

## 10. 潜水調査船着水揚収システムの開発研究(第3報), —着水揚収用吊揚金具の試作試験—

高川 真一\*<sup>1</sup> 徳永 三伍\*<sup>1</sup> 岡田 光豊\*<sup>1</sup> 對馬 克己\*<sup>1</sup> 渡辺 和男\*<sup>2</sup>

2,000 m 潜水調査船の支援母船に装備される着水揚収装置の吊揚索の先端には、ガイド索に沿って自重で降下し、潜水調査船の上部に設けたオス金物に自動的に嵌合する吊揚金具が取り付けられている。この自動装着式吊揚金具を設けた理由は、ダイバー作業の軽減と安全確保をはかるためである。

このような吊揚金具は、他に実例がないことから、実物大の吊揚金具を試作し、自動嵌合性能および操作性能を強制動揺している着水揚収装置および潜水調査船の模擬模型を用い、実機レベルで確認した。

その結果、潜水調査船の上部に装備されるオス金物の形状、吊揚金具の適切な重量、動揺中の方が嵌合性能がすぐれていること、さらには取外し要領などに関する設計データが得られ、この吊揚金具が実機に十分使用できることを確認した。

### Development of a Launch and Retrieval System for a 2,000 m Deep Submergence Research Vehicle (Report 3), Static and Dynamic Test of the Self-Mating Device Using a Full-Scale Model

Shinichi Takagawa\*<sup>3</sup>, Sango Tokunaga\*<sup>3</sup>, Mitsutoyo Okada\*<sup>3</sup>,  
Katsumi Tsushima\*<sup>3</sup>, Kazuo Watanabe\*<sup>4</sup>

The self-mating device provided at the end of the lift line is a part of the launch and retrieval system installed in the support ship.

This mating device is designed to slide down along the guide line and mates with the male device installed on the top of the submersible vehicle. Hence, divers can work easily and safely on the submersible.

However, since there was no data on this type of device, we have manufactured it in full-scale and carried out an experiment concerning its mating and handling performance using the simulated model which was composed of a launch and retrieval system.

The simulated model was separately oscillated by the hydraulic cylinder.

As a result of this test, we obtained data concerning the shape of the male device, suitable weight of the self-mating device and its handling

\*<sup>1</sup> 深海開発技術部

\*<sup>2</sup> 川崎重工業株式会社神戸造船事業部

\*<sup>3</sup> Deep Sea Technology Department

\*<sup>4</sup> Kobe Works, Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

method.

Moreover, we confirmed that this device is useful for the actual launch and retrieval system.

## 1. ま え が き

2,000m潜水調査船支援母船では、着水揚収装置の吊揚索先端の大きな金具を潜水調査船に装着する作業がある。この場合にダイバーへの危険を回避し、作業を安全にするため、ガイド索に沿って自重で降下し、潜水調査船の吊金物に嵌合する自動装着式吊揚金具を採用<sup>1)</sup>している。

しかし、この種の吊揚金具は、他に実例がないことから、本試験では、実物大の吊揚金具を試作し、自動装着式吊揚金具の嵌合性能および操作性などを確認し、実機製作のための設計資料を得ることを目的とし、静的嵌合試験および動的嵌合試験を実施し、所期の成果を得ることができた。

なお、本試作試験にあたっては、“潜水調査船開発研究会”の委員各位に適切なお助言、ご指導を得たことに対して、深く謝意を表する次第である。

## 2. 吊揚金具の概要

### 2.1 構造

本金具は、図1の組立図に示すように、円筒形の外筒の内側に6枚の吊揚爪がばねで突出する構造とし、潜水調査船側に装備する円錐形の吊金物を引掛け、潜水調査船を吊揚げるものである。

潜水調査船揚収時は、母船側のペンダントフレームから潜水調査船側の吊金物へは、この間を結んだガイド索（6mmφワイヤロープ）に沿って自重落下し、吊金物に爪が嵌合する構造とし、人力を要しないものである。

また、潜水調査船発進時は、爪を起す金物をピンで固定しているため、ダイバーがこのピンを抜くことによって爪が起立し、潜水調査船側の吊金物から離脱するようになっている。

なお、吊揚金具を装着した状態のとき、ホイスティングケーブル（直径85mmφテトロン・ナイロン索）の張力がゆるんでも転倒せぬように、吊揚金具と潜水調査船側の吊金物との嵌合部の隙を極力小さくしている。

### 2.2 装着要領およびプロセス

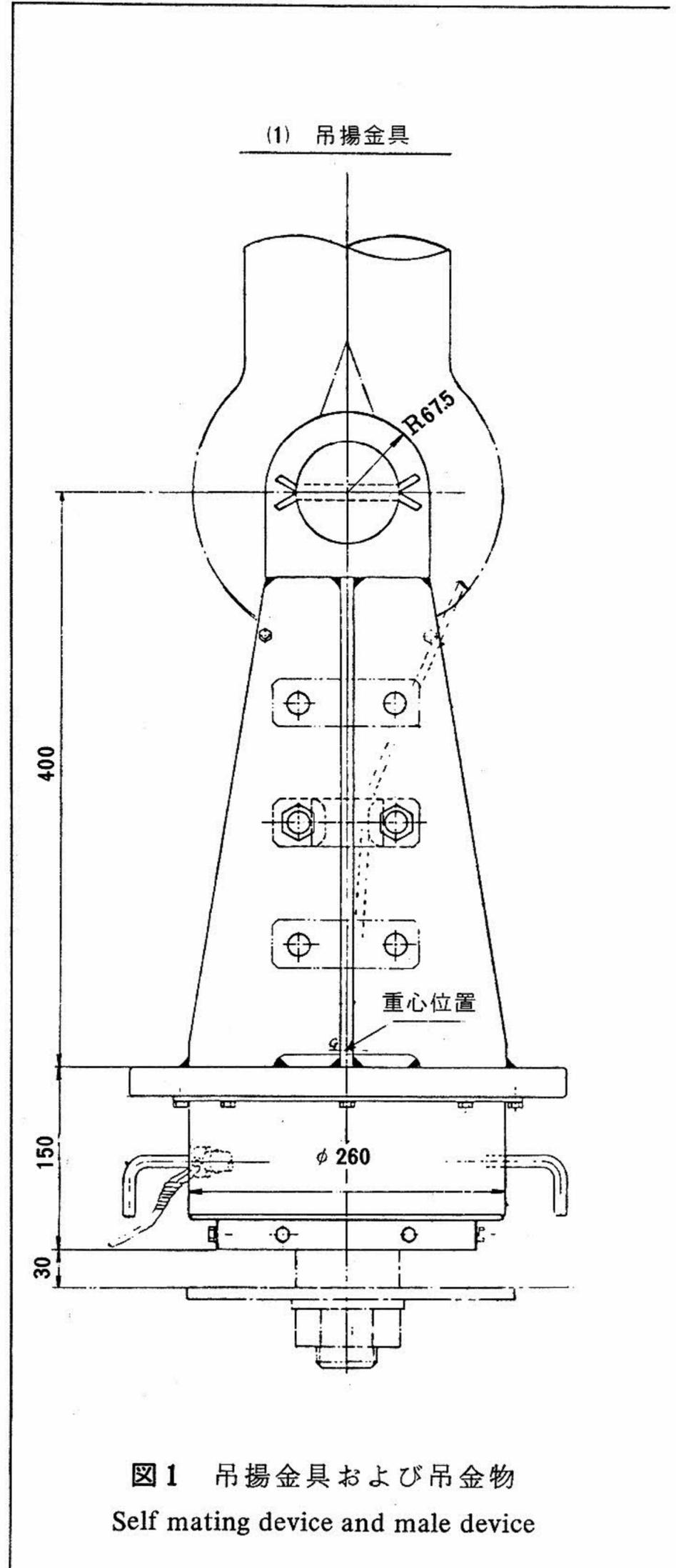
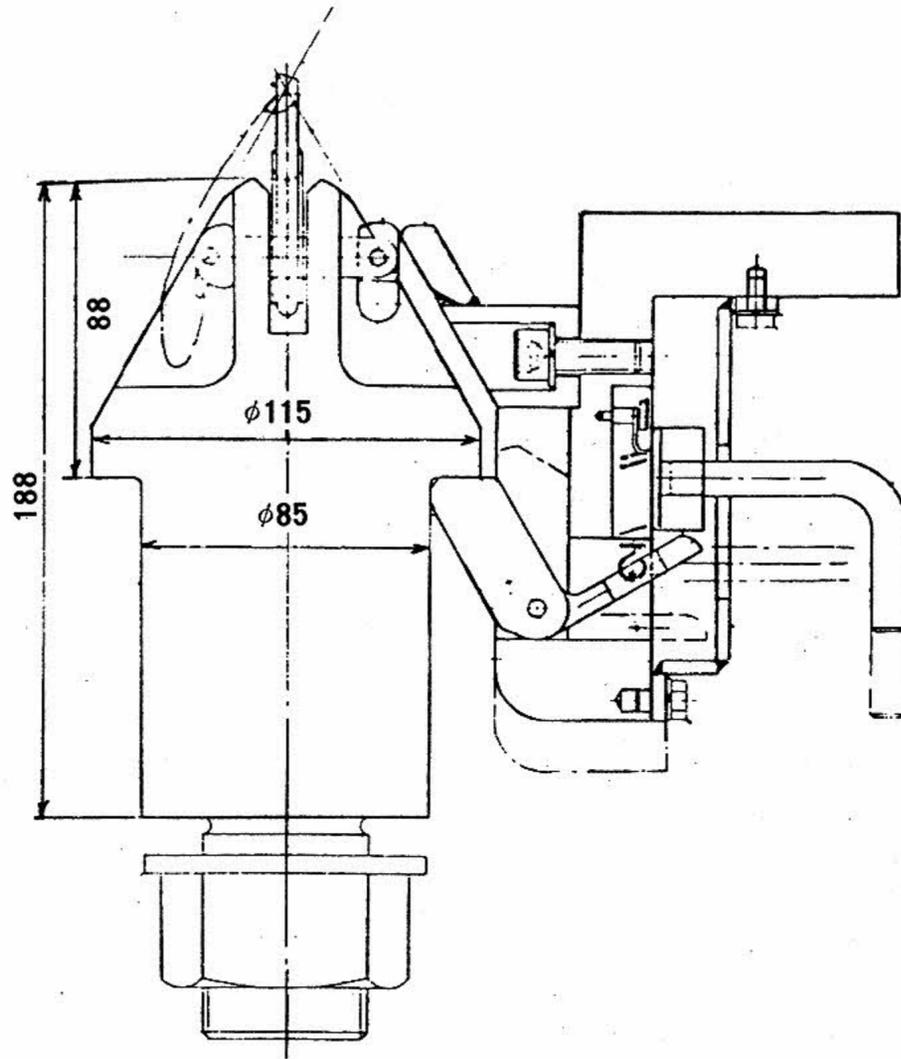
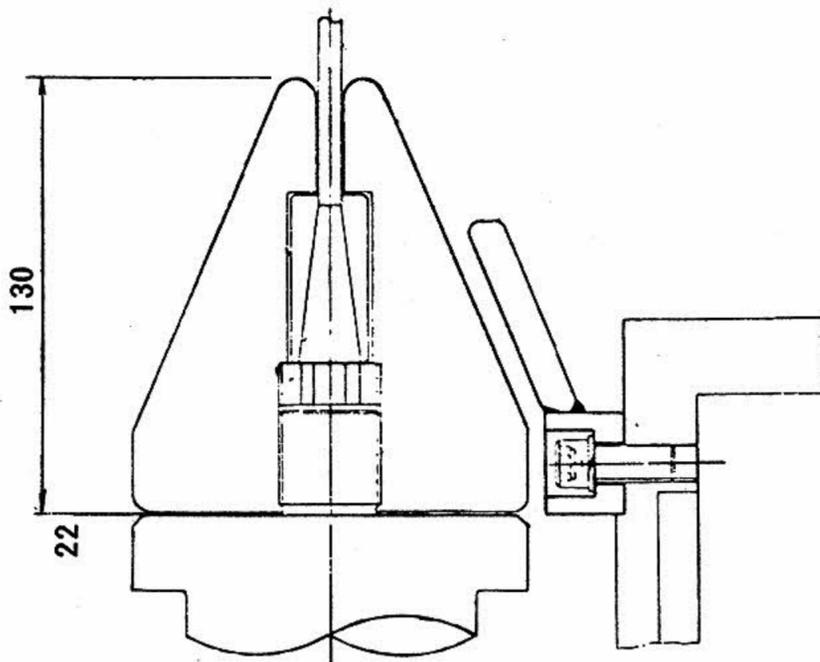


図1 吊揚金具および吊金物  
Self mating device and male device

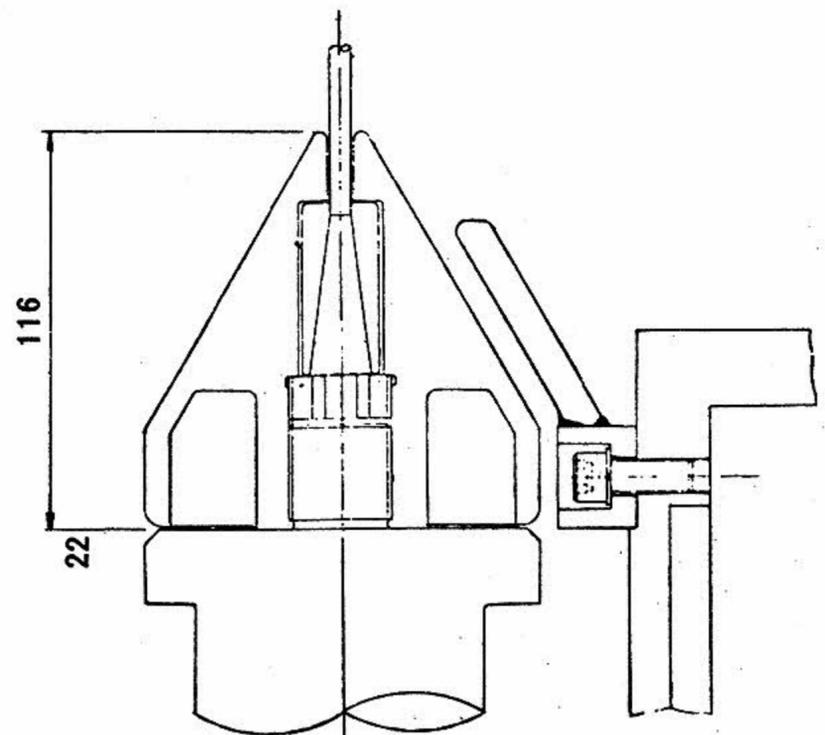
(2) 60°トゲルピン型吊金物



(3) 45°ネジ込み型吊金物



(4) 60°ネジ込み型吊金物



- (1) ダイバーが潜水調査船にガイド索を取付ける。
- (2) ガイド索にオートテンションをかける。
- (3) 吊揚索をホイストウインチで巻出し、吊揚金具をガイド索に沿って降下させる。
- (4) 吊揚金具が潜水調査船側吊金物に到達し、吊揚爪が1枚ずつ吊金物に嵌合し始める。
- (5) 吊揚爪6枚とも吊金物に嵌合し、吊揚金具装着が完了となる。

図2は吊揚金具装着要領図、図3は吊揚金具装着プロセスを示す。

### 2.3 供試吊揚金具

吊揚金具の供試品は、写真1でわかるように、実物大とし、実機と同一の構造並びに材質とした。なお、材質は軽量化をはかるため、比強度の大きなチタン合金(6Al-4V-Ti)を採用した。

主要目:

- (1) 吊揚荷重; 20 t
- (2) 型式; 自動装着式(スプリング起倒式吊揚爪内蔵)
- (3) 寸法; 高さ = 617.5 mm  
直径 = 360 mmφ
- (4) 重量; 47 kg
- (5) 材質; チタン合金(6Al-4V-Ti)

### 2.4 潜水調査船側吊金物

吊揚金具を装着する潜水調査船側の吊金物として、図1でわかるように、つぎの3種類を製作した。

- (1) 45°ねじ込み型吊金物
- (2) 60°ねじ込み型吊金物(写真2参照)
- (3) 60°トグルピン型吊金物(写真3参照)

ここで吊金物の頂角を45°および60°を選んだ理由は、頂角の小さい方が嵌合性能が良いが、

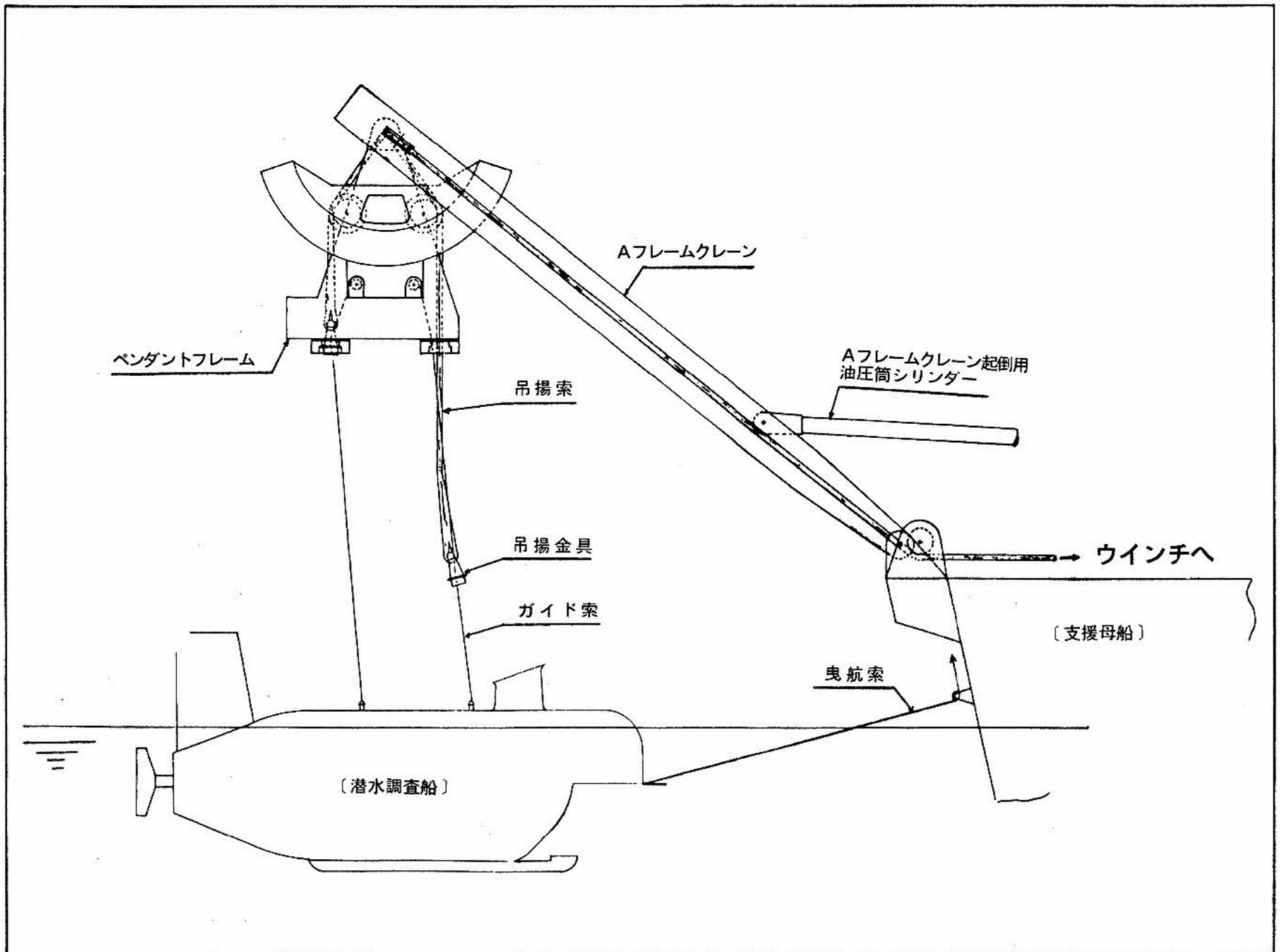


図2 潜水調査船揚収要領図

Retrieval procedure for deep submergence research vehicle

實際上、頂角の相違によって嵌合性能に変化があるか否かを確認するためである。さらに吊金物の先端を鋭角とするためには、ガイド索取付方法がソケットタイプで、吊金物の潜水調査船側取付がねじ込み型となるが、これが嵌合性や操作性にどのように影響するかを調査する。

また頂角60°で、ダイバーのガイド索取付作業性を安全とする目的で、吊金物先端に丸みをつけてトグルピン型とし、吊金物先端の丸みとトグルピンの出張りが、嵌合性能へ影響があるかを調査する。

以上の調査目的から、吊金物の形状を上記の3種類とした。

### 3. 試験装置および試験要領

#### 3.1 試験装置

吊揚金具試作試験装置は、潜水調査船模型、着水揚収装置ペンダント部模型、吊揚索巻取巻出用ウインチおよびオートテンション式ガイド

索から構成される。さらに試験装置は、次に示すように、静的な傾斜嵌合試験、動的な嵌合試験の双方ができるようになっている。

- (1) 潜水調査船模型を前後にスライドでき、母船と潜水調査船との相対位置を変えることができる。
- (2) 潜水調査船および母船が波浪中で動揺している状態での装着状況をシミュレートするため、潜水調査船模型をピッチング、またはローリングさせることができ、着水揚収装置ペンダント部を上下動揺させることができる。
- (3) ガイド索の張力は重錘で調整し、一定の張力が維持できる。

本試験装置の全景を写真4、組立図を図4に示す。

#### 3.2 試験要領

試験要領は表1に示すとおりである。

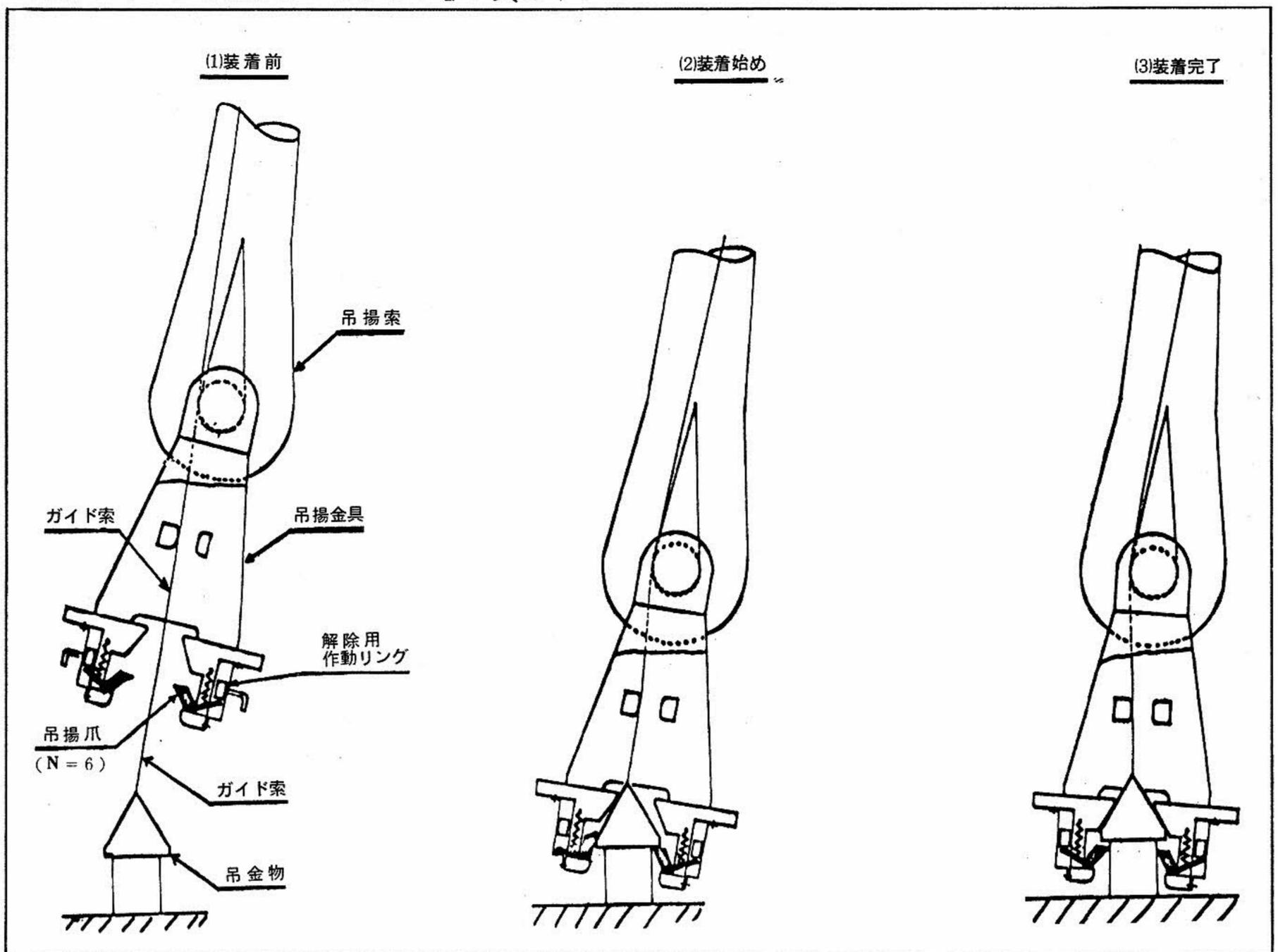


図3 吊揚金具装着のプロセス  
Mating process of self mating device

表1 試験要領

Procedure of mating test

試験項目	試験内容	試験ケース
静水中 (模擬) 装着試験	吊金具形状 選定試験	吊金物形状 (1) 60° トグルピン型 (2) 60° ねじ込み型 (3) 45° ねじ込み型 ガイド索角度 0°~25° (5°ごと)
	ガイド索張力試験	ガイド索張力 100 kg, 200 kg, 300 kg ガイド索角度 0°~25° (5°ごと) 吊金物 ; 60° トグルピン型
波浪中 (模擬) 装着試験	潜水調査船 動揺試験	潜水調査船の動揺 : ピッチング ; 振 幅 周 期 ± 6° 6 s ± 8° 6 s ± 15° *1) 6 s ローリング ; ± 8° *1) 6 s ガイド索角度 ; 0°~25° (5°ごと) ガイド索張力 ; 200 kg 吊 金 物 ; 60° トグルピン型
	母船動揺試験	母船 (ペンダント部) の動揺 上下動揺 振 幅 周 期 ± 1.0 m *2) 6 s ガイド索角度 ; 0°~25° (5°ごと) 吊 金 物 ; 60° トグルピン型 200 kg

\*1 動揺振幅は“シーステイト4”の1時間に1回あたりの最大期待値相当である。

\*2 動揺振幅はヒープ動揺には潜水調査船模型を吊揚げる心配のない振幅とした。

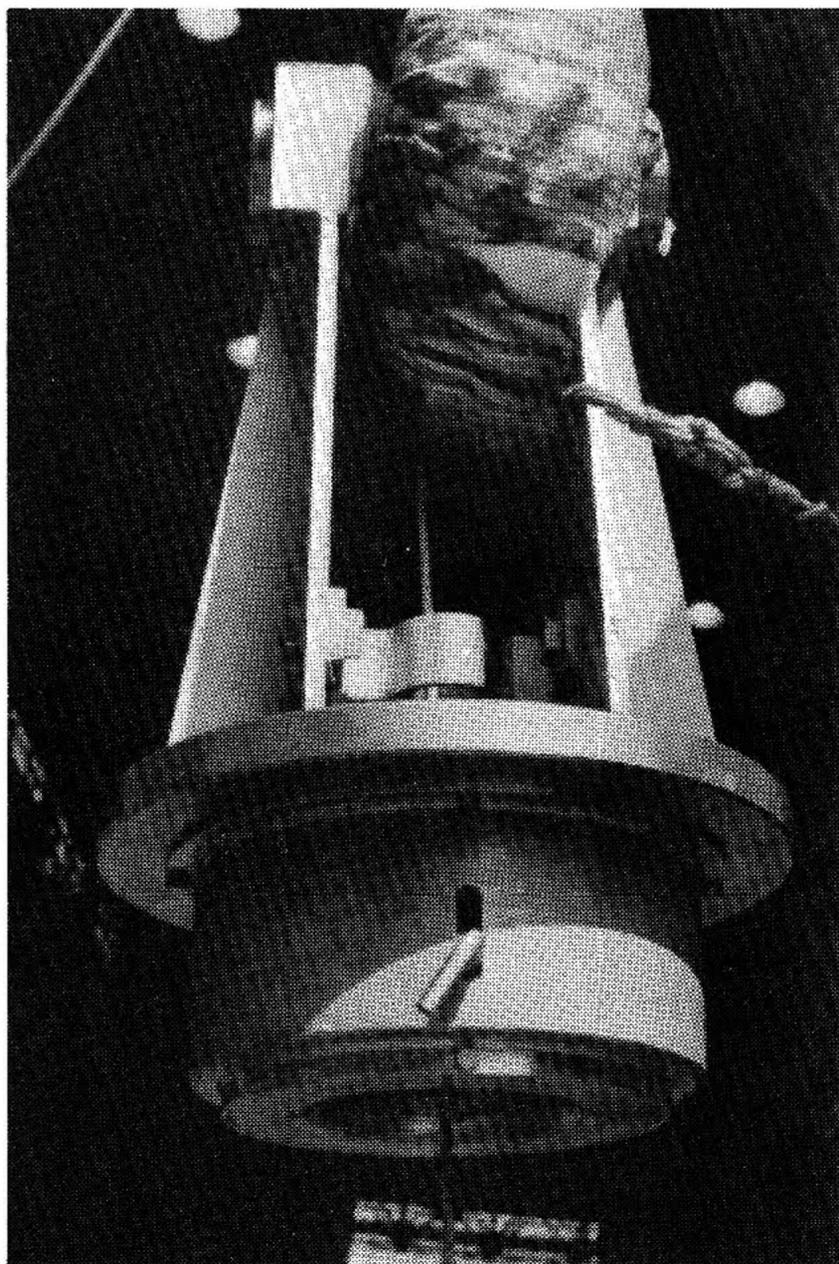


写真1 供試吊揚金具  
Self mating device

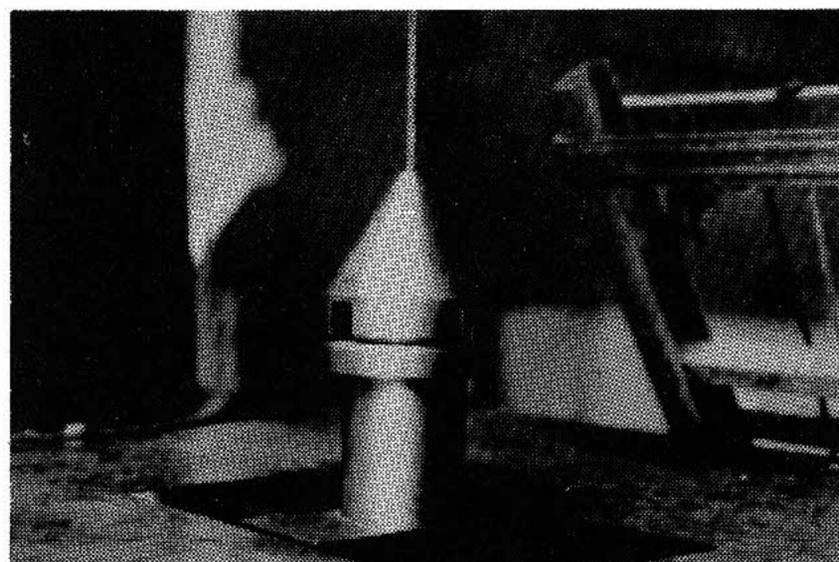


写真2 60°ねじ込み型吊金物  
Male device of screw type (60 degrees cone angle)

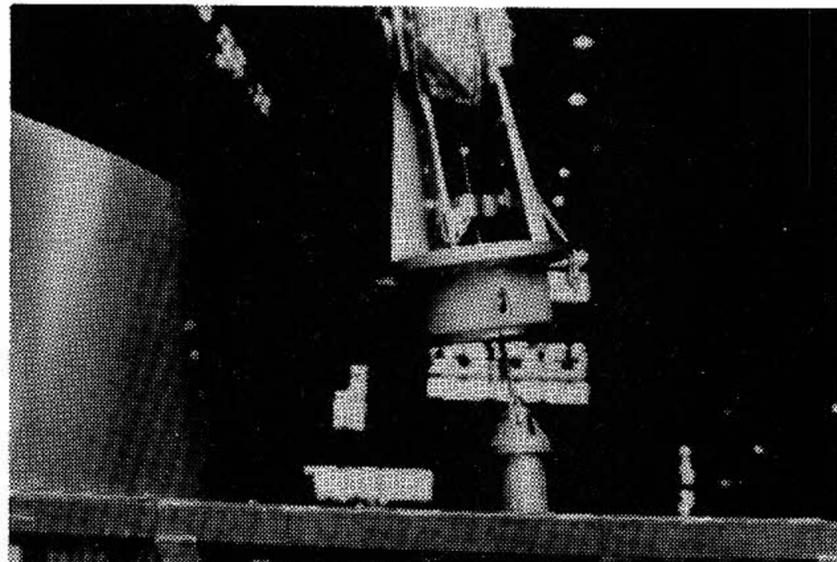


写真3 60°トグルピン型吊金物  
Male device of toggle pin type  
(60 degrees cone angle)

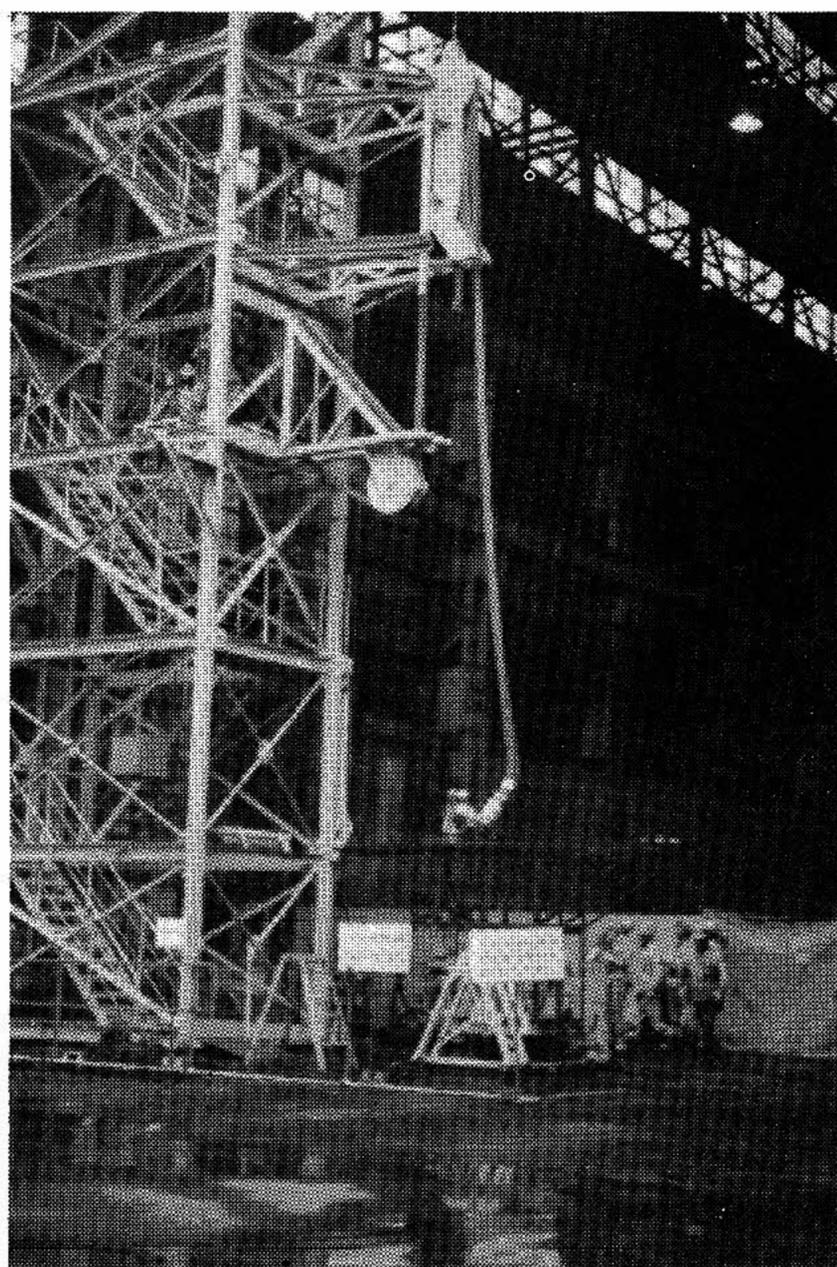


写真4 試験装置全景  
View of test machine

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 静水中（模擬）装着試験

##### 4.1.1 吊金物形状選定試験

図5に示す試験結果から吊金物の形状（3種類）の相違による嵌合率は、ガイド索角度 $10^\circ$ までは全く変わらない。角度 $10^\circ$ 以上では若干の変化を生じ、 $45^\circ$ ねじ込み型はガイド索角度 $20^\circ$ 、 $60^\circ$ ねじ込み型では $25^\circ$ で、嵌合率がゼロとなっている。 $60^\circ$ トグルピン型は、角度 $25^\circ$ でも嵌合しており、大角度での嵌合が良いといえる。

さらに実船でダイバーのガイド索取付作業を考えれば、ねじ込み型の場合は、潜水調査船の動揺中に吊金物をねじ込んでガイド索を取付る

ことになり、作業が困難かつ危険となる。これらに比べ、トグルピン型はガイド索を迅速かつ容易に取付けることができ、作業性も良く安全である。

また本試験によって、 $60^\circ$ トグルピン型吊金物先端には少し出張りがあるが、これは吊揚金具の嵌合には影響なく、実船への採用が可能であることがわかった。

##### 4.1.2 ガイド索張力試験

ガイド索張力試験の結果は図6および図7に示す。

ガイド索張力が $100\text{ kg}$ （吊揚金具重量の約2倍）以上であれば、ガイド索角度 $5^\circ$ まで自動的に完全嵌合することがわかった。しかし、

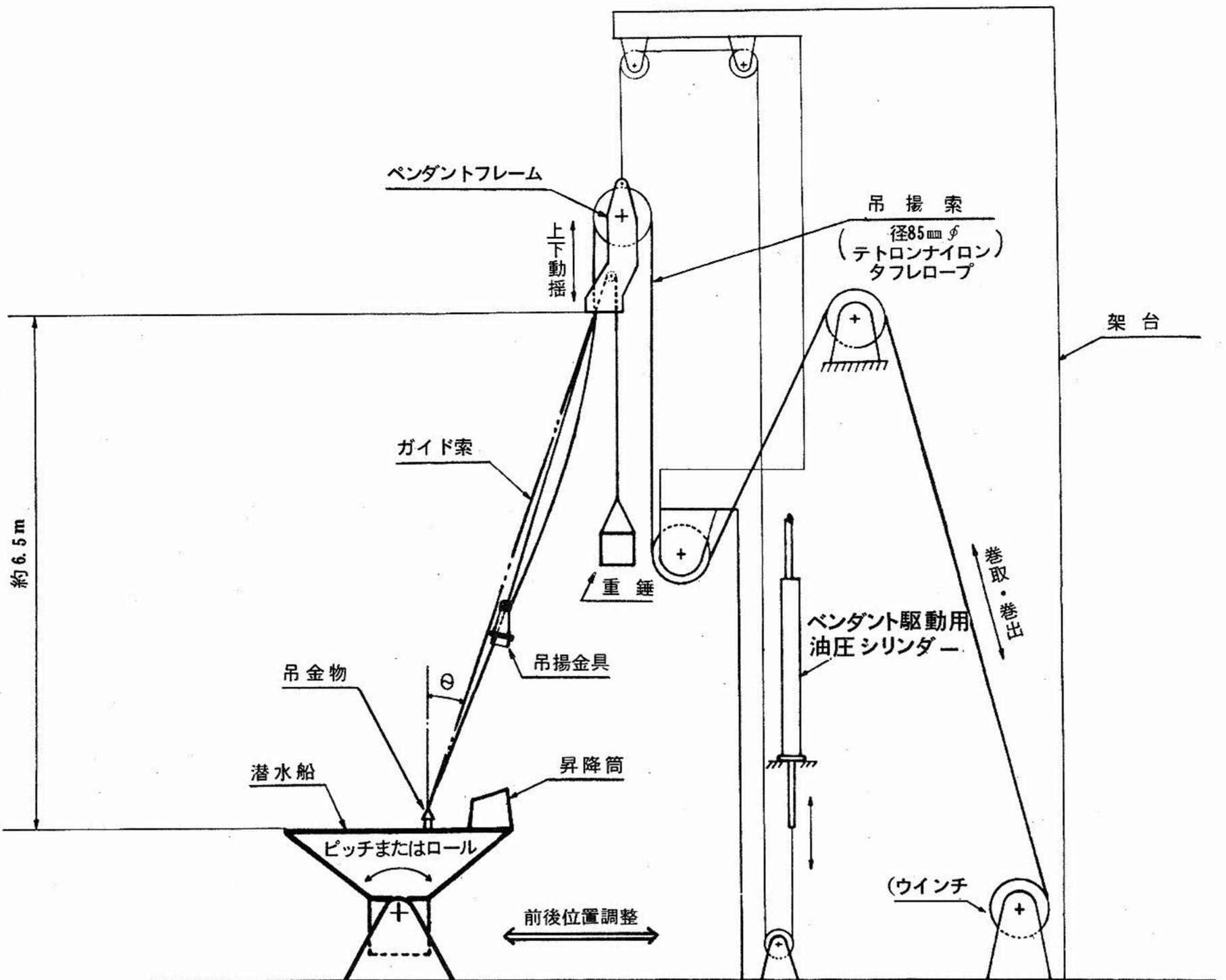
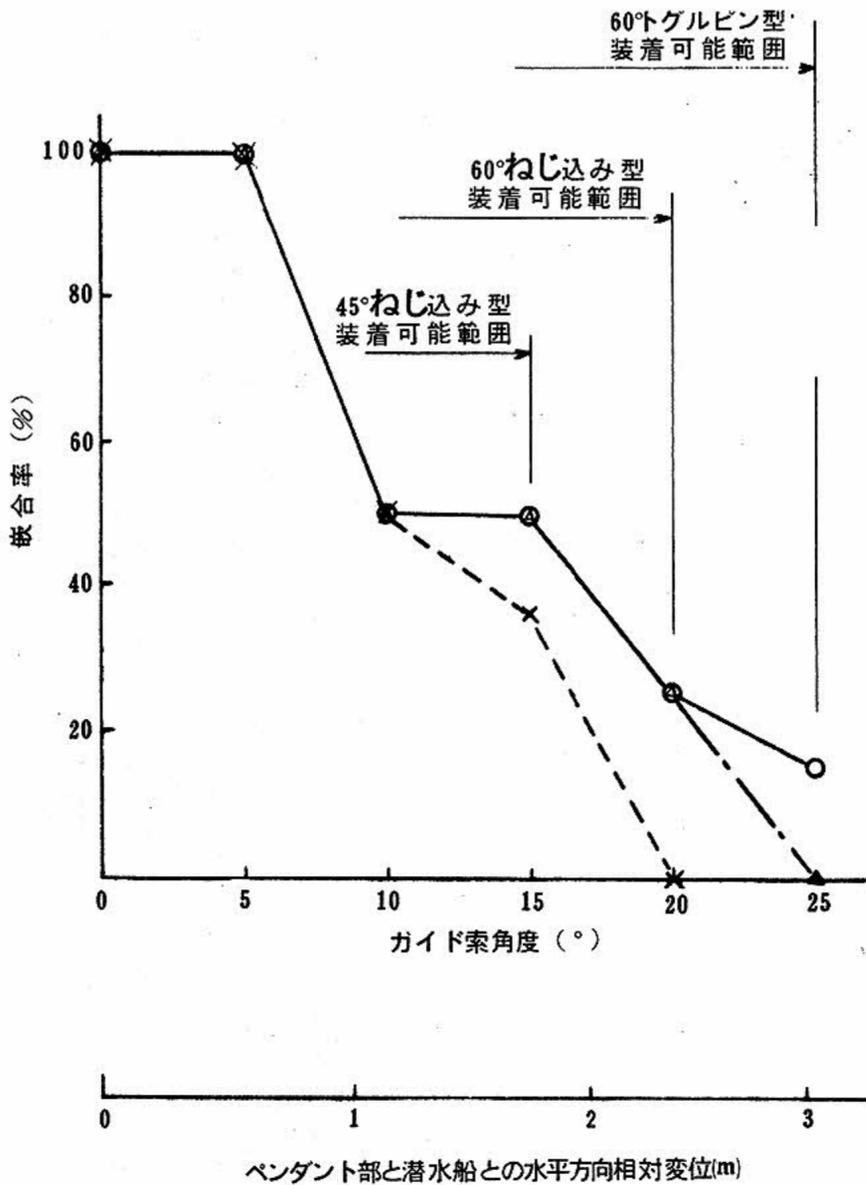


図4 吊揚金具装着試験装置  
Test machine for self mating device



吊金物形状別：

- 60トグルピン型,
- △---△ 60ねじ込み型,
- ×-----× 45ねじ込み型

$$\text{嵌合率}(\%) = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{6n} \right] \times 100$$

n = 試験回数 (各 5 回) ,

N<sub>i</sub> = 嵌合した吊揚爪数

ガイド索張力 ; 200 kg

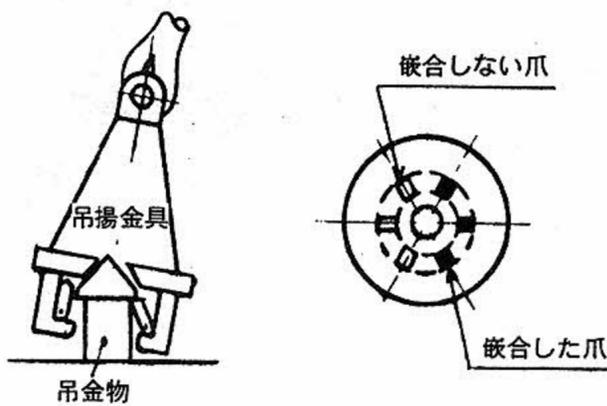


図 5 吊金物形状選定試験

Shape selection test result of male device

ガイド索張力 100 kg では吊揚金具の重量によるガイド索のたわみが大きく、ガイド索大角度での嵌合性能が悪くなり、かつ吊揚金具が昇降筒に衝突しやすくなるため、ガイド索張力は、100 kg 以上必要であると考えられる。

張力 200 kg および 300 kg については、吊揚金具の重量によるガイド索のたわみに顕著な差は認められないが、張力 300 kg のガイド索の張りが若干大きい分、ガイド索大角度において吊揚金具の嵌合性能が、張力 200 kg に比べて悪くなっている。

以上の結果、ガイド索大角度での嵌合性能が良く、昇降筒に衝突の危険が少ない張力として、200 kg 程度が適切であるといえる。

#### 4.1.3 静水中 (模擬) の完全嵌合最大角度

静水中の本試験で、完全嵌合のガイド索最大角度は 5° であった。しかし、吊揚金具の 6 枚の吊揚爪の内 1 枚でも嵌合すれば潜水調査船の吊金物から外れることはなく、ダイバーが吊揚金具を動かせば容易に完全嵌合させることができることがわかった。したがってガイド索角度 25° (着水揚収装置ペンダント部と潜水調査船との水平方向の相対変位 : 約 3.0 m) となっても、吊揚金具の装着は可能である。

#### 4.1.4 静水中の吊揚金具離脱の作業性

静水中で、吊揚金具の離脱の作業性を確認したが、100% 完全に離脱可能であり、また 1 人で容易に離脱作業ができることがわかり、吊揚金具の離脱機構には全く問題がないことがわかった。

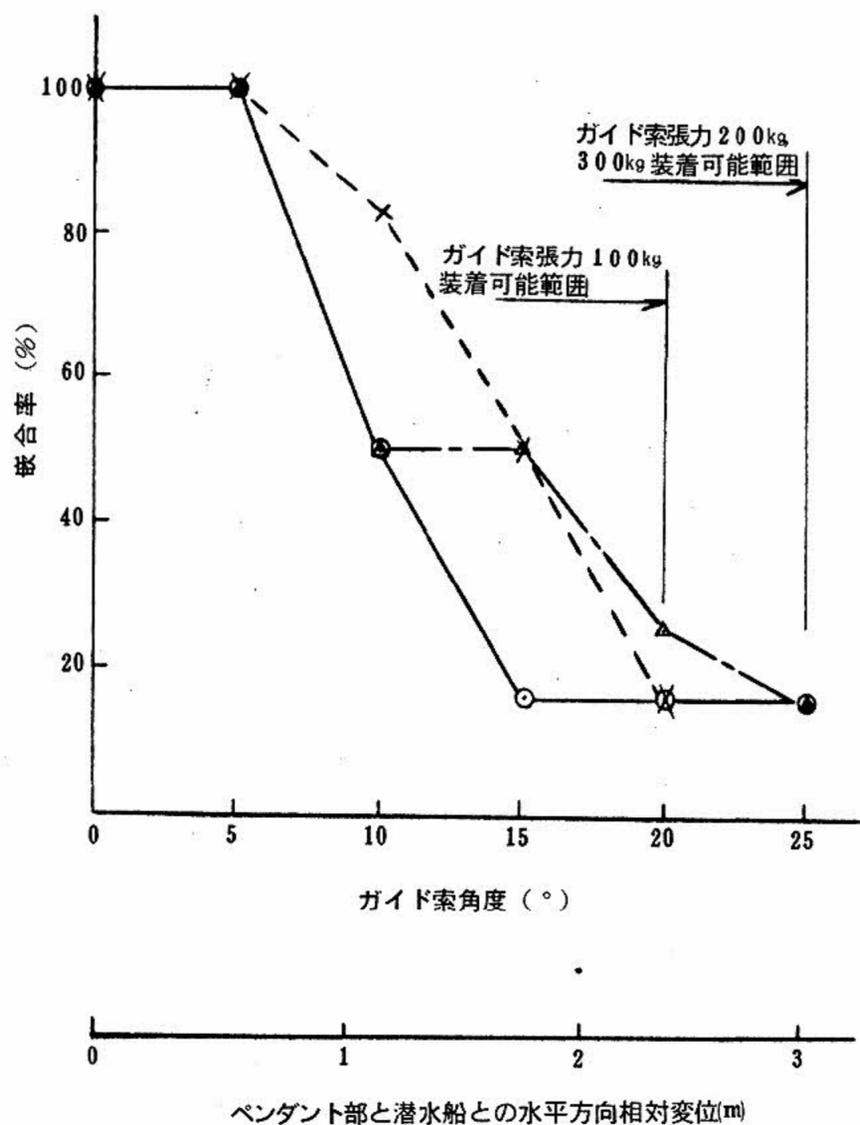
#### 4.2 波浪中 (模擬) 装着試験

##### 4.2.1 潜水調査船動揺試験

図 8 に示す試験結果から潜水調査船のピッチング動揺中、潜水調査船とガイド索との相対角度が小さくなる状態が生じ、かつ吊揚金具が揺さぶられるため嵌合しやすくなり、ガイド索角度 15° (相対変位 1.8 m) まで自動的に完全嵌合することがわかった。

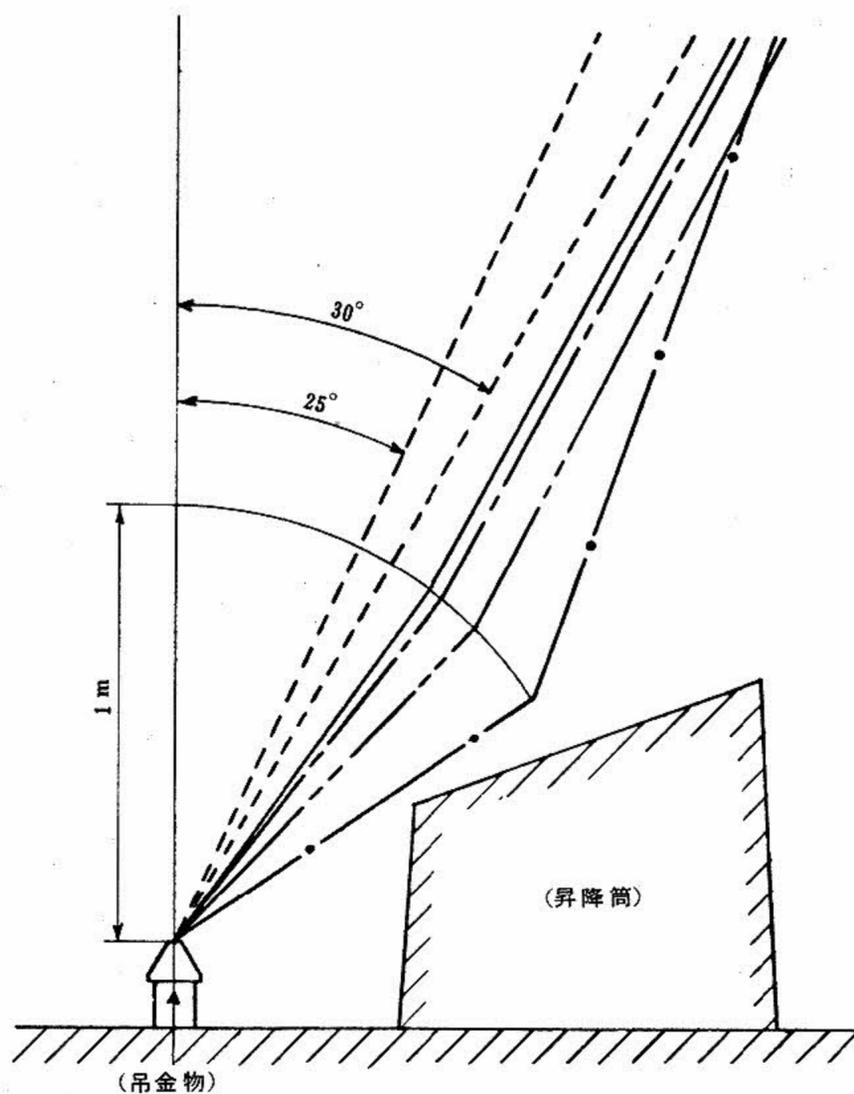
また潜水調査船のローリング動揺中の場合でも、吊揚金具が揺さぶられ、嵌合しやすくなることがわかった。

さらにガイド索張力が 200 kg であれば、潜水調査船が動揺しても吊揚金具の振れ回りを抑止することができ、安全な装着作業が可能で



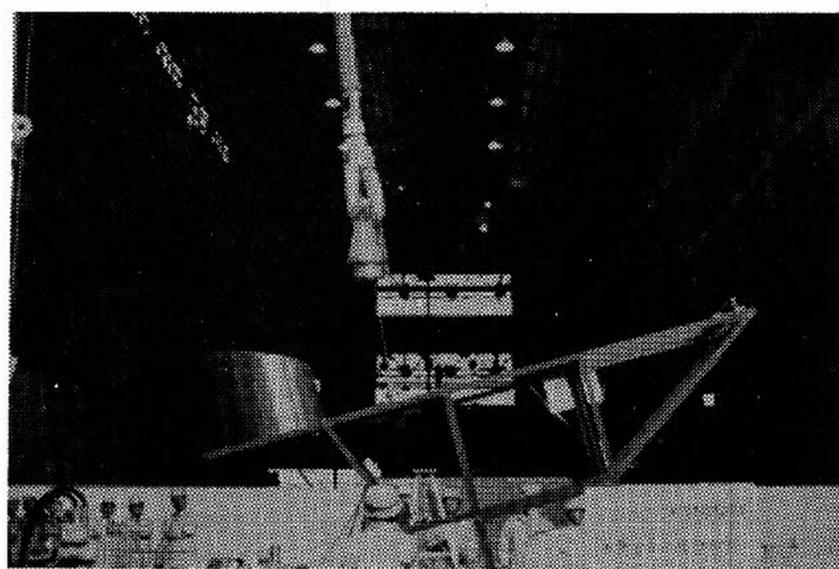
ガイド索張力 ;  
 ○—○ 300 kg , △—△ 200 kg ,  
 ×-----× 100 kg  
 吊金具 ; 60°トグルピン型

図6 ガイド索張力試験結果  
 Auto-tension test result of guide wire

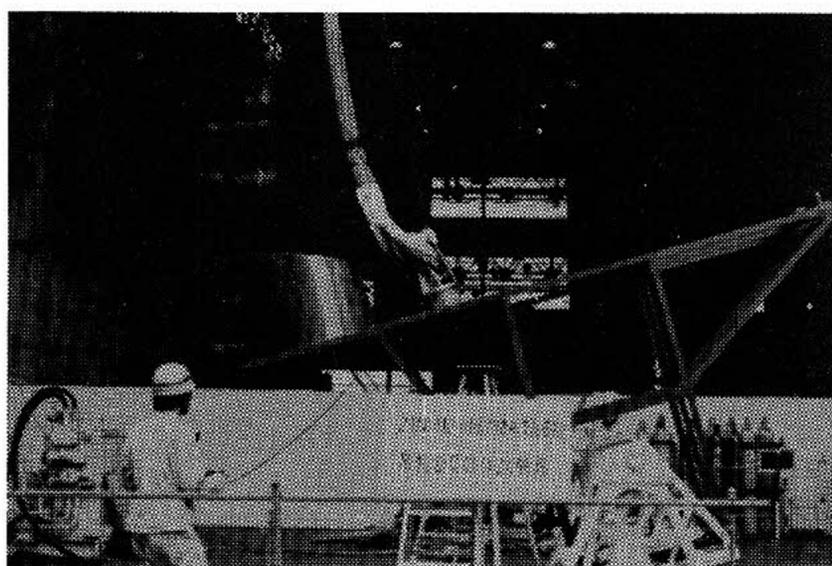


----- 初期角度 ( $\theta_0 = 25^\circ, 30^\circ$ )  
 ———— 張力 300 kg ( $\theta_0 = 30^\circ$ )  
 - - - - 張力 200 kg ( $\theta_0 = 30^\circ$ )  
 - - - - 張力 100 kg ( $\theta_0 = 30^\circ$ )  
 ———— 張力 50 kg ( $\theta = 25^\circ$ )

図7 吊揚金具嵌合前(1 m)のガイド索たわみ比較  
 Deflection of guide wire before mating



(a) 嵌合前, before mating



(b) 嵌合後, after mating

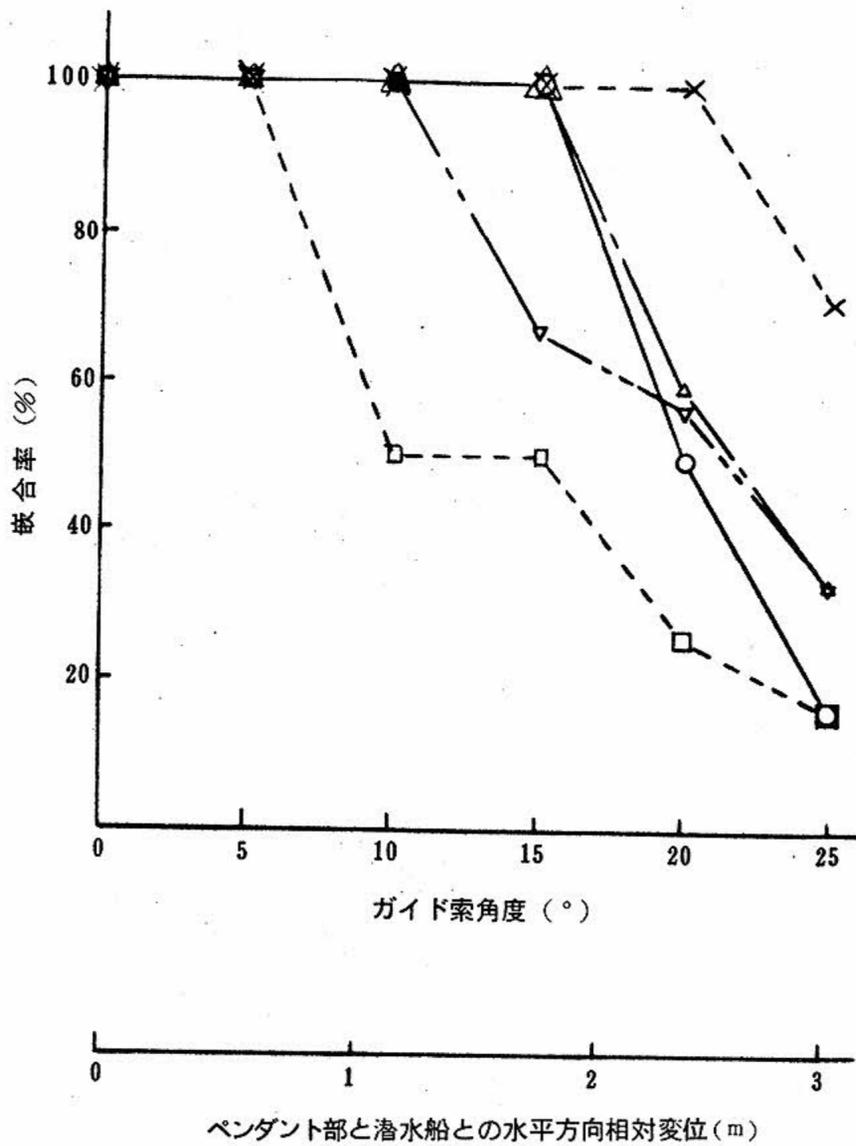
写真5 潜水調査船動揺試験 (ピッチング)  
 Dynamic mating test result of the submersible

あることも分った。なお、本試験実施状況を写真5に示す。

#### 4.2.2 母船動揺試験

図9に示す試験結果から着水揚収装置ペンダント部の上下動揺によって、吊揚金具が揺さぶられるため、吊揚金具の嵌合性能は、静水中よりも良くなっている。

したがって吊揚金具の嵌合性能は、波浪中の方が、揺さぶられるため静水中よりも良くなることが分った。



潜水船の動揺 (振幅×周期) ;

- : ±6° × 6s
- △---△ : ±8° × 6s
- ×-----× : ±15° × 6s
- ▽---▽ : ±8° × 6s } ローリング
- : 静水中 (動揺なし)

ガイド索張力 ; 200 kg

吊 金 物 ; 60°トグルピン型

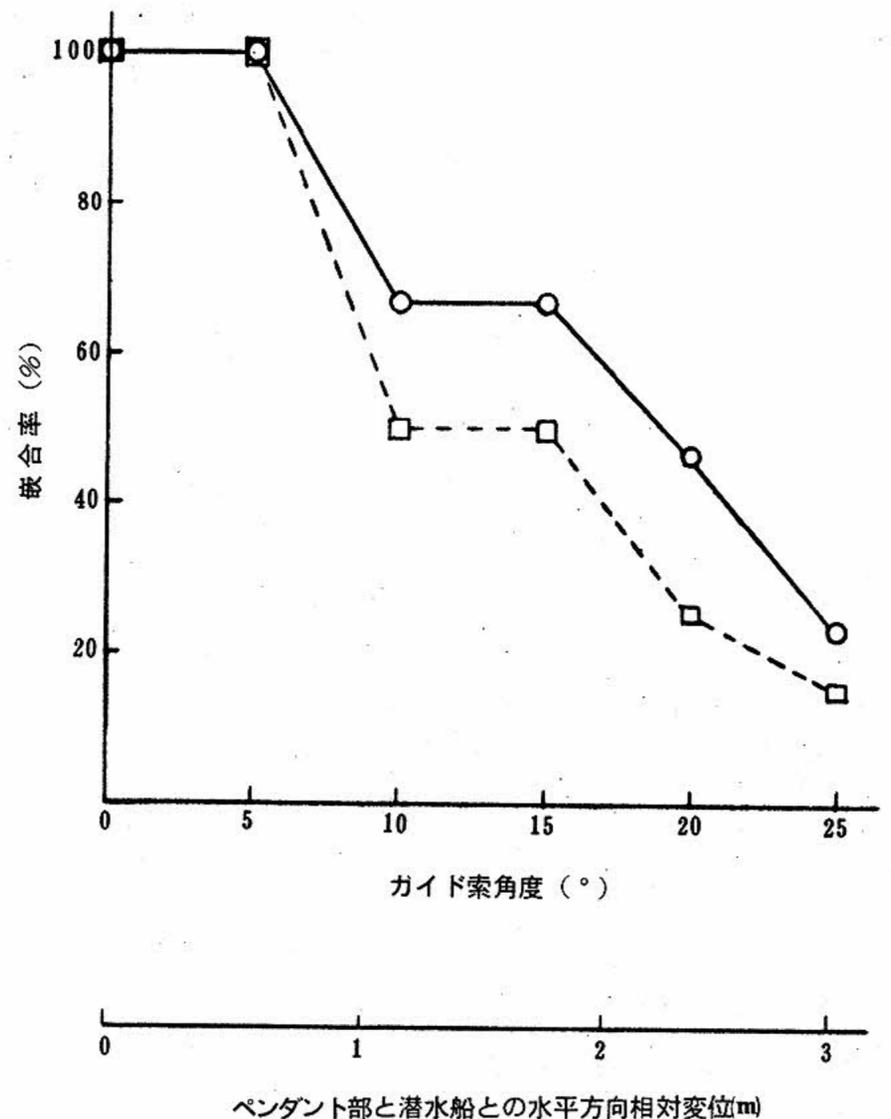
図8 潜水調査船動揺試験結果

Dynamic mating test of the submersible

#### 5. ま と め

前述の結果と考察から、つぎの事項が確認され、自動装着式の吊揚金具が実船に十分使用できることがわかった。

- (1) 潜水調査船の吊金物の形状は、60°トグルピン型が適切である。
- (2) ガイド索張力は、吊揚金具重量の約4倍の200 kgが適切である。
- (3) 吊揚金具の爪が1枚でも嵌合すれば、外れることはなく、ダイバーが金具を動かせば完



母船 (ペンダント部) の動揺 :

- 上下動揺, 振幅±1.0m, 周期6s
  - 静水中, 動揺なし
- ガイド索張力 ; 200 kg  
吊 金 物 ; 60°トグルピン型

図9 母船動揺試験結果

Dynamic test result of the support ship

全嵌合する。

- (4) 波浪中の方が静水中よりも嵌合性能が良くなる。
- (5) 吊揚金具の離脱作業性は簡単に操作でき、良好である。

#### 文 献

- (1) 徳永三伍, 高川真一, 1978, “潜水船等の浮体回収用金物の模型試験”, JAMSTECTR (2), 27