

## からみ索を用いた流速観測用中層係留系の掃海回収について

黒田 芳史<sup>\*1</sup> 宗山 敬<sup>\*2</sup>  
伊藤 淳雄<sup>\*3</sup> 高尾 宏一<sup>\*3</sup> 山本 博<sup>\*3</sup>

水深2,340mに設置された流速観測用の中層係留系の回収を、からみ索を用いた掃海手法により試みた。からみ索のシステムは、海洋科学技術センターの深海調査船の外部救難装置を原型にしたものである。曳航索は軽量化をはかるため高張力繊維ロープを用い、また切り離し装置より上部でからめるため、先端のスマルを取り付けるからみ索には水より比重の軽いロープを用いた。からみ索の位置は、からみ索の先端と付け根に取り付けられたトランスポンダからの信号を、「かいよう」のSSBLを用いてモニターした。現場の作業においては係留系のアンカーが離れず安全を考慮し回収をあきらめたが、当初予定したように係留系にからめるところまでは達成できた。ここでは、その手法、作業内容について報告する。

**キーワード：**からみ索，トランスポンダ，中層係留系

## Recovery operation of a subsurface current meter mooring with a towed sweep-line

Yoshifumi KURODA<sup>\*4</sup> Kei MUNAYAMA<sup>\*5</sup>  
Atsuo ITO<sup>\*6</sup> Koichi TAKAO<sup>\*6</sup> Hiroshi YAMAMOTO<sup>\*6</sup>

An open sea operation has been attempted to recover a subsurface current meter mooring at a 2,340 meter depth with a towed sweep-line. The sweep-line system was originally designed to rescue the Deep Sea Submersible Vessel of JAMSTEC. High-tension chemical rope was used as a towing line to decrease weight, and light-weight line less than the specific weight of water was used as a hooking line at the bottom part of the towing rope to tangle over an acoustic release on the subsurface mooring. The position of the hooking line was monitored by two acoustic transponders equipped at both ends of the hooking line using the SSBL (Super Short Base Line) system on R/V Kaiyo. The mooring could not be recovered because the mooring anchor could not be detouched and tension went over the safety factor of the towing line. However, it is our view that the towed sweep-line had successfully tangled with the subsurface mooring as expected. It is reported here the method and operation.

**Key Words :** the sweep-line, transponder, subsurface mooring

---

\*1 海洋観測研究部  
\*2 海洋観測研究部 (現在：(株) マリン・ワーク・ジャパン)  
\*3 日本海洋事業株式会社 (現在：(株) マリン・ワーク・ジャパン)  
\*4 Ocean Research Department  
\*5 Ocean Research Department ( Marine Works Japan Ltd. )  
\*6 Nippon Marine Enterprises, LTD. ( Marine Works Japan Ltd. )

## 1 目的

太平洋熱帯域西岸のモロタイ島とタラウド島間の、水深2,340mに設置された流速観測用中層係留系に対して、からみ索を用いた掃海による回収を試みたので、その手法、作業内容について報告する。1992年10月に設置した上記係留系は1年後の回収時に音響切り離し装置は作動したものの浮上せず、何らかの方法で回収することが検討された。そこで、深海調査船の外部救難用に考えられた掃海用からみ索（渡辺和夫他，1991）<sup>1)</sup>と基本的には同じ考え方、手法を用い回収することとした。

## 2 作業概要

### 2.1 作業日

平成7年（1995年）7月4日（プロジェクト研究「熱帯赤道域の観測研究」航海中）

### 2.2 使用船舶

「かいよう」

### 2.3 係留系設置点

流速計係留系位置 3° -12.22' N,  
128° -26.89' E  
設置水深 2340m

## 2.4 回収作業参加者

|         |                                                |
|---------|------------------------------------------------|
| 海洋観測研究部 | 黒田芳史，三寺史夫，安藤健太郎                                |
| 日本海洋事業㈱ | 高尾宏一，山本博，伊藤淳雄，<br>林美鶴，藤崎正行，<br>田中等船長，及びかいよう乗組員 |
| 作業補助    | 尻引武彦，植木巖                                       |

## 3 使用機材

### 3.1 掃海システム

掃海システム全体の概要を図1に示す。

### 3.2 からみ索

からみ索は係留系の切り離し装置より上部に引っかけるために水より比重の軽い浮くタイプの物を用いた。また、重鎮は潮流の状況等に応じて対応できるように450～750kgで調整できるようにした。

今回の掃海に使用したからみ索の機材については表1に示す通りである（写真1-a，1-b，1-c）。その構成を図2に示す。

## 4 掃海作業手順

掃海作業の手順を図3に示す。

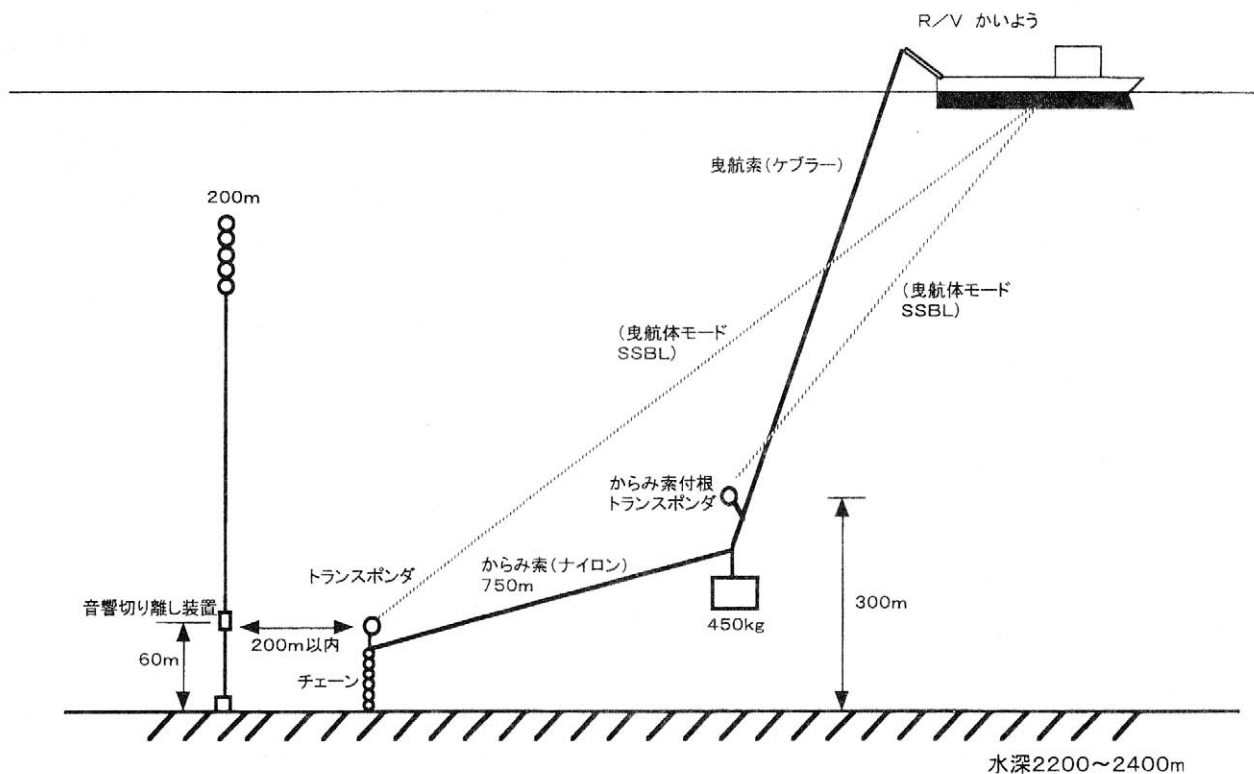


図1 掃海システム全体の概要

| 番号 | 品 名           | 仕 様                                      | 引張強さ   |
|----|---------------|------------------------------------------|--------|
| 1  | ハイテクロンNロープ    | 16mm, 3500m 両端シブ <sup>®</sup> ル加工        | 11.4tf |
| 2  | ダンラインSPクロスロープ | 26mm, 450m 両端シブ <sup>®</sup> ル加工, 比重0.91 | 10.3tf |
| 3  | ダンラインSPクロスロープ | 26mm, 300m 両端シブ <sup>®</sup> ル加工, 比重0.91 | 10.3tf |
| 4  | ダンラインSPクロスロープ | 26mm, 10m 両端シブ <sup>®</sup> ル加工, 比重0.91  | 10.3tf |
| 5  | スマル           | HT-1                                     | ——     |
| 6  | 重錘            | 450~750kg                                | ——     |
| 7  | チェーン          | 19mm×22m                                 | ——     |
| 8  | シャックル         | SB-20                                    | 2.5tf  |
| 9  | シャックル         | SB-22                                    | 3.0tf  |
| 10 | シャックル         | SB-24                                    | 3.6tf  |
| 11 | シャックル         | BC-22                                    | 3.0tf  |
| 12 | リング           | 22mm, 内径100mm                            | 2.5tf  |
| 13 | スイベル          | AB-103                                   | 3.0tf  |
| 14 | カップリング        | HC-3.2                                   | 3.2tf  |
| 15 | 長シャックル        | 4t                                       | 4.0tf  |
| 16 | トランスポンダ       | ベントス 13.0~15.0kHz                        | ——     |
| 17 | ガラス玉ブイ        | ベントス 2040-17V, 25kg                      | ——     |
| 18 | ワイヤーロープ       | 10mm(8mm)×2m                             | ——     |

表1 掃海用からみ索部品

## 5 作業内容

### 5.1 掃海作業試験

掃海作業当日の午前中に、からみ索の繰り出しから巻き揚げまでの一連の作業試験を行った。実際の掃海では図2を基にしたが、この作業試験では、からみ索先端のチェーンが1本であり、曳航索下端のシンカーを450kgとした事が相違点である。試験の内容は、からみ索をすべて投入した後、曳航索先端部分を深度500mまで繰り

出し、そして1.5kts及び3ktsで曳航した。この試験においては、掃海作業の手順、人員の配置、作業時の作業甲板上危険範囲の確認、張力計の作動確認、トランスポンダの信号受信確認、曳航時の索の挙動、曳航時の操船等の事項について作業者間で周知確認した。この試験の直後行った安全検討会において、次のようなことが問題点として挙げられた。それぞれについて対応を付記した。  
①係留系が絡んだ後、からみ索を回収する時に張力計を



写真1-a からみ索のロープ及びスマル



写真1-b からみ索付属のトランスポンダ



写真1-c からみ索に取り付けるシンカー

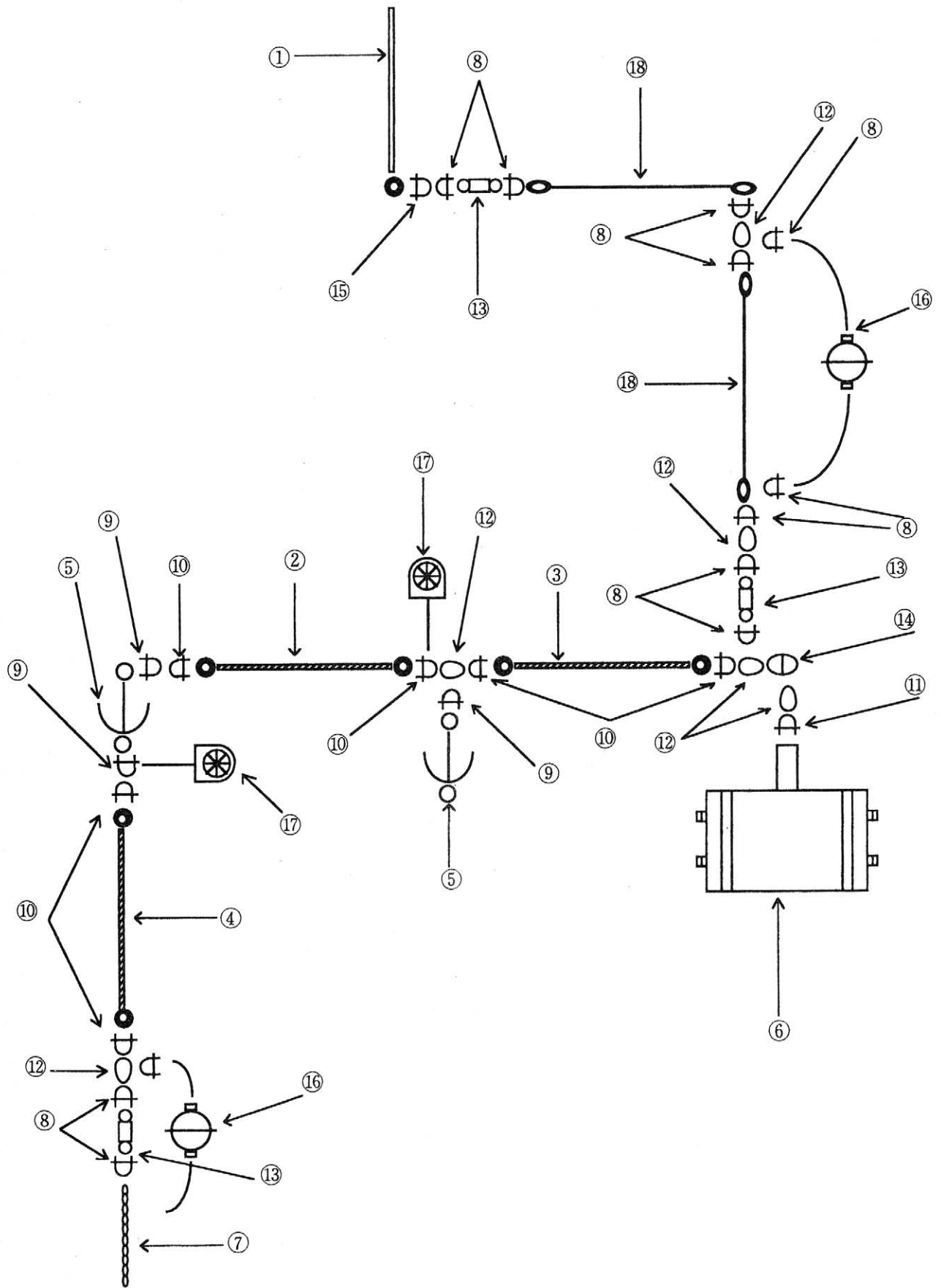


図2 中層係留系掃海用からみ索構成図

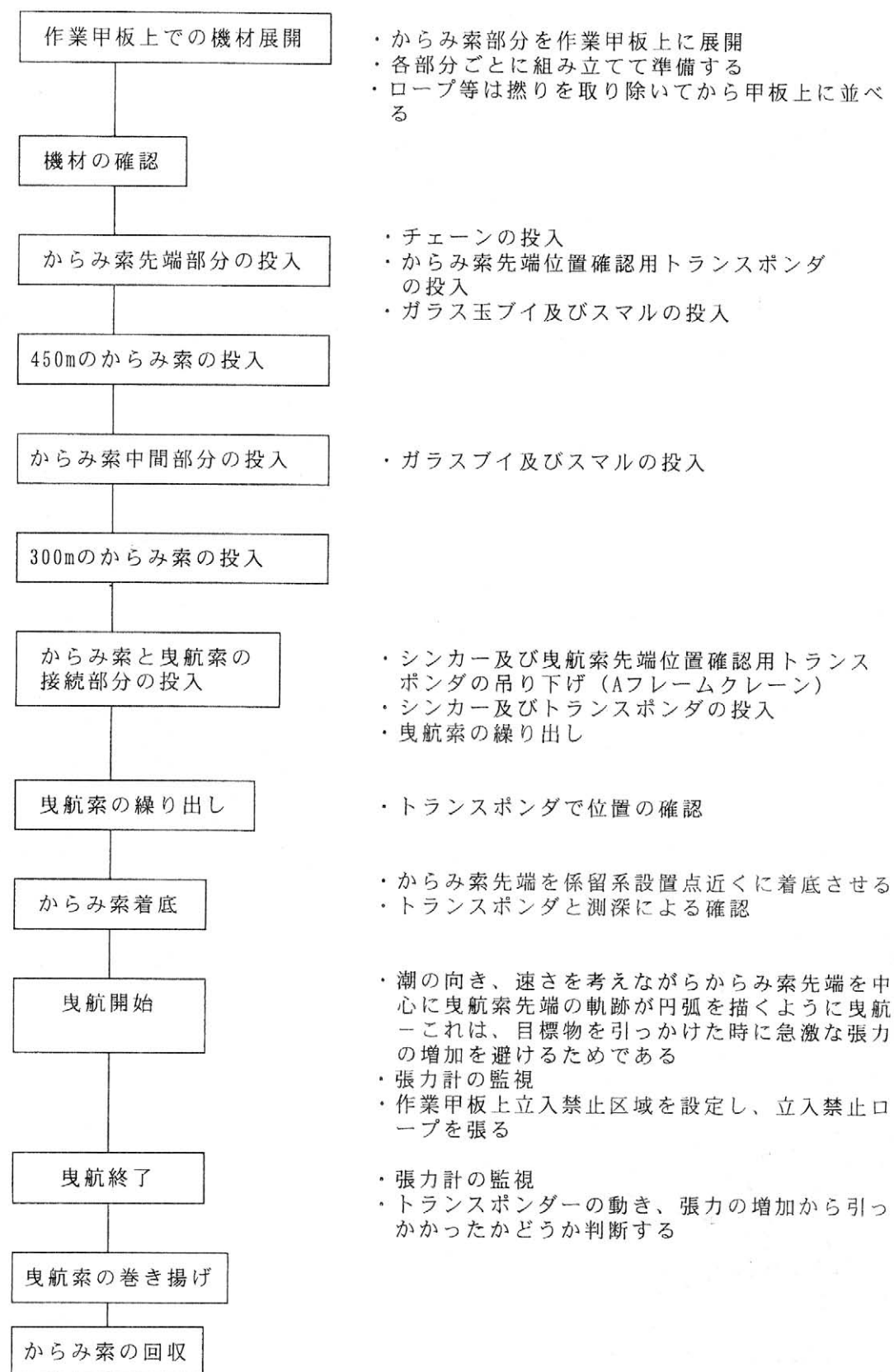


図3 掃海作業の手順

取り付けたブロックが一つしかなく常時張力を監視できない。

=片方だけでできるところまで注意深く回収作業を行う。

②潮流が1.5kts～2.5ktsと速く、曳航索が流されてしまいからみ索が浮いた状態になる。

=からみ索先端チェーンの追加および曳航索下端シンカーの重量を650kgに増加する。

③張力計に時間ドリフトがある。Aフレームクレーンに取付けられたブロックを通る曳航索の角度が大きい時に誤差が大きい。

=300kg程度の誤差を見込んで作業をすすめる。

④からみ索先端のトランスポンダの信号の受信が時々途切れることがある。

=曳航時にトランスポンダが後方になびくためと考えられ、できるだけ上を向くように1点ではなく2点で索取りする(写真1-b)。結果的にはこれで通信状態は改善された。

⑤潮流が1.5kts～2.5ktsと速く船が流されたため、シミュレーションのように円形に航跡を描くことは不可能である。無理に対水速度を上げれば曳航索、からみ索が浮き揚がってしまうと考えられる。

=無理に円形を描くことをせず船を潮に立て、からみ索を展開し目標点の上流から巻くようにする。

## 5.2 掃海作業

掃海作業試験後、1992年10月に設置し、1994年2月、回収できなかった係留系(図4)の掃海作業を13時20分より開始した。表層で北北西向きの1.5～2.5ktsの強い流れがあった。まず、係留系の位置の確認であるが、音響切り離し装置に信号を送ってみたが、電池が既に切れていたらしく信号は返ってこなかった。そのため1994年2月に同係留系の音響切り離し装置によって確認した位置にそのままと仮定し、その点を目標にして、からみ索を繰り出していった(図5,写真2-a,2-b,2-c)。からみ索を展開していく手順については既に記述した。からみ索着底後は、作業甲板上で危険と思われる場所にロープを張り一切立ち入らないようにした。また、その場所以外でも原則的に危険なため作業甲板上には出ないようにした。このようにして曳航を開始し、曳航中の曳航索の張力は、0.8tで推移した。そして、しばらく順調に曳航をしていたが、作業開始から約1時間30分後の14時55分に曳航索の張力は、2t近くまで上昇した。そのため何か索に絡まったものと判断し巻き揚げを開始した。曳航の軌跡については、図5に示した。巻き揚げの途中、張力が安全基準の2.2tを越えたので一度中断し、曳航索を再び繰り出した。その後、船を後進させ、できるだけ曳航索に余分な張力がかからないよう鉛直に保ちながら再

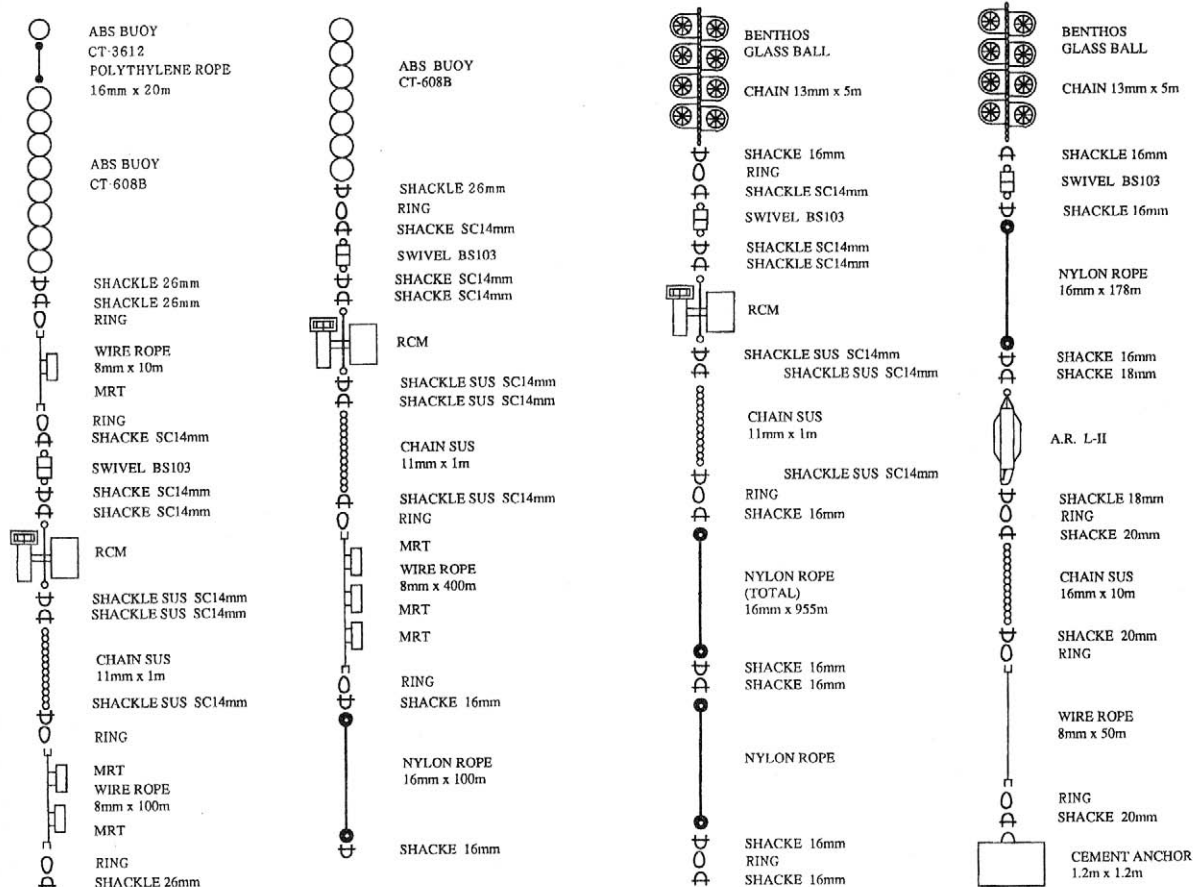


図4 回収を行なう係留系

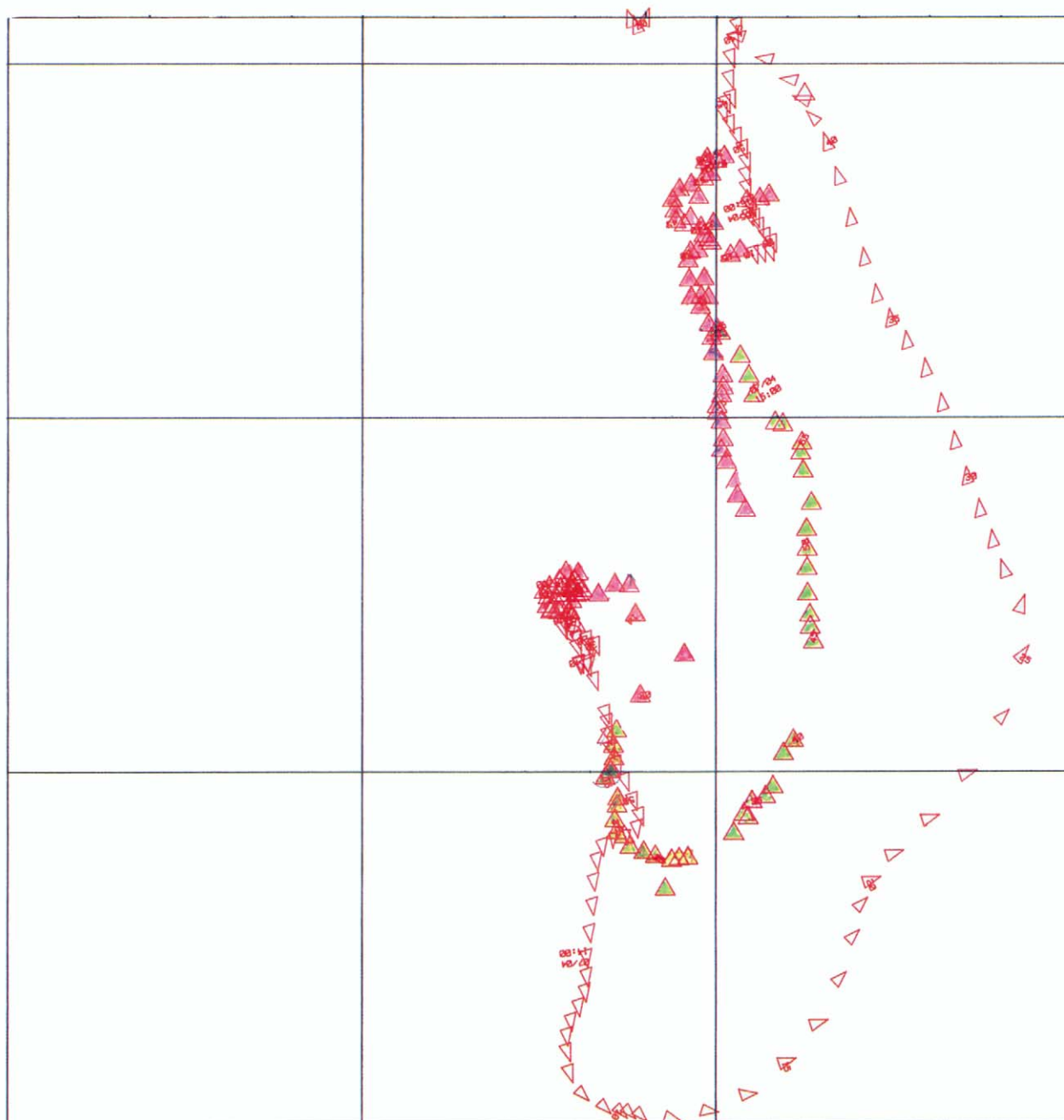


図5 トランスポンダ軌跡及び「かいよう」の航跡（緑：「かいよう」、ピンク：トランスポンダ）

度巻き揚げを開始した。からみ索先端のトランスポンダからの信号によって、索が海底上から100m程度上昇した事を確認したが、常時2.2tの張力がかかっている状況に変わりはない。それ以降徐々に巻き上げるも、15時56分、曳航索にかかる張力が2.5tに達した（表2）。この時点でこれ以上の作業は危険と判断し船長と協議の上、船を再び後進させ、また曳航索を緩めていき張力が0.8tとなったところで上甲板において、曳航索の切断する部分に曳航索が切れて跳ねないように上方にロープでストッパーを取ったうえ切断した。曳航索の全長は3500mであり、1300m程度切断し掃海作業を断念した。

## 6 まとめ

今回の掃海作業で絡んだものが目的の係留系であるとすれば、以下のように推測される。この掃海作業の前の航海（1994年2月）で通常の切り離し装置による回収が試みられた。この時の切り離し装置は1台だけであり、船上から切り離し装置に切り離し信号を送った時、切り離したという正常な切り離し信号を伝えてきたが、それは浮上しなかった。今回、曳航索の張力が2.5tを越えたという状況から判断して、水中重量1.57tのコンクリート製のアンカーが切り離されていなかったと考えられる。これは、設置時にアンカーが着底したとき、係留系のオー

バーシュートが起き、アンカー直上のワイヤーロープに撚りが入ってしまい、切り離し装置あるいはその上のガラス玉フロートに絡まってしまったと推測される。また、系の設計では約 800kg 程度の正味の重量（水中）しか懸からないはずであるのに対して、2.5t もの張力を生じたことから、係留系上部のプラスチックブイは切れて流れていたものと推測される（水中重量の増加）。この様な張力のかかった状態では、もしも海面まで揚げてきたとし

ても取り込むことは不可能であったといえる。

今回、結局係留系を回収することができず失敗に終わったわけであるが、海中の物体を絡めることができたのであるから、からみ索自体のシステムとしてはうまく機能したと言える。問題点は、このからみ索自体の回収も手間がかかり、その上、物体を絡めた後の船上に取り込むところが非常に困難で、危険な作業であることにある。



写真 2-a  
からみ索の展開作業



写真 2-b  
吊り下げられているトランスポンダーとシンカー



写真 2-c  
からみ索の曳航中

表2 張力計データ記録

1995年7月4日

| 時刻<br>: | ロードセル読み     |               | T<br>kg | 作業内容        | 時刻<br>: | ロードセル読み     |               | 張力<br>kg | 作業内容              |
|---------|-------------|---------------|---------|-------------|---------|-------------|---------------|----------|-------------------|
|         | 角度<br>(deg) | ロードセル<br>(mv) |         |             |         | 角度<br>(deg) | ロードセル<br>(mv) |          |                   |
| 12 58   |             | 0.07          |         | OFF SET     | 15 00   | 110         | 1.00          | 1750     | スローで巻く            |
| 13 00   |             |               |         | 投入開始        | 03      | 110         | 1.00          | 1800     |                   |
| 13 20   |             |               |         | アカーつり上げ     | 04      | 110         | 1.30          | 2000     | 引っ掛かった<br>可能性あり   |
| 21      | 90          | 0.67          | 750     |             | 07      | 100         | 1.50          | 2000     |                   |
| 23      |             | 0.62          |         | 水面 シカー、トラブ  | 10      | 100         | 1.70          | 2250     | スローで巻く            |
| 24      | 100         | 0.48          | 600     | トラブ水深 1000m | 14      | 90          | 1.72          | 2050     |                   |
| 28      | 90          | 0.53          | 750     | トラブ水深 1300m | 16      | 90          | 1.80          | 2200     |                   |
| 30      | 90          | 0.53          | 650     | トラブ水深 1500m | 18      | 90          | 1.90          | 2300     |                   |
| 31      | 90          | 0.53          | 650     | トラブ水深 1800m | 20      | 90          | 2.00          | 2450     | 巻き停止<br>船を潮に立てる   |
| 36      | 100         | 0.55          |         | トラブ水深 2000m | 21      | 90          | 1.80          | 2150     |                   |
| 39      | 100         | 0.60          | 850     | トラブ上 1350m  | 24      | 90          | 1.50          | 1800     | ケーブル出す            |
|         |             |               |         | トラブ下 2200m  | 25      | 90          | 1.42          | 1700     |                   |
| 40      | 100         | 0.47          | 550     | 先端着底 2280m  | 26      | 100         | 1.64          | 2150     |                   |
|         |             |               |         | 水平距離 296m   | 27      | 100         | 1.72          | 2300     |                   |
| 41      |             |               |         | 先端 2370m    | 28      | 100         | 1.84          | 2500     |                   |
|         |             |               |         | 水平距離 296m   | 29      | 100         | 0.85          | 1100     |                   |
|         |             |               |         | 上部 1570m    | 30      | 90          | 0.55          | 600      | 少しずつ巻く            |
|         |             |               |         | 曳航索 2000m   | 37      | 90          | 0.84          | 950      |                   |
| 42      |             |               |         | トラブ上 1600m  | 38      | 90          | 1.30          | 1500     |                   |
| 43      | 110         | 0.40          | 550     | トラブ上 1700m  | 40      | 90          | 1.78          | 2200     |                   |
|         |             |               |         | ウインチロー      | 42      | 90          | 1.55          | 1850     |                   |
| 49      | 120         | 0.36          | 550     | トラブ上 1800m  | 44      | 100         | 1.72          | 2300     |                   |
| 53      | 130         | 0.38          | 650     | トラブ上 2000m  | 45      | 90          | 1.80          | 2200     |                   |
|         |             |               |         | ウインチ停止      | 51      | 90          | 1.95          | 2400     | トラブ少しずつ<br>上昇     |
| 59      | 130         | 0.31          | 550     |             | 52      | 90          | 1.90          | 2300     |                   |
| 14 07   | 140         | 0.31          | 650     | 左旋回中        | 54      | 100         | 1.83          | 2450     |                   |
| 10      | 140         | 0.30          | 550     |             | 56      | 100         | 1.85          | 2500     | 中止 切断決定           |
| 20      | 135         | 0.28          | 550     | 右回頭         | 16 04   | 90          | 1.94          | 2400     |                   |
| 23      | 135         | 0.29          | 550     |             | 07      | 90          | 1.93          | 2350     | 待機                |
| 25      | 150         | 0.27          | 700     | ゆっくり左回頭     | 12      | 90          | 1.94          | 2350     |                   |
| 28      | 150         | 0.38          | 1050    | 左回頭停止       | 15      | 90          | 1.66          | 2000     | 切断準備              |
| 34      | 140         | 0.38          | 850     |             | 17      | 90          | 0.70          | 800      |                   |
|         | 140         | 0.60          | 1500    | 左回頭         |         | 100         | 0.70          | 850      | 巻き停止<br>Aフレーム振り込み |
| 40      | 140         | 0.62          | 1500    |             |         | 110         | 0.74          | 1150     |                   |
| 47      | 100         | 1.40          | 1900    | ゆっくり左回頭     |         | 110         | 0.78          | 1100     |                   |
| 50      | 100         | 1.50          | 1900    |             | 23      | 90          | 0.14          | <100     | 切断                |
| 51      | 100         | 1.57          | 2100    |             |         |             |               |          |                   |
| 54      | 100         | 1.54          | 2050    | 揚収作業開始      |         |             |               |          |                   |
| 57      | 120         | 0.98          | 1600    |             |         |             |               |          |                   |
| 59      | 120         | 1.10          | 1850    |             |         |             |               |          |                   |

## 謝辞

今回のからみ索のシステムは「よこすか」搭載のしんかい6500」の外部救難装置を原型にしたものである。今回のからみ索の挙動のシミュレーションをやっていただいた野本昌夫主幹，貴重な助言を得ました高川真一主幹に感謝致します。また，8,000mワイヤーウインチの使用に際し助言いただいた，門馬大和主幹，網谷泰孝副主幹に感謝致します。最後に，この掃海作業を安全に実行するために長期間に渡り審議いただき，貴重な助言，意見をいただいた，海洋科学技術センターの係留系信頼性検

討部会委員長の倉田俊夫前深海開発技術部長及び田崎正幸深海開発技術部長をはじめ各委員の方々に感謝します。

## 参考文献

- 1) 渡辺和夫・野本昌夫・高川真一・和田一育・許正憲・狩野芳治・佐野正・高橋憲二：絡み索の底引き曳航による深海底設置物の回収．海洋科学技術センター試験研究報告，26，11-22．(1991)

(原稿受理：1999年6月9日)

