記録状態



輸送ケース

写真10 Model-260 システム

評価されることが多い。とくに、最大調査レンジが片舷 600 m であるので、どのような状況でも一度に両舷で 1,200 m の搜索ができると思われ勝ちである。対象物体が大きく・水深が深い場合は可能であるが、たとえば、水深 10 m の海域で石油缶一個を、600 m レンジを使用して搜索することは不可能である。しかしながら、従来の音響掃海機・潜水による搜索に比べると、その作業効率は比べものにならず、今後も多方面への活用が可能である。要するに使用レンジ等の選択は、個々のケースに応じて行なうべきである。

7. 配備状況

サイドスキャンソナーの配備状況は、現在までのところ下記のとおりであるが、海難等の突発事故に対しても全管区で即座に対応するためには、各ブロック単位に配備される必要がある。

本庁水路部：Model-SMS-960 システム，50 m ラバーケーブル・600 m スチールケーブル（巻取装置付き）

第一管区水路部：Model-260 システム，100・500 kHz 周波数付き，100 m ラバーケーブル・600 m スチールケーブル（巻取装置付き）

第六管区水路部：Model-260 システム，100 kHz 周波数，50 m ラバーケーブル

8. 海難事故等による緊急時の輸送

本器には再使用可能な輸送ケースがあり、このケースの寸法等は下記のとおり。

記録器用（強化プラスチック箱）：80 cm（高）× 72 cm（幅）× 69 cm（奥行），75 kg（記録器込み）

曳航器用（木箱）：29 cm（高）× 151 cm（幅）× 29 cm（奥行），50 kg（曳航器込み）

ケーブル用（強化プラスチック箱）：65 cm（高）× 60 cm（幅）× 32 cm（奥行），50 kg（ケーブル込み）

電源モジュール・補用品用（ダンボール箱）：33 cm（高）× 53 cm（幅）× 31 cm（奥行），13 kg（中身込み）

船艇による輸送は、ほとんど可能

車両ではライトバンに搭載可能

航空機による場合

YS-11 : 輸送用ケースに入れて可能

ビーチクラフト 200 T : 輸送用ケースから出せば可能

ベル 212 : 輸送用ケースから出せば可能

9. 所 感

管区に於ける水路業務を遂行する上での本器の活用目的は、主に港湾・補正測量時の地形の把握、またサンドウェーブ・魚礁・異常物・沈木等の調査と思われる。しかし、通常の水路測量では作業日数・測量船のスペース等の問題もあり、何時でも使用できるように常時携行することはでき難い状況である。とりわけ、スペースの問題は深刻である。15 m 型測量船を大型化すれば、これは解決できると思われる。通常の水路・補正測量時には、全体地形を本器で先行調査して、精測する区域の確認・測深線間隔の決定に使用すれば、結果的には作業日数の短縮が可能となり、また、精度の向上にもなり、有効的な測量が実施できるとと思われる。

搜索作業についても、今後ますます増加すると思われる。しかしながら、本器は画像の上での物体を推定するのみであり、最終的な確認は潜水調査を待たねばならない。簡易な水中ビデオカメラ等の早急な導入が

望まれる。また、第六管区に配備されている本器を、より有効に使用するためには、100 m ラバーケーブル・500 kHz 周波数の装備を追加する必要がある。更に、深い海域での捜索作業のためには、600 m ケーブルも必要である。

参 考 文 献

日本水路協会：海底面広域探査技術の研究その1

東洋テクニカ：サイドスキャンソナー取扱説明書

International Hydrographic Bulletin August, (1986)

報 告 者 紹 介



Isamu Okazaki

岡崎 勇 昭和62年3月現在、
本庁水路部海洋調査課大陸棚調査室
大陸棚調査官



Tetuo Hasimoto

橋本 鉄雄 昭和62年3月現在、
第六管区水路部水路課測量係長



Osamu Yokoo

横尾 蔵 昭和62年3月現在、
第六管区水路部水路課海象係長