

# 港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE

OF

THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1200

September 2009

網チェーン式回収装置の開発—水深180mの水中翼回収作業—

野口 仁志

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,  
Port and Airport Research Institute, Japan

## 目 次

要 旨		3
1. まえがき		4
2. 従来技術における海底落下物回収作業	.....	4
2.1 潜水土による作業	.....	4
2.2 大気圧潜水器による作業		4
2.3 マニピュレーター付きROVによる作業		4
3. 網チェーン式回収装置の概要	.....	5
3.1 開発の経緯	.....	5
3.2 装置の構成と概要		5
3.3 装置の特長及び期待される効果		6
3.4 既設ブロック撤去工事への活用事例		6
4. 大水深海域での適用を想定した模型実験		9
4.1 模型実験の目的		9
4.2 模型実験の方法		9
4.3 模型実験の結果及び考察		9
5. 水中翼回収作業(その1)		10
5.1 潜水土作業の限界と活用の経緯		10
5.2 水中翼回収作業		10
5.3 海底での網チェーン装置の移動		13
6. 水中翼回収作業(その2)		13
7. まとめ		14
謝辞		14
参考文献		14

# **Development of Holding Device with Net Chain Applying to Recovery of a Hydrofoil Sinking to the Seabed with a Depth of 180m**

**Hitoshi NOGUCHI\***

## **Synopsis**

A holding device for removing wave-dissipating blocks using net chains was developed to reduce the operation risk. The device is simple and the operation is easy. It is capable to hold a thing with various shapes. It has been employed in several block removal works and its time and cost efficiency has been revealed.

A hydrofoil of ship sank to seabed of western area in the Sea of Japan by an accident in 2007. Since the target area was as deep as the depth of 180m and the maritime condition was strong, the recovery by divers was impossible. Therefore, the holding device with net chain was applied.

The horizontal position control seemed to be difficult due to the swing of device in water. However, it became to control the device position by a simple operation method of putting a part of the net chain on the sea bottom.

From this result, it was proved that the device was applicable to recovery of the falling objects in deep sea.

**Key Words:** net chain, automation, hydrofoil, recovery

---

\* Research Coordinator for Advanced Technology, Construction and Control Systems Department  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan  
Phone : +81-468-44-5063 Fax : +81-468-44-0575 e-mail:noguchi@pari.go.jp

# 網チェーン式回収装置の開発

## 水深 180m の水中翼回収作業

野口 仁志\*

### 要 旨

網チェーン式回収装置は、潜水士等の支援を必要とせずに、吊りワイヤーの巻き上げ下げ操作だけで種々の形状の対象物を掴み上げることができる。既設消波ブロックにおいては数件の回収実績がある。

この網チェーン回収装置が、強潮流海域下において水深約 180m の海底に落下した船舶の水中翼の回収作業に活用された。課題とされた海底での水平方向の位置制御は、網チェーンの一部を海底に接触させて動揺を抑えるという簡易な運用方法によって対応可能であった。

同様の状況の 2 件の水中翼の回収に成功したことで、潜水士での作業が不可能な強潮流下の大水深域においても船上からの吊りワイヤーの巻き上げ下げの操作で、種々の形状の物体を簡易に回収できることが実証された。

キーワード：網チェーン、無人化、水中翼、回収

---

\* 施工・制御技術部 新技術研究官  
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人 港湾空港技術研究所  
電話：046-844-5063 Fax：046-844-0575 e-mail:noguchi@pari.go.jp

## 1. まえがき

網チェーン式回収装置は、潜水士等の支援を必要とせず、吊りワイヤーの巻き上げ下げ操作だけで種々の形状の対象物を掴み上げることができ、既設消波ブロックにおいては数件の回収実績がある<sup>1),2),3)</sup>。

本装置は電力・油圧等の動力及び耐圧構造は不要で簡易な構造のため、大水深においても吊りワイヤーの長さを延長するだけで対応できるものである。しかし、強潮流下で対象物に覆い被せるように位置を制御できるかが課題として想定されていた。

本稿は、網チェーン式回収装置が、既設消波ブロックの回収の他、潜水士での作業が不可能な強潮流下の大水深域においても、網チェーンの一部を海底に接触させて動揺を抑えるという簡易な運用方法によって、船上からの吊りワイヤーの巻き上げおよび下げ操作で、種々の形状の物体を簡易に回収できたことを報告するものである。

## 2. 従来技術における海底落下物回収作業

海底落下物の回収作業は、一般には潜水士が落下物にワイヤー等を掛けて海面上のクレーンを用いて引き揚げる方法が一般的である。潜水士が潜るのが困難な深い海域等では大気圧潜水器を使用したり、特殊な場合にはマニピュレーターを搭載したROV(遠隔操作の水中ビークル)による回収方法がある。

### 2.1 潜水士による作業

対象海域が浅い海域であれば、潜水士が対象物にワイヤーを掛けて、海面上の作業船クレーンを用いて引き揚げる方法が一般的である。

潜水士による作業は、通常水深 100m程度までとされている。水圧の変化に身体を徐々に対応させるための減圧時間が必要となるため、海底での作業時間は限定され、効率は非常に低下するとともに、危険性も増す。

また強潮流域においても、作業能率は低下するとともに、危険が伴う。

### 2.2 大気圧潜水器による作業

潜水艇は固い金属に被われているので当然水圧の影響を受けないが、これをロボットのような形にして人間が着込み、大気圧とほぼ同じ環境で深海潜水を可能にしたのが大気圧潜水器(写真-1)である。

減圧症や圧外傷、空気塞栓症等の潜水に伴う疾患がなく安全だが、大気圧潜水器は水圧から人体を保護するた

めに金属で出来ているので身体の行動が著しく低下するという欠点を有している。



写真-1 大気圧潜水器による潜水

### 2.3 マニピュレーター付き ROV による作業

マニピュレーター(ロボットハンド)付き ROV(前後・左右・上下方向への推進スクリュウを有して、船上より電源をコードで供給して操縦する無人潜水艇)を用いて、吊り上げ用ワイヤーを、対象物に取り付け、吊り上げる方法である。

引き揚げ対象物がコンテナ等のように吊り上げ用の金具が取り付けられているものであれば、マニピュレーターを用いて、吊り上げワイヤーを吊り上げ金具に取り付け、引き揚げが可能である。

しかし、引き揚げ対象物に吊り上げることを想定した金具が取り付けられていない場合は、ワイヤーの取り付けが困難となる。

吊りワイヤーを対象物と海底のわずかな隙間に通すことが必要となることもあり、そのような細かな技巧を要する作業は不可能である。また潮流等が大きい場合には、ROVの位置制御も困難となり作業不能となる状況も多い。またこのようなROVは、耐圧構造が必要となり大水深において作業可能なものは極めて限られている。

海外において、大水深において重作業が可能な耐圧構造を有するロボットアームを搭載したROVによる引き揚げ事例がある<sup>4)</sup>。2001年(平成13年)2月、アメリカハワイ州のオアフ島沖で、アメリカ海軍原子力潜水艦に衝突された愛媛県水産高校練習船えひめ丸が水深 600mの海底に沈んだ。その船体引き揚げに、米海軍のロボットハンドを搭載したROVが用いられた(写真-2)。吊

り上げ用のワイヤーを船体に取り付けて引き揚げ、ダイバーが潜行して調査できる水深 35m の位置まで移動した。引き揚げ作業は困難を極め、約 8 ヶ月、約 60 億円（6,000 万ドル）の月日・手間・費用を要したとされている。

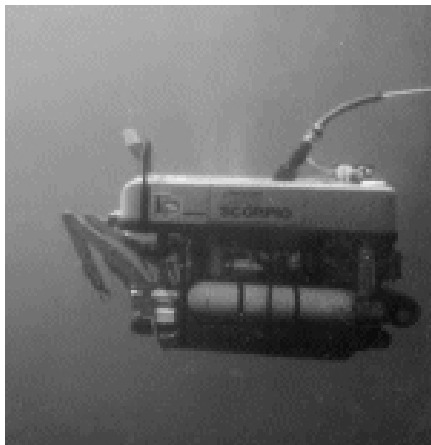


写真-2 米国海軍のロボットアームを搭載した ROV

### 3. 網チェーン式回収装置の概要

#### 3.1 開発の経緯

網チェーン式回収装置は、港湾及び海岸等に設置されている既設消波ブロックを作業員や潜水士の玉掛けの作業の支援無しに、ブロック脚にチェーンを玉掛けして回収できることを目的として開発されたものである。作業員や潜水士の玉掛けの作業の支援を必要としないため、作業の安全性が高まるとともに省力化にも寄与するものである。

#### 3.2 装置の構成と概要

##### (1) 装置の構成と運用方法

港湾・海岸工事における既設消波ブロックの回収作業例を主体に、その構成及び運用方法等を示す。

装置の構成は、図-1 に示すように、吊り下げ用支持フレームの四隅から、網状チェーンが広げられた状態で吊り下げられている。網状チェーンは、4 つの網目を有しており、中央部の結節点が、クレーンの吊りワイヤーによりチェーン引き込み管の中へ引き込まれることにより、4 つの網目が絞り込まれる構造となっている。なお網目数は、最少 2 網目でも吊り上げ可能であるが、各網目が必ず対象物体に掛かるかどうかは不確かであること、及び支持フレームの概形が四角以外の三角形、五角形等の形状の場合、組み立て、運搬等の運用上扱いにくいことから、正方形となる 4 網目としている。

装置吊りワイヤーを引き上げると、網状チェーンはチェーン引き込み管より引き込まれ、それに伴い網の目が絞り込まれ、ブロックの脚をしっかりと把持してブロックを吊り上げることができる。

ブロックの解放は、ブロックの仮置き場所に角材等、あるいは地盤が土の場合は溝を掘削すること等により凹凸を設けておき、凹部に下側の網チェーンが掛かっている脚を降ろす(写真-3)。その後、クレーンの主巻きワイヤーを緩めるだけで無人で簡単にブロックを解放できる構造となっている(写真-4)。

なお凹凸を設けにくい台船上では安全で作業員も容易に接近できるので、各網目にフックを挿入しておきフックを作業員が解放する。

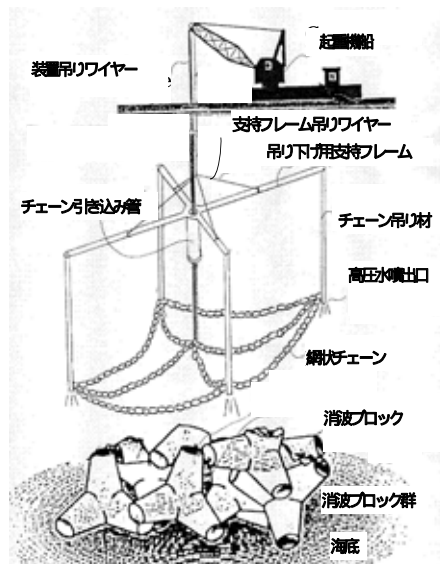


図-1 網チェーン式ブロック移設装置図(吊り上げ前)

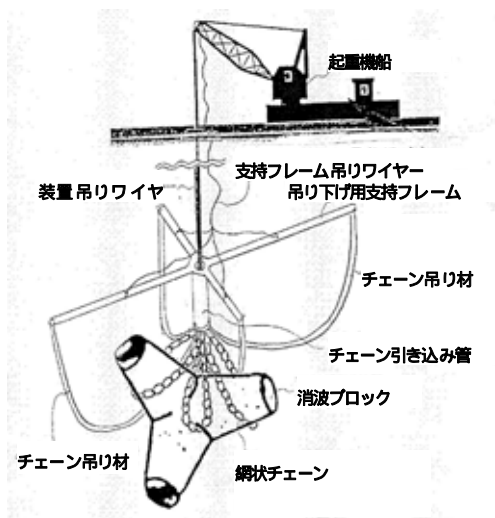


図-2 網チェーン式ブロック移設装置図(吊り上げ時)

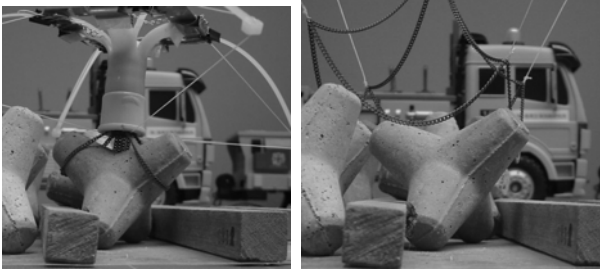


写真-3 凹部にブロック着地 写真-4 ワイヤーを緩め解放

### 3.3 装置の特長及び期待される効果

装置の主な特徴と効果を示すと、次のようになる。

無人化施工が可能

ブロックの吊り上げ及び開放作業に、人力作業の支援は不要である。

構造が簡易で軽量

基本構造は網の目状のチェーンとそれを吊り下げる支持フレームのみであり、軽量である。

専用の動力部は不要

クレーンに吊し、吊りワイヤーの巻き上げ下げにて作動させるので、モータ等の専用の駆動力は不要である。

操作が簡単

基本的に吊り下げているクレーンの操作のみである。クレーンのブームの操作で水平方向の位置を、補巻ワイヤーで上下の位置を定め、主巻きワイヤーの上下により網チェーンの絞り込み及び解放の操作を行う。また一般的なクレーンに改造等を施さずに装着可能であるため、通常のクレーンオペレータによる操作が可能である。

安全性・効率性の向上

従来のような、潜水士がワイヤー掛けする作業が不要となるので、作業の安全性および作業効率の向上が図られる。

種々の形状の物体回収への活用

ブロックだけでなく、種々の形状の海面浮遊物あるいは海底落下物等の回収作業への活用が期待出来る。

水深が深い場合、電動あるいは油圧駆動等による回収装置では耐圧構造が大きな課題となるが、本装置の場合は、水深、水圧に影響されない構造となっているので、大水深においても吊り上げるワイヤー長を伸ばすだけで対応可能となる。

### 3.4 既設ブロック撤去工事への活用事例

網チェーン回収装置について、浅海域の作業である既設消波ブロック撤去工事ではこれまで、表-1 に示すように4件の活用実績がある。

ブロック重量は2～25t、ブロック形状は4脚ブロック、

5m長10脚ブロック、破損ブロック等である。解放場所は海底、陸上及び台船上の各ケースがあった。

表-1 網チェーン回収装置によるブロック撤去実績

番号	年月	対象物(重量形状:回収数等)	解放	港名等
1	2003.6	2t 4脚ブロック:15個	海底	横須賀港 久里浜地区
2	2004.4	6.3t 型4脚ブロック:138個(6個破損ブロック)	陸上	島根県 河下港.
3	2008.5	12.5t -5m長10脚ブロック3個 10t -4m長8脚ブロック等4個	台船	青森県 鱒ヶ沢漁港
4	2008.8	25t 4脚ブロック:36個 (破損ブロック多し)	台船	北海道 留萌港

以下、各工事での活用の概要を記す。

#### (1) 2t 4脚ブロックの移設

網チェーン装置により実物のブロックを把持できることを確認するため実施した(写真-5,6)

ブロックは、2t 型4脚(レド)ブロックで実重量 1.84トンであった。10トン吊りラフタークレーンを用いて、装置の作動状況等を確認しながら慎重に約5時間を掛けて15個を移設した。そのうち脚が折れたブロックも1個移設した。吊り上げたブロックはクレーン旋回範囲内の近傍の海底面上へ解放した。



写真-5 2t用網チェーン装置による作業状況



写真-6 2t 4脚ブロックの吊り上げ

(2) 6.3t 型 4 脚ブロック撤去工事

6.3t 脚ブロック 139 個を特にトラブルもなく回収した。  
作業結果を表-2 に、状況を写真-7 ~ 12 に示す。

表-2 ブロック撤去作業結果

状況	本開発装置		従来人力工法		共通事項
		玉掛		玉掛	
海面上ブロック	1日目:8.0分/個 (30 個を 4.0 時)	無人	4.3分/個	2人	クレーンへの指示 岸壁上作業員 が無線で指示 玉出し作業
	2日目:6.7分/個 (67 個を 7.5 時)	無人			
海面下ブロック (視認可)	5.0分/個 (12個を 1時間)	無人	6.1分/個	潜水士 2人	平地にて。 作業員3人
海面下ブロック (視認不可)	7.0分/個 (30個 3.5時間)	無人	6.0分/個	潜水士 2人	クレーンへは潜 水士が指示



写真-7 6t用網チェーン式回収装置



写真-8 作業開始

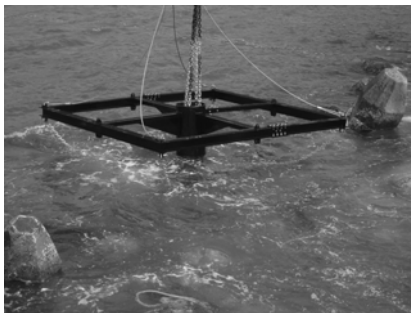


写真-9 作業開始後 10 秒



写真-10 作業開始後 50 秒



写真-11 作業開始後 60 秒



写真-12 破損ブロックの回収

(3) 12.5t型縦長5mブロック等の回収

5 mの縦長ブロック(コーケンブロック)等を台船上に回収した(写真-13~16)。網チェーンは2節の工事で用いた網チェーンを使用した。チェーンの強度は12.5 tプロ



ックでも対応可能な強度であったが、長さは 5m を想定していなかったため、枠を縦長の長方形枠として網チェーンがブロックにかかりやすいように改造して対処した。作業時間は約 3 時間であった。

ブロック回収内訳は下記のとおりである。

- ・ 6 脚-7.5t : 3m 長 : 1 個回収
- ・ 8 脚-10 t : 4m 長 : 3 個回収
- ・ 10脚-12.5 t : 5m 長 : 3個回収



写真-13 7.5t-3m 長ブロック回収



写真-14 10t-4m 長ブロック回収



写真-15 12.5t-5m 長ブロック回収



写真-16 台船上への回収及び解放

#### (4) 25t-4 脚ブロックの回収

対象はこれまでで最も重い 25t ブロックであり、破損ブロックが多く、折れた脚部がブロック間にあり、チェーンが掛かりにくい状況であった(写真-17)。

作業日数計 2 日(全日 1 日, 半日 2 日)にて 36 個のブロックを台船上に回収した(写真-18 ~ 20)。

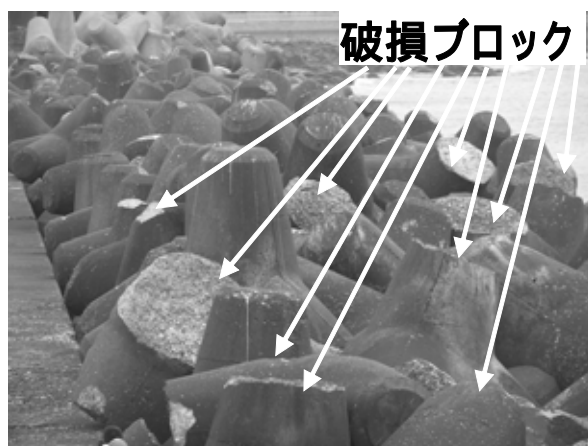


写真-17 25t4 脚ブロックの破損状況



写真-18 25t ブロックの回収作業



写真-19 25t 破損ブロックの回収作業



写真-20 25t ブロックの台船上への回収状況

#### 4. 大水深海域での適用を想定した模型実験

##### 4.1 模型実験の目的

網チェーン回収装置は、対象物の凸部に網チェーンの網目を掛けて対象物を拘束して吊り上げるものである。そのため網目が対象物の凸部に掛かるように装置の水平位置を制御する必要がある。必要となる水平方向の位置制御精度は、対象物の形状等にもよるが概ね対象物の大きさ（幅、長さ等）の数分の1程度である。高さ約2mの6.3t型4脚ブロックでは、0.5m程度の精度が必要となる。

大水深海域での活用を想定すると、本装置は船からワイヤーで吊り下げた状態で運用するため、特に強潮流域では網チェーン回収装置の水平方向の位置を制御して対象物の上に覆い被せることが課題となる。

その対応策として、網チェーン部の一部を海底に接触させることで動揺を抑制して静止させ、静止した位置から対象物の方向へ母船を移動させることにより対象物に接近させる。海底との摩擦力は、吊りワイヤーを上下さ

せることで海底に接する網チェーン部の長さを制御することで調整可能である。対象物に遭遇せず通り過ぎた場合には、母船を停止して、その位置から再び対象物の方向へ母船を移動させて対象物に網チェーンを被せることとする。

このような運用方法による水平方向の正確な位置制御の有効性を確認するために模型実験を行った。

##### 4.2 模型実験の方法

高さ6cm縮尺1/32の消波ブロック模型を高さ10mの高さに位置するクレーン模型を操作して回収する模型実験を実施してその有効性を確認するものである。

高さ10mは、模型縮尺からは300mに相当する高さである。実験棟の室内の諸機材昇降用エレベータシャフトを利用して、3階フロアにトラッククレーン模型を設置した（写真-21）。1階フロアの床面に、高さ6.6cm、重量約184g、6.3t脚消波ブロックの縮尺1/32模型を乱積み状態に設置した（図-3）。1階フロアより、無線により3階のトラッククレーンのクレーンブームの延伸、旋回、上下及び吊りロープの巻き上げ下げを操作した。

##### 4.3 模型実験の結果及び考察

通常の0.2m高さにおけるブロック回収時間効率1.3分/個に対し2.9分と時間はやや要するが、チェーン下部を床面に接触させることで揺れを抑制して水平方向に1-2cm程度の精度での位置制御ができ、ブロック模型回収は十分可能であった（図-4）。

この結果より、網チェーン部の一部を海底に接触させることで動揺を抑制して静止させる方法が有効であることが確認された。

縮尺を考慮して実海域での有効性について検討する。

模型実験において、装置の水平方向の動揺の起振力は、網チェーン装置の重量  $M$  と装置を吊すワイヤーの鉛直方向との傾き  $\theta$  との積  $M\theta$  で表される（図-5）。動揺を抑制する網チェーンと床との摩擦力は、チェーンの単位長さ当たりの重量を  $m$ 、チェーンと海底接触部の総延長を  $l$ 、チェーンとブロックとの摩擦係数を  $\mu$  とすると、摩擦力は、 $ml\mu$  で表され、

$$M \Rightarrow m l \mu$$

が成り立つ。なお、ここでは、潮流等による網チェーン装置への抵抗については考慮していない。もし、潮流等によりその力が装置に作用する場合には、その力のベクトルと  $M\theta$  の力のベクトルの合力と海底との摩擦力が釣り合うようなチェーンと海底との接触部長さの状況で、網チェーン装置の動揺は抑制される。潮流力が一定の場

合には動揺の大きさには影響しないが、時間的に大きく変動する場合には影響することになる。

模型の縮尺を  $1/n$  とする。実際の海底での諸元を「 $\mu$ 」を付けて表現する。

実海域での動揺起振力は、

$$M' = n^3 M$$

一方、海底との摩擦力  $m'l'\mu'$  は、

$$m'l'\mu = n^3 m'l\mu$$

となり、動揺起振力及び海底摩擦力とも  $n^3$  倍となり釣り合うこととなる。

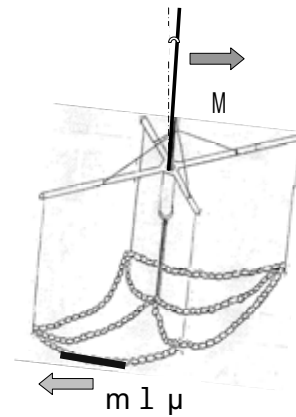


図-5 網チェーンの海底接触による動揺抑制



写真-21 10m 高さからのブロック模型回収実験

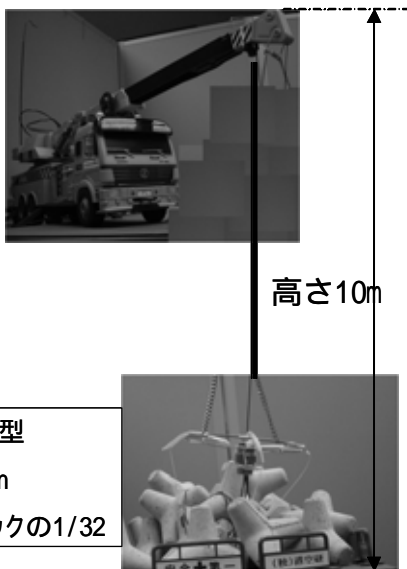


図-3 10m 高さからのブロック模型回収実験側面図

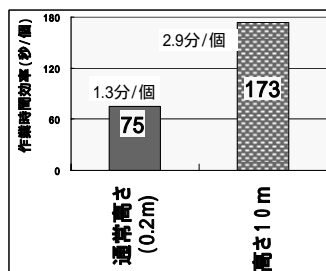


図-4 10m 模型実験結果

## 5. 水中翼回収作業 (その1)

### 5.1 潜水士作業の限界と活用の経緯

高速船の水中翼が事故により船体から離れ海底に落下した。対象海域は水深 180m と深く潮流も大きいため潜水士による回収は困難な状況であった。

一般に潜水士による圧縮空気を呼吸ガスとする水中作業は、通常水深 60m 程度までとされている。それより深い水深では、呼吸ガスとしてヘリウム酸素混合ガスを使用する潜水（飽和潜水）か大気圧潜水器の使用が考えられるが、潮流 0.5kt 以下でなければ作業は困難である。

そのため、引き揚げ作業を行うサルヴェージ会社より、網チェーン式回収装置の活用の要請があった。

### 5.2 水中翼回収作業

2007年7月22日、日本海の南西海域にて回収作業が行われた。回収装置の吊り枠に水中カメラ及び水中位置計測装置が搭載され、作業台船から回収装置を海底に吊り降ろす形で行われた(写真-22～24)。作業台船は、長さ 80m、幅 26m、深さ 5m で、DPS（自動船位維持装置）を装備している。網チェーンは、水中翼の重量が 6t 未満のため 3 章 2 節のブロック撤去工事に用いたものが使用された。吊り枠は新たに製作された。

海底に到達後、回収装置の水平位置の制御は、作業台船の位置を制御することにより行われた(図-6)。水中翼の位置座標は、事前に水中位置計測装置及び水中カメラを搭載した ROV による調査において、GPS（汎地球測位システム）による作業台船の位置座標及び作業台船と ROV の相対位置座標から求められていた。

その位置座標を目標として、回収装置を作業台船が引きずるような形態で移動させた(図-7)。



写真-22 計測装置の搭載

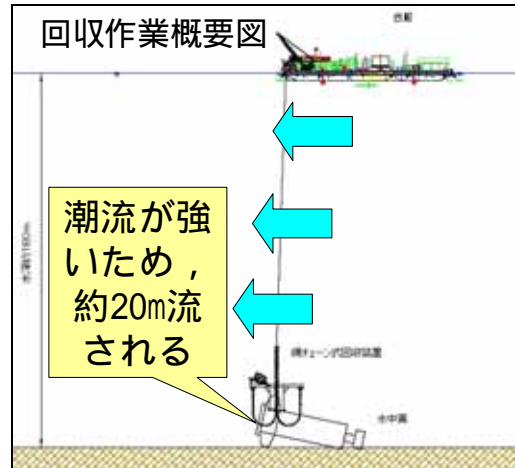


図-6 作業概要図



写真-23 作業台船



写真-24 降下中の状況



図-7 海底移動航跡図



写真-25 水中翼と遭遇時の状況



写真-26 水中翼の拘束状況



写真-27 海中引き揚げ時の状況



写真-28 海面上への引き揚げ（その1）



写真-29 海面上への引き揚げ（その2）



写真-30 海面上への引き揚げ（その3）



写真-31 船上への回収

潮流のある状態では、単に吊り下げただけの状態では水深 180mにある回収装置は約 20m程度流され、長い振り子のように振れるため水平位置を正確に制御するのは困難であった。しかし、回収装置の網チェーンの部分を海底に接触させることで、揺れの抑制が可能となる。回収装置の海底での位置座標を船上の位置座標表示モニター画面で確認し、その位置から目標とする水中翼の方向へ作業台船を移動させることで、回収装置も網チェーンの一部を海底へ接触させながら引きずられるような状態で移動する。海底と接触する網チェーン部の長さが長すぎると摩擦抵抗が大きすぎて回収装置は動かず、短すぎると抵抗が小さくて揺れが止まらずに位置制御が困難となるが、繰り出す吊りワイヤーの長さを操作することで、網チェーンが海底に接する長さを調整することが可能である。

図-7の回収装置の海底の移動航跡図において、印が事前調査結果による水中翼の位置座標である。この印を目標に、海底上の回収装置を移動させて探査した。探査した順番に、ラインに番号と探査方向を示す矢印を記す。探査作業に慣れるに従って回収装置の位置制御精度も向上し、約 1m程度の精度での制御が可能であった。探査ライン6では、印の目標位置の直上を通過しているにもかかわらず、水中翼を確認できなかった。その後探査を続け、探査ライン9の印において、水中翼を回収装置に搭載した水中カメラで確認することができた。

水中翼を水中カメラの画像で確認してから約 20分後に水中翼を網チェーンによりしっかり掴んだ(写真-25)。そしてその 25分後には作業台船上に引き揚げられた(写真-26)。回収された水中翼は、重量 4t、長さ 6.3mであった(写真-27～31)。

以下に主な作業の時間経緯を記す。

- ・ 9 : 0 0 網チェーン回収装置を海中へ降下。
  - ・ 9 : 3 0 頃 水中翼の搜索開始。
- (昼休み約 1 時間を含む)
- ・ 1 2 : 4 5 水中翼を発見。
  - ・ 1 3 : 0 5 水中翼を網チェーンで拘束。  
引き続き、引き揚げ作業開始。
  - ・ 1 3 : 3 0 水中翼を作業台船上に回収。

### 5.3 海底での網チェーン装置の移動

網チェーン回収装置が海底に着底した位置は、海中に降ろした位置から約 20m 流されていた。水深は約 180m であったことから、潮流等により網チェーンに作用していた力は、網チェーン装置の水中での重量(約 0.5t)の  $1/9 (= 20/180)$  の力が作用していたと考えられる。

海底着底後、作業台船が目標物の水中翼の方向へ向けて移動する際の網チェーン回収装置の状況は、進行方向に対して左右の方向には、全く揺れることなく安定していた。進行方向に関しては、約 1m 前進しては、約 0.5m 後進するような揺れを約 7~8 秒の周期で繰り返しながら移動していた(写真-32)。これは、海面上の作業台船が波によるヒービング(上下動)及びピッチング(前後方向の回転振動)による吊りワイヤーのワイヤー方向の縦揺れによるものと考えられる。

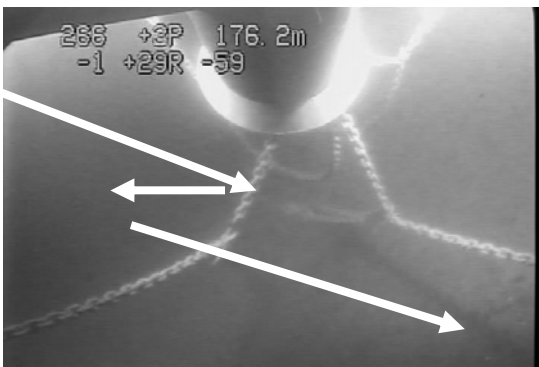


写真-32 海底面上での網チェーン装置の移動

## 6. 水中翼回収作業(その2)

再度、海底に落下した水中翼の回収作業に、網チェーン回収装置活用の要請がサルヴェージ会社からあった。2008年6月5日、場所も前回とほぼ同様の日本海の南西海域で、回収作業が行われた。

使用機材、作業形態は基本的には前回と同様であるが、今回は海底で水中翼を探すのに水中ソナーが網チェーン回収装置の吊り枠の上に搭載された。水中ソナーは半径 50m 以内に水中翼があればリアルタイムにその方位と距

離を確認する事ができる。ただし、水中ソナーは海底から約 2.5m の高さに位置しているため、足元近くの距離 10m 以内になると探査ビームの走査角度幅の外となり、確認ができなくなる問題点があった(写真-33)。

潮流が強く網チェーン回収装置は、作業台船から後方へ約 60m 流されていた。また今回は視界が悪く水中カメラから 1m 程度の範囲しか視認できない状況であり、水中ソナーも 10m の範囲内では探査ビーム範囲外のため、手探りの状況での探査であった。そのため探査には時間を要したが、着底の 50 分後には、水中翼に網チェーンを掛けることができ、吊り上げを開始することができた(写真-34)。回収された水中翼は重量約 7t、長さ約 5m であった(写真-35)。

1 回目の回収作業と比較すると、水深は同程度の 180m であったが、潮流が強く 1 回目では潮流により回収装置が流された距離が 20m に対し、2 回目は 60m と 3 倍であった。また、濁りのため水中カメラの視界も悪く 1 回目の 2-3m に対し 2 回目は 1m 程度と悪かった。しかし、このような悪条件にも関わらず、新たに水中ソナーを搭載した効果により水中翼を回収できたといえよう。

以下に主な作業の時間経緯を記す。

- ・ 1 9 : 0 0 網チェーン回収装置の海中降下開始。
- ・ 2 0 : 0 0 着底。水中ソナーを用いて水中翼の搜索を開始。
- ・ 2 0 : 2 3 水中ソナーにより水中翼を確認。  
水中翼の方向へ移動。水中翼から 10m の範囲内に入ると水中ソナーには反応しなくなり、手探り状況で探査。
- ・ 2 0 : 4 6 網チェーンに張力反応あり。水中カメラで辛うじて水中翼の一部を視認。水中翼を網チェーンで拘束。
- ・ 2 2 : 0 0 水中翼を作業台船上に回収。



写真-33 水中ソナーの画像

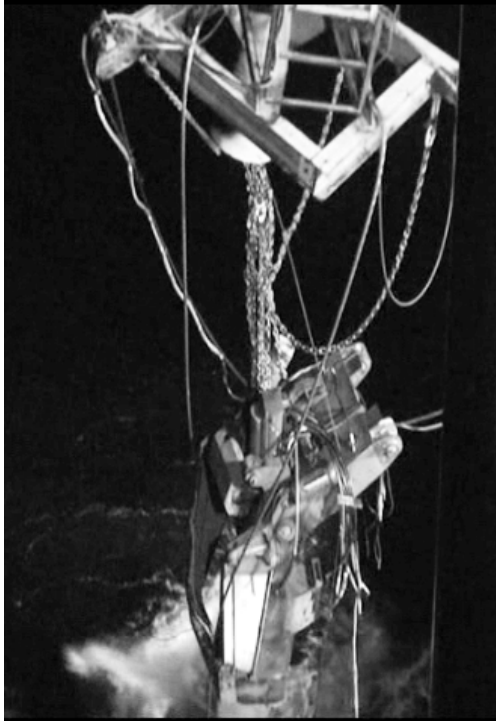


写真-34 水中翼の引き揚げ

#### 謝辞

水中翼の回収作業に関しては、回収作業を実施した日本サルヴェージ(株)より、データ・資料等を提供いただいた。ブロック撤去工事においては各工事関係者の方々に協力をいただいた。またこれらの活用実績等により、本装置は第10回(平成20年度)国土技術開発賞(入賞)を受賞しました。ここに、関係各位に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 野口仁志: ブロック移設作業の無人化・効率化を目的とした網チェーン式ブロック移設装置の開発, 土木学会論文集 F, Vol.63 No.1, pp.131-140, 2007.
- 2) 野口仁志: ブロック移設作業の無人化・省力化を目的とした網チェーン式ブロック移設技術の開発, 港湾空港技術研究所資料, No.1098, pp.1-16, 2005.
- 3) 野口仁志: 軽量型網チェーン式ブロック移設装置の開発, 港湾空港技術研究所資料, No.1063, pp.1-15, 2003.
- 4) 「えひめ丸」衝突事故の概要, 外務省ホームページ <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/usa/hawaii01/ugoki.html>, 2002.



写真-35 回収された水中翼

## 7. まとめ

本研究で得られた主な成果を下記にまとめる。

- ・網チェーン回収装置は、潜水士等の支援を必要とせずに対象物を掴み上げることができ、既設ブロックの撤去においては、2~25tブロックまでの数件の実績がある。
- ・強潮流域下の大水深海域での適用においては、水平方向の位置制御を網チェーンの一部を海底に接触させて動揺を抑えるという簡易な運用方法によって対応可能であることが、2回の水中翼の回収に成功したことで実証された。

(2009年4月22日受付)