

絡み索の底曳き曳航による深海底設置物の回収

渡辺 和夫*¹ 野本 昌夫*¹ 高川 真一*¹
 和田 一育*¹ 許 正憲*¹ 狩野 芳治*²
 佐野 正*³ 高橋 憲二*⁴

長いロープの底曳きによって、海底上の物体を絡めとり、回収する方法は、従来からもしばしば用いられてきたが、曳航索先端の位置情報が得られない場合があったり、または直線曳航により絡めとる方法であったり、これは高度の勘と熟練を必要とし、作業は困難なものであった。

今回、絡み索の底曳き曳航による深海底設置物の回収技術を確立するために、曳航索の海中での運動の解析にまで立ち戻り、機器構成、曳航船の航走パターン即ち直線曳航または旋回曳航の是非、曳航索のハンドリングなどを含む本方式の最適化について、理論的検討を行った。これらの検討結果を検証するため、水深2,600mおよび4,000mの実海域における回収実験を行った。

これらの2回の回収実験とも無事回収に成功した。この結果、絡み索の底曳きは、深海底に置かれた物体の回収手段として極めて有効であることが実証できた。

キーワード：底曳き曳航、絡み索、トランスポンダ、ディプレッサー、スマル

Recovery on an Object on the Deep Sea Floor by Trawling a Wire Rope with Grapnel Anchors

Kazuo WATANABE* ⁵	Masao NOMOTO* ⁵
Shin-ichi TAKAGAWA* ⁵	Kazuyasu WADA* ⁵
Masanori KYO* ⁵	Yoshiharu KANO* ⁶
Tadashi SANO* ⁷	Kenji TAKAHASHI* ⁸

* 1 深海開発技術部

* 2 川崎重工業株式会社 (研究当時、深海開発技術部)

* 3 川崎重工業株式会社

* 4 三菱重工業株式会社

* 5 Deep Sea Technology Department

* 6 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. (Formerly Deep Sea Technology Dept.)

* 7 Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

* 8 Mitsubishi Heavy Industries Ltd.

The method of recovering objects on the sea floor by trawling a long rope is used often, but this method is very difficult and needs much efforts, it requires high skill because the position of rope edge is difficult to determine and the method is carried out by straight.

In this investigation, we carried out a theoretical study of efficiency and optimum method of trawling a long wire rope with grapnel anchors. We studied, for example, the configuration of instruments, maneuvering pattern of ship (straight or rotation trawling), and handling method of towing rope, and analyzed the motion of a towing rope in the sea.

To confirm the results, we carried out the recovery test of a dummy object in the real sea, at depths from 2,600m to 4,000m.

The method of trawling a long wire rope was confirmed to be efficient and optimum to recovery objects that are left on the deep sea floor.

Key words: Trawling on the sea floor, Trawl rope, Transponder, Depressor, Grapnel Anchor

1 はじめに

長いロープの底曳きによって、海底上の物体を絡めとり、回収するという方法は、従来からもしばしば用いられてきたが、目標物の回収はほとんど不可能であった。なぜならば、曳航しているロープ(曳航索)、とくに曳航索先端付近の位置情報が得られない場合には、この方法は高度の勘と熟練を必要とし、作業は困難であり、さらに曳航方式を直線曳航としたためと考えられる。

海洋科学技術センターでは、1981年に、水深6,200mに設置したトランスポンダが通常の方法による回収不能に陥った際に、旋回曳航による底曳回収¹⁾とし成功したのは、回収目標であるトランスポンダの位置は音響測位により得られていたものの、曳航索先端付近に取り付けたトランスポンダが作動不良をおこし、曳航索先端の位置情報はなしという条件下でのものであり、成功は長年にわたる深海曳航の経験に支えられたものであった。

これまでに底曳き曳航に関しては系統立った議論がなされておらず、作業はほとんど経験と勘によって行われてきた現状を踏まえて、今回この底曳き曳航を深海底設置物の回収技術として確立するために、曳航索の海中での運動の解析にまで立ち戻り、機器構成、曳航船の航走パターン即ち直線曳航又は旋回曳航の是非、曳航索のハンドリングなどを含む本方式の総合的な最適化について、理論的検討を行った。また、実証実験として、水深2,600m級および4,000m級の海域において、海底設置トランスポンダの回収実験を実施した。

本論文では、底曳き曳航による設置物回収の基本的考え方、検討方法及びその結果、さらに実証実験装置、実験内容並びにその結果について報告し、理論的検証結果については後日報告する事とする。

深海底設置物の回収実験にあたって、支援母船「よこすか」の操船及び回収実験装置の船上作業を担当頂いた兵頭船長ほか、乗組員諸氏に深く感謝の意を表します。

2 底曳き曳航による設置物回収の基本的な考え方

ロープの底曳きの難しさは主として曳航索の運動特性にある。長い曳航索の先端は曳航船の針路変更に対して直ちに追従しない。正確な表現ではないが、この応答遅れは水深6,000mの曳航では数10分ほどになる。したがって目標を狙って曳航船を操船しようとすれば、数10分後の曳航索先端の位置を予測し、これに対して曳航船の針路を制御しなければならない。曳航索の運動は海面下の潮流に強く影響されるので、潮流が存在する場合にはこの制御はきわめて困難なものとなる。

図1に示すように回収される設置物からは、長さ50mのロープのついたブイが打ち上げられる。したがって、下は海底上の設置物から上はブイまでが底曳きによる絡み取りの対象となる。曳航索側には絡みを確実にするために、先端付近にスマルと呼ばれる錨(写真1)を取り付ける。そして曳航索先端からある長さ(今回の実験では400m)の

位置に、曳航索先端の運動を安定させるためにディプレッサーとよばれる重錘を取り付け、この重錘から深海底設置物を絡みつける目的で、絡み索と呼ぶロープを取付け、更に、絡み索先端には浮き上がりを押さえるための重錘(ピボットチェーン)が取り付けられる。絡み索がその目的を達成するためにはこの部分が海底設置物と出会わなければならないが、直進による曳航では出会いの確立は

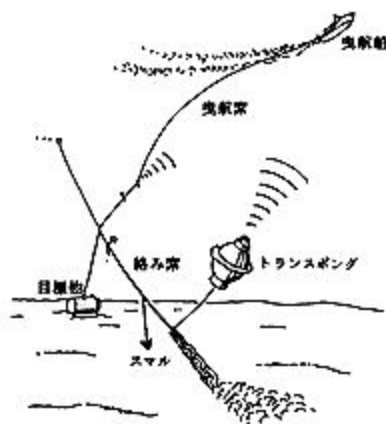


図1 底曳き曳航による深海底設置物回収概念図
Fig.1 Concept drawing of recovering an object on the deep sea floor, by trawling a long wire rope

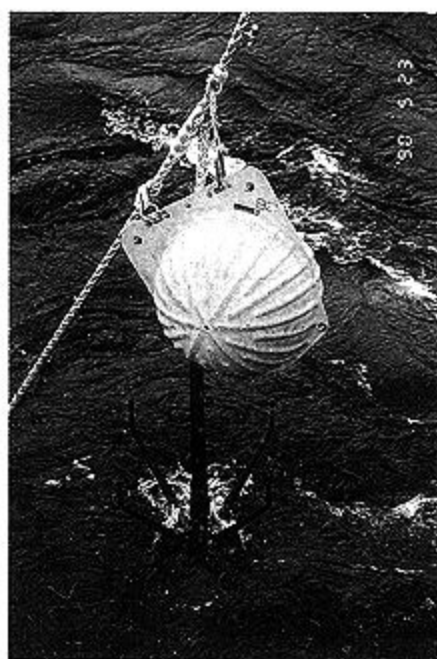


写真1 スマル
Photo 1 Grapple anchor

極めて小さい。そこで曳航船の航走パターンを工夫し、絡み索部分ができるだけ広い領域を掃海するようにする必要がある。

3 検討方法

海底設置物の回収方法の検討にあたって、以下の項目を十分に配慮しなければならない。

- ①目標物を確実に絡める
- ②できるだけ短時間のうちに絡める
- ③予測できない潮流に対しても対応できる
- ④一度失敗してもできるだけ短時間で、次の試みに移れる
- ⑤万一スマルまたは曳航索が海底に引っ掛かった場合でも危険を生じない
- ⑥オペレーションが容易である

検討の手段としては、昭和61~62年度に実施した経常研究「有索式無人潜水機のデザーケーブルシステムに関する力学的研究」の中で開発したケーブルと無人潜水機の運動制御シミュレーションプログラムを主として使用した。これはLumped Mass法と呼ばれるケーブルモデルに基づくもので、曳航索を有限長の要素に分割してそれぞれの要素に関する運動方程式を連立させて解くものである。

4 検討結果

前項の事項を考慮しつつ各種のケースについてシミュレーションを行った結果、直線曳航方式または旋回曳航方式については、定速度旋回曳航による底曳きが最適であることが明らかになった。これはあらゆる意味で、前述の曳航船のコース変更に対する曳航索の応答の悪さを逆手に取った方法であり、かつ一度失敗しても短時間に次の試みに移れるメリットがある。

曳航索を定速度旋回曳航すると図2左のようなカタナリを形成する。この状態から、曳航船の接線速度を上げるか、もしくは旋回半径を小さくすることにより、曳航索に取り付けられたディプレッサの描く円の半径を小さくすることができる(図2右)。すなわち絞り込みが行われる。絡み索先端の錘りは海底による抵抗力を受け、ディプレッサよりもさらに内側の円周上を回ることになり、絡み索部分によるドーナツ形の掃海領域が形成される(図3)。曳航船の旋回半径、接線速度を選択す

ることにより掃海面積を大きくすることができ、絡みの確率を高くすることができる。定速度巡回曳航では、曳航船が常に円周上を回り、海底設置物の直上を離れないので、何度でも繰り返しがきき、万が一マルが海底に引っ掛かっても曳航索を切断に至らしめる危険が少ない。また、曳航船が周回を重ねるにつれて潮流などによる影響が明らかになり、曳航船の最適コースがより精度良く求められるために、絡みの確率がしだいに高くなって行く。このように定速度巡回曳航による底曳きは、上記の要求をほぼすべて満足させることが判った。

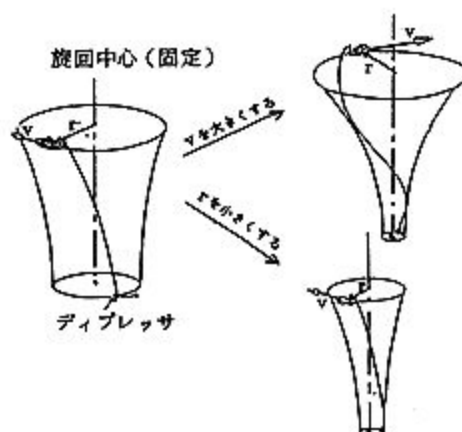


図2 ディプレッサー旋回半径のしほりこみ
Fig. 2 Configuration of Depressor radius

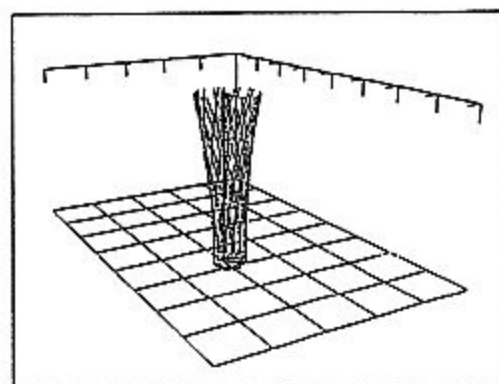


図3 巡回曳航による掃海エリアの形成
Fig. 3 Formation of sweeping area by rotation trawling

5 回収実験日程および海域

実験日程および実験海域を表1、表2並びに図4に示す。

表1 日程表

月/日	曜日	内 容	海 域
5/21	月	機材搭載、準備作業	センター岸壁
5/22	火	10:00 センター岸壁出航、実験海域に向け回航、回航中船上装置等調整、海域到着後海底地形調査	A海域
5/23	水	船上装置等慣熟訓練	同 上
5/24	木	船上装置等慣熟訓練、実験海域予備実験	同 上
5/25	金	船上装置等慣熟訓練、実験海域予備実験 同終了後清水港に向け回航	同 上
5/26	土	08:00 清水港入港	清水港
5/27	日	06:00 清水港出港、実験海域に向け回航 海域到着後2,600m海域実験	A海域
5/28	月	2,600m海域実験	同 上
5/29	火	2,600m海域実験、 実験終了後センターに向け回航	同 上
5/30	水	予備日	同 上
5/31	木	09:00 センター岸壁入港、機材陸揚	センター岸壁

表2 日程表

月/日	曜日	内 容	海 域
11/22	木	機材搭載、準備作業	センター岸壁
11/26	月	10:00 センター岸壁出航、御前崎に向け回航	御前崎
11/27	火	船上装置等慣熟訓練	C海域
11/28	水	船上装置等慣熟訓練、実験海域予備実験	同 上
11/29	木	船上装置等慣熟訓練、実験海域予備実験 同終了後清水港に向け回航	同 上
11/30	金	08:00 清水港入港	清水港
12/1	土	06:00 清水港出港、実験海域に向け回航 海域到着後グミ設置、漂泊	A海域
12/2	日	4,000m海域実験	同 上
12/3	月	予備日	御前崎
12/4	火	4,000m海域実験、 実験終了後センターに向け回航	A海域
12/5	水	予備日	御前崎
12/6	木	09:00 センター岸壁入港、機材陸揚	センター岸壁

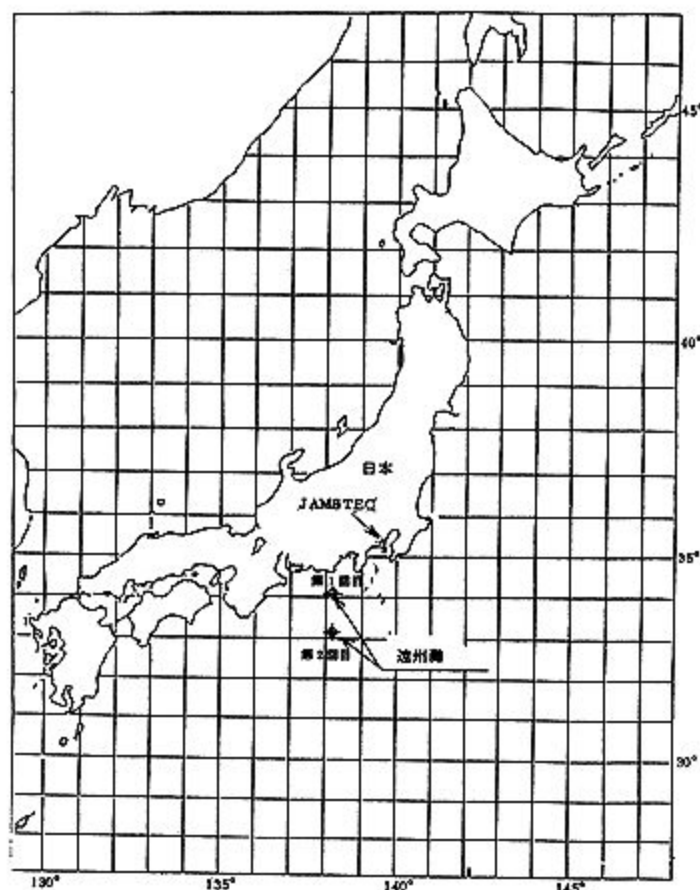


図4 実験海域

Fig. 4 Experiment sea zone

6 深海底設置物の回収要領

回収実験装置を用いた回収は概略以下の手順で実施される。回収実験用グミーを図5に示す。

- ①音響航法装置による深海底設置物の設置位置の特定
- ②マルチナロービーム音響測深装置による周囲の詳細な海底地形図の作成
- ③絡み索、曳航索の構成及び曳航船操船要領の決定
- ④曳航船の油圧源の立上げ
- ⑤絡み索及び曳航索の投入
- ⑥絡み索着底後、曳航船旋回による絡み索の掃海
- ⑦設置物への絡み索の絡み
- ⑧曳航索用張力計又は音響航法装置により絡

み確認後、設置物引上げ、揚収

⑨絡み索の揚収

7 実海域での回収実験

回収実験装置（表3）による深海底設置物の回収成功率を高めるためには、様々な海底・海象・潮流・水深等の条件に合わせた安全かつ効率的な運用技術の集積に負うところが大きく、また、本装置の内、絡み索の構成（図6）は海底の条件（土質、起伏、潮流等）により最適化していく必要がある。

上記のノウハウを蓄積するための第1回目は、平成2年5月22～30日の間に北太平洋日本沿岸の遠州灘水深約2,600mの海域にて、また、第2回目は水深約4,000mの同海域にて、11月26日～12月6日の間、概略以下の要領で実海域での回収実験を

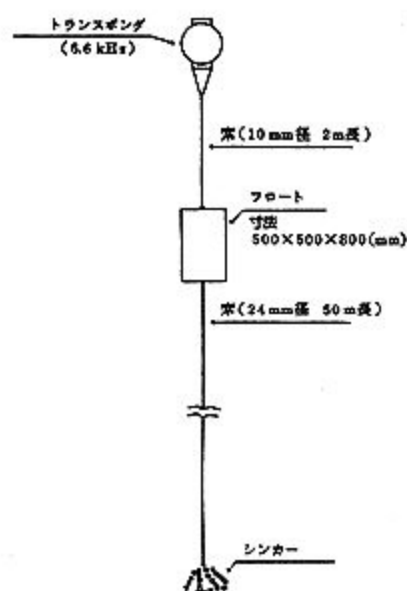


図5 回収実験用ダミー

Fig. 5 Dummy for recovering experiment

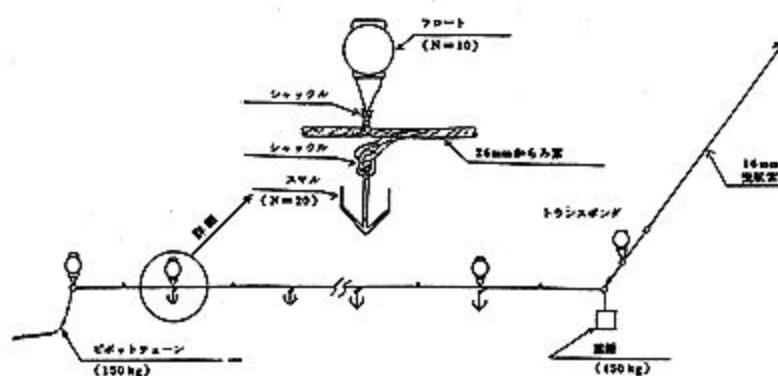


図6 曳航索とからみ索の構成

Fig. 6 Configuration of a towing rope and a trawling rope

実施した。

なお、曳航船としては「しんかい6500」の支援母船である「よこすか」を使用した。

7.1 2600m水深での回収実験

- ①海底地形調査：マルチナロービーム音響測深装置により、実験海域の海底地形図を作成した。
- ②慣熟訓練：実海域実験を実施する前に、船上装置の作動手順及び曳航索、絡み索の投下揚収手順を確認しながら実施することにより、慣熟訓練を行った（写真2）。
- ③予備実験：絡み索及び曳航索を繰り出し、絡み索先端が海底に着底しない状態で直線航走及び旋回航走を行い、絡み索両端のトランスポングを測位することによりカテナリー計測を行い、シミュレーション結果と比較した。
- ④回収実験：回収実験ダミー用トランスポング及び海底固定トランスポングを水深約2,600mの海底に設置し、支援母船はデッカで測位しながら予め設定した円周上を旋回することとし（図7参照）、絡み索は予備実験と同様のスマル20個、フロート10個を取付けた状態で掃海・回収することを試みた。

表3 外部数値装置要目

名 称	要 目	備 考
ストック ドラムウィンチ	巻取荷重 約200kgf(最外層) 巻取速度 約50m/min (1層目) 操作方法 機側手動 ブレーキ 〃 重量 約13ton(含曳索重量) 使用油圧 110kgf/cm ² (最大210kgf/cm ²) 最大流量 39 l/min 使用油圧ポンプ ガイド索ウィンチ用油圧ポンプユニット	
フリクション ドラムウィンチ	巻取荷重 8ton 巻取速度 46m/min 操作方法 着水揚収装置用遠隔操作盤 (後部操舵室内)と兼用 ブレーキ 機側手動 重量 約8.5ton 使用油圧 90kgf/cm ² (最大140kgf/cm ²) 最大流量 540 l/min 使用油圧ポンプ ハイステイティングウィンチ用油圧ポンプユニット 付属品 回転数カウンター式巻長計	8000mウィンチを転用
曳 索	種 別 SWR 線 径 16mm 長 さ 約8000m 破断荷重 18ton以上 単位重量 0.989kg/m 重 量 約8ton	
からみ索	種 別 ナイロンエイトロープ 線 径 26mm 長 さ 400m 破断荷重 12.3ton 重 量 162kg 付 属 品 ス マ ル 20個 トランスポング 2個(両端) フ ロ ー ト 必要に応じて用いる	

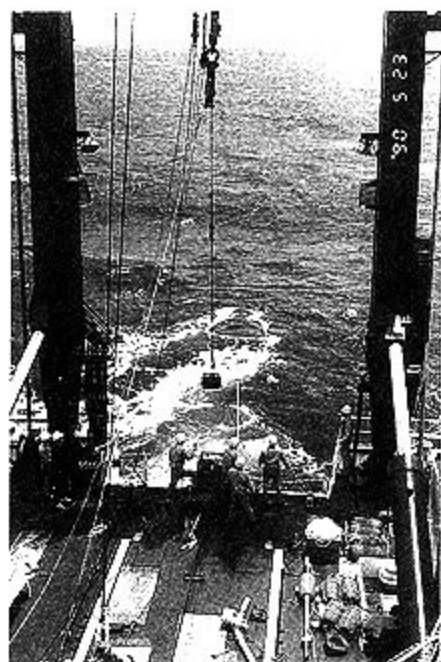


写真2 慣熟訓練の状況

Photo 2 Scene of practiced training

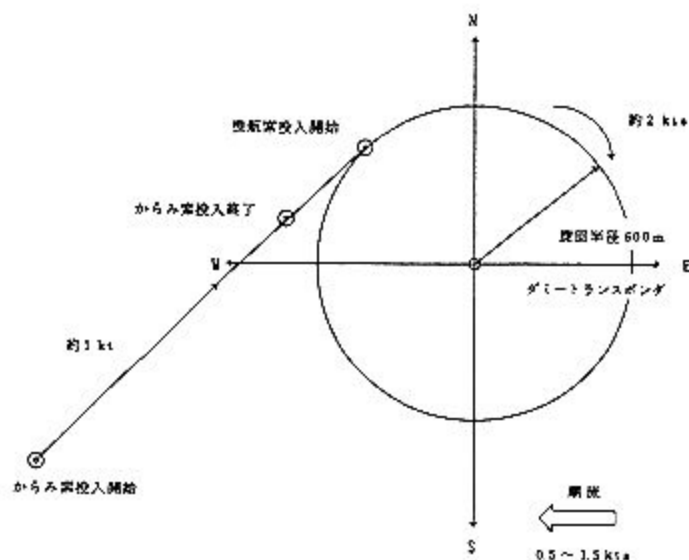


図7 回収時の母船操船要領

Fig. 7 Manouvering at the recovery operation

絡み索、曳航索の投入要領は予備実験の際とまったく同じで、絡み索先端の重錘（ピボットチェーン）が着底したことをトランスポンダからの深度情報で判断し、ついで曳航索先端を高度約50mに保って旋回を続けた。

最初の掃海で絡めたことを音響航法装置のグラフィックディスプレイ上で確認したが、揚収過程で抜け落ちないようにするためにさらに半周した後、曳航索を少し巻き込んで回収実験用ダミーの位置が変わることで、実際に絡んでいることを最終的に確認した。その後、曳航索を全長巻き込み可収実験用ダミーの揚収に成功した。但し、絡み索は互いに非常に複雑に絡み合っていた（写真3）。

次に、第1回目の実験結果から、十分な掃海半径を得ることと、絡み索同士の絡みを防止する意味で、絡み索先端側20mピッチでスマルを5個ならびに1, 3, 5番目のスマルの位置にフロートを取付け（図8参照）、残る300mには何も取りつけないようにして、他は第1回目の回収実験と同様の方法で回収実験用ダミーの第2回目の回収実験を行った。このような絡み索を用いた結果、最初の掃海では曳航索端がまだ回収実験用ダミーのブイ

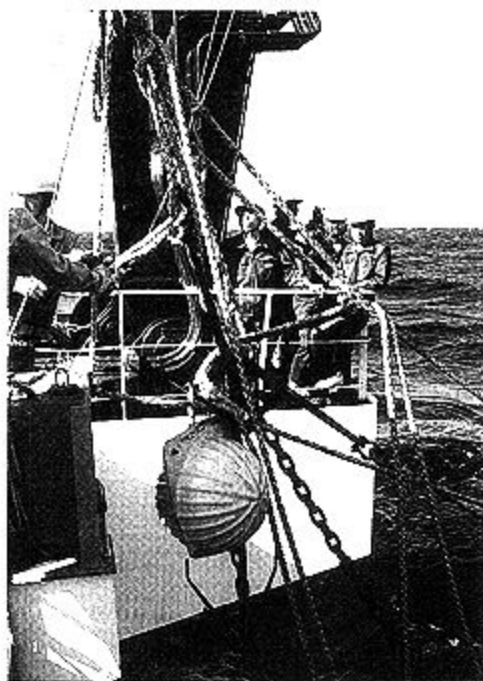


写真3 揚収中の絡み索

Photo 3 Trawl rope of recovering

より高い位置にあったため、空振りに終わった。しかし引き続き旋回しながら曳航索を繰り出したので、次の掃海では曳航索端は所定の深度に達し、この掃海で絡め揚げることができた。回収後の実験チームの満足感あふれる表情を写真4に示す。

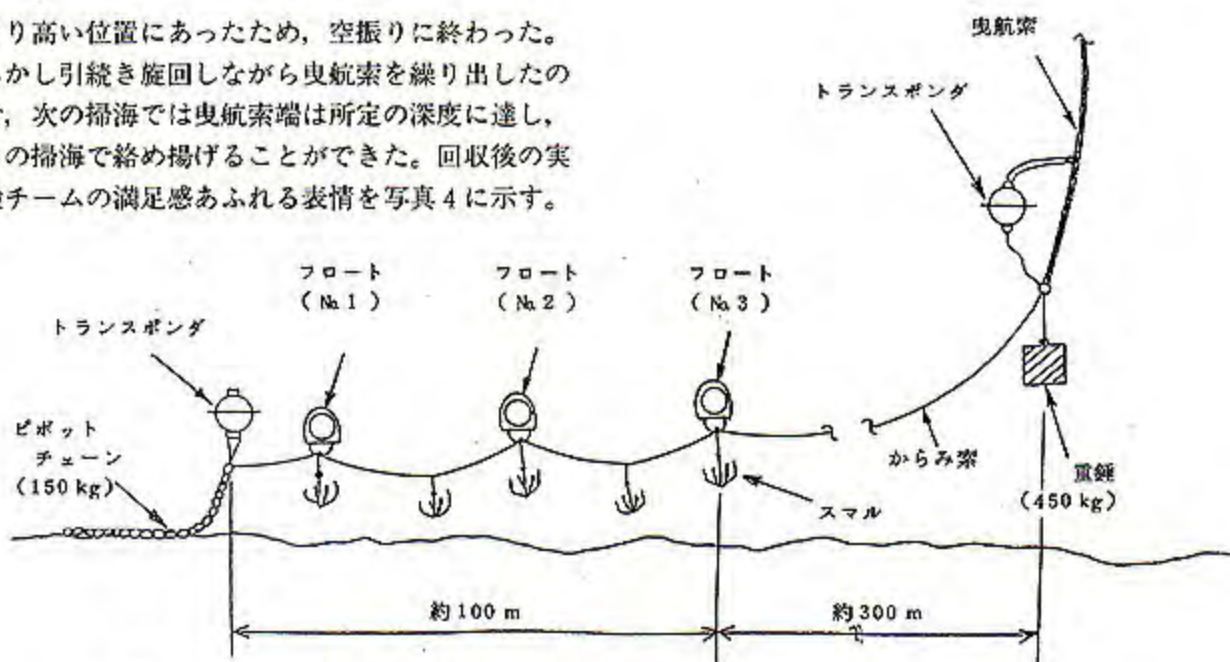


図8 曳航索、絡み索の構成 (改善型)

Fig. 8 Configuration of a towing rope and a trawling rope (improved type)



写真4 ゲミー回収後の実験チーム

Photo 4 Experiment team after recovering the dummy of object



写真5 音響航法装置のグラフィックディスプレイ

Photo 5 Graphic display of acoustic navigation system

7.2 4000m水深での回収実験

2600m水深での回収実験の結果から、

- ①本方式による回収では、深海底設置物・からみ索先端、曳航索先端のそれぞれの位置が音響航法装置のグラフィックディスプレイの画面上に明瞭に示される (写真5) ので、海底・海象の条件等で必ずしもすべての局面で100%とは言いきれないにしても、非常に有用

であることが示された。

- ②実験の作業にあたる乗組員もその要領を心得ることができ、また練度も最初と比べるとかなり上がった。
- ③今回の実験では成功したもの、まだ改良すべき点が若干見出された。具体的には、海底で岩等に引っ掛からないようなスマル形状の工夫が挙げられることが判った。

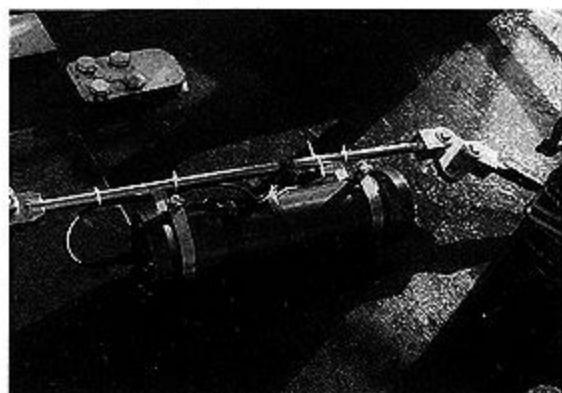


写真6 絡み索張力検出用ロードセル

Photo 6 Loadcell for detecting of trawl rope tension

以上を踏まえて、今回は、少数のスマルを用いる方法で実施する他、改良型のスマルも用いることとした。また、前はフリクションドラムウィンチの操作が後部操舵室のみではできなかったことから、改良を加えて、後部操舵室のみで可能なようにした。さらに「よこすか」・「しんかい6500」用トランスポンダが曳航索に取付けられての使用でも支障がないかの確認も行うこととした。

7.2.1 海底地形調査

本実験前に、マルチナロービーム音響測深装置により、実験海域の海底地形図を作成した。

7.2.2 慣熟訓練

慣熟訓練内容は前回とほぼ同じとしたが、今回は「よこすか」・「しんかい6500」用トランスポンダ及びフロートを使つての訓練も併せて実施した。

7.2.3 予備実験

回収実験に使用するベントス社製のトランスポンダ3個は耐圧6,000mとはなっているが、周波数は「よこすか」・「しんかい6500」に合わせて6.6~7.4kHzにしたため、出力が小さくなっており、水深4,000m海域ではほぼ使用限界に近いことが計算から推定されていた。そこでこれらのトランスポンダが実際に使用できることを確認することを目的として、使用予定の3個を曳航索の先端部に取付け、実際に4,000m近辺の水深まで降ろして、「よこすか」で受信・測位できるかどうかの試験を行った。

また、実験回収用ダミーを絡めた場合に絡み索

の張力が変動することが予想されるので、この張力を計測・記録することを目的として、今回新たに深海用ロードセルを製作したが、この試験も行った(写真6)。

その結果、トランスポンダ試験では、間欠的受信・測位となるものの、一応位置計測が可能であることが分かった。また、音響測位装置としては演算処理・表示されない場合でも、SSBL受波装置では多くの場合測位していることも分かった。実際の巡回・掃海では曳航索端の海底からの高さを微妙に調整する必要がある、このためにはトランスポンダの位置情報が頻繁に必要であるので、演算処理・表示されない場合も想定して、巡回・掃海中はSSBL計測値を刻々と連絡してもらい、そのデータに従ってウィンチ操作を行うようにした。

7.2.4 回収実験

今回用いる絡み索の構成(図9)は以下のものとした。

前回の2600m水深での回収実験の結果、曳航索の降下速度よりも絡み索先端の降下速度が遅かったので、これを速くするために絡み索先端のピボットチェーンの重量を約150kgから約200kgに変更した。また曳航索端の巡回半径をできるだけ大きくするためにスマルを2個とし、これらを絡み索のピボットチェーン側に取付けた。そしてこのスマルは2個とも改良型スマル(写真7)とした。さらに絡み索とピボットチェーンは直結するのではなく、その間に20mの繊維索と一方の改良型スマルを直列に挿入した。直列にすることにより、はじめのスマルが絡まなくても確実に最後のスマルで絡むことを期待したものである。フロートはそれぞれに1個取付けた。

風に立てて直線航走しながら絡み索を投入した後、中心を回収実験用ダミーのトランスポンダ位置とする半径約1,000mの円周上を巡回しながら、曳航索を繰り出していった。

約1時間半で円を一周すると同時にピボットチェーンは回収実験用ダミーから約100m離れた位置に着底した。そこで、SSBLで計測した曳航索端の深度情報を刻々と連絡してもらいながらその高度を微調整しつつ、曳航索端が回収実験用ダミーの周囲を1周半巡回し、その後には揚収を開始した。音響航法装置のディスプレイによりダミーを絡め



写真7 改良型スマル

Photo 7 Improved type grapnel anchor

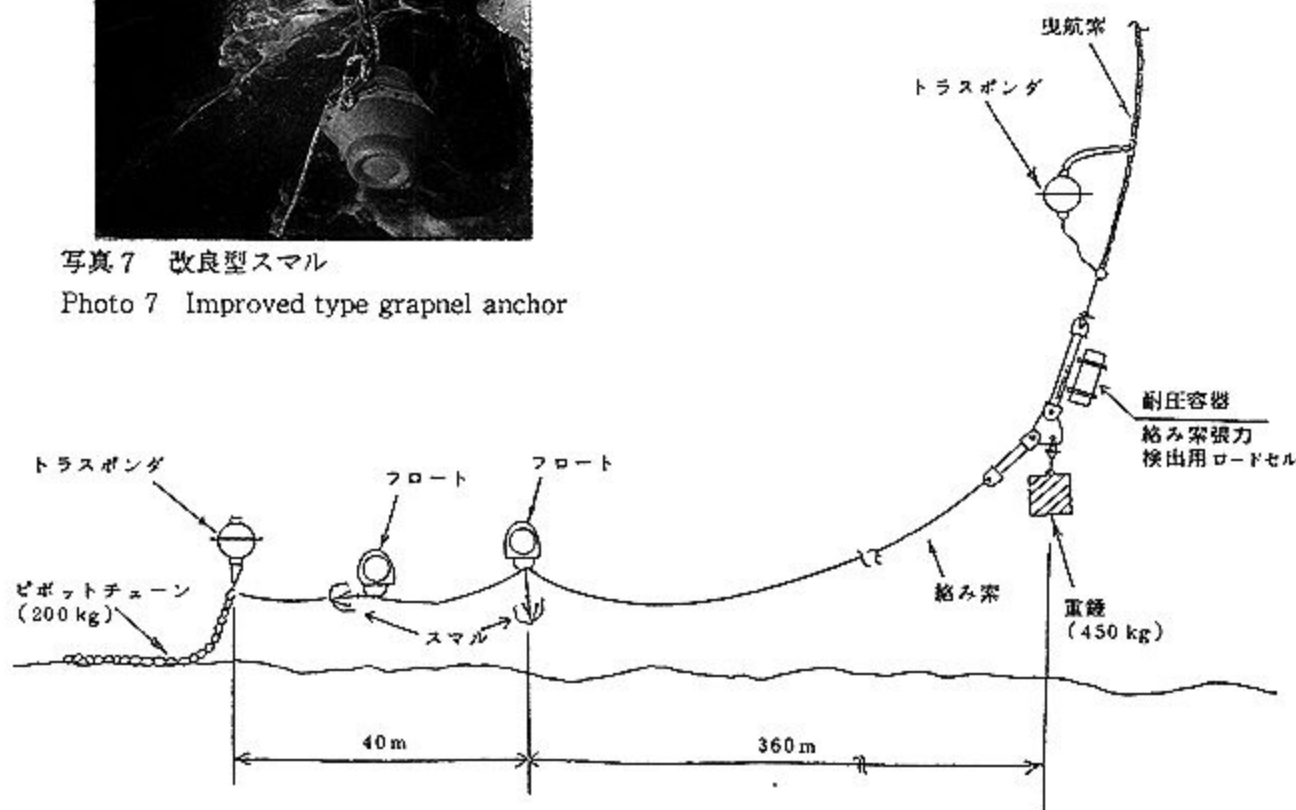


図9 曳航索、絡み索の構成

Fig. 9 New configuration of a towing rope and a trawling rope

取ったことを確認した。絡み状態は本来一番下にあるはずのピボットチェーンより明らかに約10m下に標的のトラスポンダがあることが示されていた。

曳航索を揚収し、絡み索を巻き取って潜水船ダミーの深度が約20mまで上がってきたところで、最初のスマルが現れ、その時に絡み索がスマルに絡んでいて回収実験用ダミーがそれには絡んでいないことが分かった。そしてそのスマルに絡んだ絡

み索はかなり張っていた。

この絡みを解いた直後に張りが急になくなり、吊っていた回収実験用ダミーが抜け落ちて、吊り落としたものと判明した。原因分析の結果、回収実験用ダミーを曳航索が1周半した上でスマルが回収実験用ダミーのロープに近づいて絡むのに反し、爪の付け根が狭くなっているそこでロープを捕縛する構造の改良型スマルの爪の付け根に交差した絡み索が捕縛され、このためにできた絡み索

のループに回収実験用ダミーが首吊り状態になったものと推測された。

7.2.5 回収実験用ダミーの回収

爪の付け根による絡み索の捕縛は改良型スマルの特徴であるので、先端部に設ける直列配置のスマルは別としても、中間のスマルは従来型のものの方が良いとの判断を下した。次に抜け落ちた回収実験用ダミーの絶対回収を行うことを目標として、絡み索構成は同じであるが、中間部は従来型

のスマルを用いることとし、2個を200m間隔で設けることとした。またフロートは先端部に1個と中間部の最も曳航索寄りのスマルに1個の計2個設けることとした。従ってスマルは改良型が先端に1個、従来型が中間に2個、フロートは2個という構成になる。また掃海方法としては、回収実験用ダミーを曳航索が約1周したところで一旦揚収し、絡んでいるかどうかを確認して確実に絡め回収することとした。

前述の要領で回収実験を再開し、曳航索の深度をSSBLで監視して、ウィンチ操作を頻繁に行いながら曳航索端高度が約50mとなるようにしつつ、回収実験用ダミーを2周以上念入りに巻きつけてから曳航索を巻き上げることとした。巻き取り中も旋回航走を続けて、その後巻き取りを開始し、曳航索・回収実験用ダミー・ピボットチェーンの相対位置関係を計測した。その結果曳航索端からわずか180m下に回収実験用ダミーがあり、さらにそこから200m下にピボットチェーンがあった。このことから、回収実験用ダミーはスマルに絡んでおらず、絡み索のどこかにまとわり付いていて、またスマルはピボットチェーンと絡み合っていることが推測された。

引き上げてみると、目前に標的であるチェーンが現れ、トランスポンダとブイは50m後方に浮き上がっていた。標的のブイロープは絡み索のリングのところで引っ掛かっており2周していた。そこで今度こそ落とさないようにと注意しながら引き寄せ、デッキ上に回収できた(写真8)。

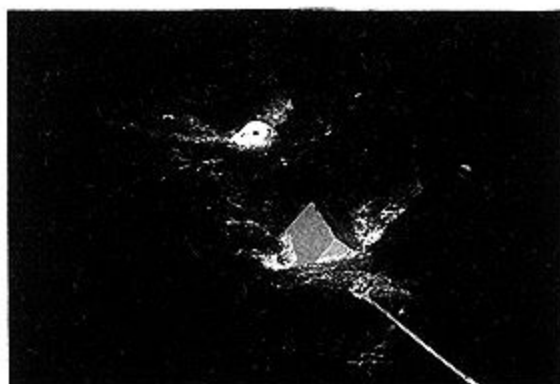


写真8 ダミーの回収

Photo 8 Recovering the dummy

このようにとにかく回収できたのであるから、一応は第2回目の回収実験は成功であったと言えるが、回収実験用ダミーのブイロープをスマルに引っ掛けるといふ筋書き通りの回収とはならなかったことは、前回の実験では見過ごされていた問題点が今回指摘されたものと思われる。

8 実験結果

①2,600m水深、4,000m水深において回収実験用ダミーは回収できたので、実験としては成功であったと考える。

②実海域での回収実験を通しての問題としては以下のものが挙げられるので早急に対策を考える必要がある。

(a) 絡み索に、使用しない不要のリングやアイが多数付いていて、ブイロープが滑ってきてスマルに絡むのを阻害している。不要のものは切除しておかなければならない。

(b) 改良型スマルはブイロープのみならず、絡み索自身も捕縛してしまい、絡み索をループ状にする。従ってその意味では従来型の方が良かった。但し、従来型においても、改良型のように爪の先端は丸くし、軸の尻にもアイを付けておく方がよい。

(c) 使用したベントス社製トランスポンダの音響出力は、予期されていたように限界ぎりぎりであった。今後のより大深度での実験・訓練を考えて、音響出力の十分あるトランスポンダを用意しておく必要がある。

9 まとめ

今回の実証実験の結果から、次のようなことが言える。

①水深2,600mおよび4,000m海域において回収実験用ダミーを回収することができた。

②シーステート5というかなり荒れた海象状況のもとでも、音響航法装置の誘導の下で絡み索が回収実験用ダミーを巻くように操船できることが証明された。

③ウィンチ操作が「よこすか」の後部操舵室で自在にできるようになり、操作が簡単になった。

④トランスポンダに対する曳航索の振動の影響は少ないことが分かった。

⑤以下のような問題点も指摘された。

- (a) 結み索の不要なリングやアイを切除すること。
- (b) スマル形状を再度考慮すること。
- (c) 使用するトランスポンダの音響出力を十分に大きなものとする。

なお、平成3年度には、今回の成果・教訓を生かし水深約6,000m級の実海域の回収実験を予定しており、さらなる成果を得て本方式の技術の確率を図ることにしている。

参考文献

- 1) 門馬大和, 堀田宏: “トランスポンダの深海係留および底曳き回収” JAMSTEC (1)1-14 (1986)

(原稿受理: 1991年5月7日)