

# 1. 耐圧ガラス球入深海カメラ

服部 陸男<sup>\*1</sup> 橋本 惇<sup>\*1</sup> 名執 薫<sup>\*1</sup>

2種類のガラス球, JE-36-32 (外径36cm, 内径32cm, 重量16kg, 実効浮力8kg), JE-36-33 (外径36cm, 内径33cm, 重量12.5kg, 実効浮力12.5kg)について、センターの高圧実験水槽で3回耐圧試験を実施した。試験内容は、1) 1,007kg/cm<sup>2</sup> 加圧、2) 680kg/cm<sup>2</sup> 加圧後0~300kg/cm<sup>2</sup> の加振試験を0.09cpmで19回、3) 670kg/cm<sup>2</sup> 加圧後0~650kg/cm<sup>2</sup> の加振試験を0.12cpmで6回、であった。1), 2) の試験では全球健全、3) では6回目に全球破壊した。ガラス球入り深海カメラは、深海テレビのフレームに取付けて、相模湾で1,000~1,470mまで10回、小笠原東北方水深約6,200mで7回の撮影を行った。またフリーフォール式カメラの試作型の実験を相模湾の水深600~800mで行い深海魚を撮影した。なおこのカメラシステムに自航能力を持たせるために試作したマグネットカップリングを応用したスラスト (直流50W、耐圧700m) についても報告する。

## Study on the Deep Sea Camera Installed in Submersible Glass Spheres

Mutsuo Hattori<sup>\*2</sup>, Jun Hashimoto<sup>\*2</sup>, Kaoru Natori<sup>\*2</sup>

Two types of the submersible glass spheres were tested in the high pressure test tank of JAMSTEC. They were JE-36-32 (O. Dia.: 36 cm, I. Dia.: 32 cm, Weight: 16 kg, Net Buoyancy: 8 kg) and JE-36-33 (O. Dia.: 36 cm, I. Dia.: 33 cm, Weight: 12.5 kg, Net Buoyancy: 12.5 kg). Pressure tests were carried out in 3 manners as follows. 1) Increasing pressure test for 1,007 kg/cm<sup>2</sup>, 2) After increasing pressure to 680 kg/cm<sup>2</sup>, 19 cycles of pressure tests were taken into practice changing pressure from zero to 300 kg/cm<sup>2</sup> at 0.09 CPM, 3) After increasing pressure to 670 kg/cm<sup>2</sup>, 6 cycles of pressure tests were carried out, changing pressure from zero to 650 kg/cm<sup>2</sup> at 0.12 CPM. At the tests of 1) and 2), all spheres were safely recovered having no signs of breakage or hydraulic fracturing. In the case of the test 3), all spheres were broken down at the sixth loading of pressure.

The deep sea camera installed in the glass sphere was equipped on the frame of the deep sea TV, and was sunk down to the depths between 1,000 m to 1,470 m, for about 10 times at Sagami Bay, and to the depths of 6,200 m for about 7 times at NE of the Bonin Islands, and took pictures.

Trially manufactured prototype free-fall camera was also tested in the depths of 600~800 m at Bay Sagami, and successfully took pictures of deep sea fishes.

The paper also describes on the test of a prototype magnet coupling thruster (DC 50W, Submersible limit 700 m) for propel the camera above mentioned.

※1 海洋利用技術部

※2 Marine Utilization Technology Department

## 1. ま え が き

この研究は、国産耐圧ガラス球の開発と、その効果的な利用を目的として1974年より開始したもので、2種類の耐圧ガラス球の開発と、耐圧ガラス球入深海カメラの試作についてはすでに報告した(橋本, 服部, 1977)。今回は、1976~1977年にかけて行った 高圧水槽による耐圧試験と、耐圧ガラス球入深海カメラの海域での実用例、自由落下、浮上式カメラの相模湾における試験およびカメラに自航能力を持たせるために試作したスラストについて述べる。

この研究を進めるにあたり種々御力添え下さった東京大学海洋研究所の小口節子技官、理化学研究所の高野健三博士および当センター研究員土屋利雄、高橋賢一の両氏に謝意を表します。また相模湾の海域の使用に際し快よく御用意いただいた、長井町漁業協同組合および大楠漁業協同組合の組合長はじめ組合員の方々に深く感謝の意を表します。

## 2. 耐 圧 試 験

2種類の耐圧ガラス球についてセンターの高圧実験水槽を使用して、1976年8月~9月にかけて耐圧試験およびシール方法の試験を行った。この試験は高圧実験水槽の慣熟運転に便乗して行ったものであり、水槽の運転要領をセンター職員が体得するのが第1の目的であるので、加圧、降圧の圧力勾配、加振運転のサイクル数は通常の耐圧試験とは異なるものである事を附記する。試験したガラス球は

- ① JE-36-32; 外径36cm, 内径32cm, 肉厚2cm, 空中重量16kg, 実効浮力8kg
  - ② JE-36-33; 外径36cm, 内径33cm, 肉厚1.5cm, 空中重量12.5kg, 実効浮力12.5kg
- で、両球の加圧に対する優劣を決定するのもこの試験の目的の1つであった。この時点までに、JE-36-32球については、高圧水槽で500kg/cm<sup>2</sup>まで、海域で5,910mまで試験しており前者の場合は内壁にかろうじて認められる程度のチッピング、後者の場合はジョイント面にかなりのチッピングが認められたが実用上はさしつかえないという結果が出ており、JE-36-33については今回が最初の耐圧試験であった。この耐圧試験の目的は;
- ① 実用水深を6,700mと設定してその1.5倍

—1,005kg/cm<sup>2</sup>までの加圧

- ② 実用水深相当—670kg/cm<sup>2</sup>までの加圧
- ③ 水槽の運転訓練の範囲内での加振運転
- ④ 各種シール方法の比較
- ⑤ JE-36-32, JE-36-33両球の耐圧性の比較

であり、加圧、定圧保持、降圧のスケジュールは、0~670kg/cm<sup>2</sup>まで約40分で加圧し、2~30分定圧保持して後約60分で降圧する事を目標としたが水槽の弁の開閉のトラブル等で必ずしも目標通りには実行できなかった。この時試験したシール方法は3種類であった。それらは、

- ① 海洋研式: ジョイント面にシリコングリスを塗り、面の外側に生ゴムを巻き、その上に防食テープを巻きさらにホースバンドをかける、小口(私信)。
- ② ベントス式: ジョイント面になにも塗らず、面の外側に生ゴムを巻き、その上に防食テープを巻き、さらにホースバンドを十文字にかける。(ベントス社マニュアル)
- ③ センター式: ジョイント面にシリコングリスを塗り、面の外側から防食テープを巻き、その上からジョイント面の横ずれを防ぐためのホースバンドを巻く。

方式である。以下3回行った試験の結果を記す。

### 1) 0~1,007kg/cm<sup>2</sup>耐圧試験

設定した実用水深6,700m(670kg/cm<sup>2</sup>)の1.5倍—1,005kg/cm<sup>2</sup>を目標として加圧した。

試験球: JE-36-33, 1個, JE-36-32, 2個。

0~1,007kg/cm<sup>2</sup>まで71分で加圧、21分定圧保持、78分で降圧、加圧中弁のトラブルで加圧停止期間があったが加圧中の昇圧率は1分あたり14kg/cm<sup>2</sup>以上であった。降圧後0.06CPMで0~200kg/cm<sup>2</sup>, 2サイクル, 0.06CPMで0~400kg/cm<sup>2</sup>, 2サイクルの加振運転を行った。

所見:

- ① JE-36-33球: 海洋研式シール剥離もなく全く健全
- ② JE-36-32球: ベントス式シール内面ジョイント面に多量の剥離
- ③ JE-36-32球: 海洋研式シール

外面頂部に 5 cm  $\phi$  厚さ 2 ~ 3 mm の大剥離  
1ヶ所、内面に小剥離

## 2) 0 ~ 670 kg / $\text{cm}^2$ 耐圧試験

シールの方法を比較するために行った。

試験球: J E - 36 - 33, 2 個, J E - 36 - 32, 2 個,  
ベントス社製品 10 インチ球 1 個 (コネ  
クタ付, マイク内蔵, 内部音モニタ用)  
0 ~ 680 kg /  $\text{cm}^2$  (実行) まで 43 分で昇圧, 20 分  
間定圧保持し, 56 分で降圧した。この後 0 ~ 300  
kg /  $\text{cm}^2$  の加振運転を 0.09 CPM で 19 サイクル行っ  
た。

所見:

- ① J E - 36 - 33 球: センター式シール  
剥離もなく全く健全
- ② J E - 36 - 33 球: 海洋研式シール  
剥離もなく全く健全
- ③ J E - 36 - 32 球: センター式シール  
外面, 内面に少量の剥離
- ④ J E - 36 - 32 球: 海洋研式シール  
生ゴムがジョイント面に侵入し, 500 cc 程  
度浸水, 内面に少量の剥離

## 3) 0 ~ 650 kg / $\text{cm}^2$ 加振試験

0.75 CPH で破壊の前徴がマイクに聞えるまで  
加振運転する予定であったが, 水槽の運転訓練の  
都合により 0 ~ 670 kg /  $\text{cm}^2$  まで 1 回加圧試験の後  
加振運転をする事になった。

試験球: J E - 36 - 33, 2 個, J E - 36 - 32, 2 個,  
ベントス社 10 インチ球 (コネクタ付,  
マイク内蔵) 1 個。

0 ~ 670 kg /  $\text{cm}^2$  まで 26 分で昇圧し, 18 分定圧保  
持した後, 18 分で降圧。マイクモニタに異常音無  
く, 水槽系にも異常なし。次に 0.12 CPM にて 0  
~ 650 kg /  $\text{cm}^2$  の加振運転を行った。6 サイクル目  
の加圧中に, 破壊音が聞え, 水槽内圧力が降下し,  
すぐ復元した。この時の水圧は 630 kg /  $\text{cm}^2$  であり,  
ここで加圧を停止した。

所見: 全球 30 ~ 300  $\mu$  の細粒に分解。

この耐圧試験により得られた結果を要約する。

- ① 耐圧ガラス球を 0 ~ 670 kg /  $\text{cm}^2$  まで 8 個,  
0 ~ 1.007 kg /  $\text{cm}^2$  まで 3 個各 1 回加圧したが  
破壊しなかった。
- ② シールの方式はセンター方式が 1 番確実簡  
便である事を確認した。
- ③ J E - 36 - 32 は剥離するが J E - 36 - 33 は  
剥離を示さず, 製品として J E - 36 - 33 の方

が完全である。(ちなみに昭和 50 年度以降,  
J E - 36 - 32 球は製造を行っていない)

- ④ 0 ~ 670 kg /  $\text{cm}^2$  まで 1 回加圧した後, 0 ~  
650 kg /  $\text{cm}^2$ , 0.12 CPM の加振運転 6 回目に,  
J E - 36 - 32 球 2 個, J E - 36 - 33 球 2 個,  
ベントス球 1 個が破壊した。
- ⑤ J E - 36 - 33 球はセンター方式のシールで,  
最大 10,000 m, 常用 6,700 m の水深で使用で  
きる。

今までの試験の結果では, まだ繰り返し使用回  
数についてのデータが不足で常用水深で何回まで  
使用できるか判然としない。この試験の後 1977  
年の 6 月に海域で深海テレビのフレームに取付け  
て写真撮影する機会があり, 水深約 6,100 ~ 6,200  
m まで 7 回の撮影を行った。この時 3 対のガラス  
球を使用した。1 対については 7 回, 2 対につい  
てはそれぞれ 3 回および 4 回海底まで吊下したが  
健全であった。使用した球は J E - 36 - 33 球で,  
水温の変化のためか水槽試験では認められなかつ  
たジョイント面内側での剥離が発生した。ガラス  
球内部にカメラおよびストロボを取付けていたた  
め 1 回毎に開閉を行い, 不注意からジョイント面  
のずれによる剥離の進行を防ぐために取り付ける  
合いマークを取り付けずに 1 回毎に異なる面で球を  
シールし剥離の進行を助長する結果となった。そ  
れにもかかわらず 7 回使用した球には厚さ 2 mm 程  
度のジョイント面内側一帯の剥離以外の異常は認  
められず, 勿論この程度の剥離は使用上問題がな  
いものである。これ以後使用の実績が無いので海  
域で 6,000 m 以上で多数回使用する際は, 試験し  
た最高圧の時取り付けた合いマークに従ってシー  
ルし, 7 回以上使用する時は剥離の状態を良く見  
て注意して使用する以外今の所方法がなさそうで  
ある。高圧水槽による繰り返し加圧試験の機会も  
今の所ない。以上の試験および海域での実用の結  
果では, ベントス社の球に発生したという "Hy-  
dranlic fracture" (Raymond, 1969, 1975) に  
よるクラック又は破壊が発生したとは考えられず,  
この fracture による破壊が我々の球の場合に発  
生するのかわからないのかも疑問である。使用上注  
意すべきことを下記する。

- ① 水深 5,000 m 以上で使用する時はあらかじめ  
使用水深以上の水深あるいは相当する水圧  
で試験すること。これにより歪検査, あるいは  
肉眼で判らぬ欠陥による破壊をチェック出

来その後の使用を保証できる。

- ② 水圧試験の時のシールした位置に合いマークをつけ、必ずその場所を合わせてシールする。
- ③ 安全性を考慮して、繰り返し多数回使用する場合、長期海底に設置する場合、水深、6,700 m以上で使用する場合は、粘着性のテープ（たとえば古河電工のバルコテープ）でシールした上に通常のシール方法をして使用の方が良さそうである。

### 3. 耐圧ガラス球入深海カメラによる撮影

耐圧ガラス球に市販のモータードライブカメラ、タイマ、ストロボ等を組み込んで作成したカメラシステムについてはすでに報告した（橋本，服部，1977）。ここではカメラを実際に使用する時の制限について少し述べ、海域で使用了実例を示す。

視野の広い写真を撮影するためにガラスの半球を写真撮影用のドーム窓として使用した実例としては、Patterson, R. B. (1966, 1972), Buchanan, C. L. (1971 a, b) その他があり、日本ではベントス社の17インチ球にニコン魚眼レンズを使った寺本等 (1972), 小口等 (1974) の先駆的研究がある。ガラス半球をドーム窓として利用して写真を撮影する場合、海水 ( $N_d = 1.33$ ), とガラス球 ( $N_d = 1.47$ ) の屈折率が近いのでカメラに対し凹レンズ効果を与える。この場合、画角は変わらないが距離が変わるので実測するか計算しなくてはならない。またガラス半球をドーム窓として使用し補正レンズを使用しない場合は、レンズの入射瞳の位置を球の中心に正しく位置させなくてはならない。この場合でも、収差やピントのブレのない条件は、ガラス球の内径、使用するレンズの焦点距離、絞りによって規定される。ドーム窓を使用した事により主として屈折しない光により像を形成しているので収差、ひずみはほとんど考慮しなくて良く、又ドームの内径が33cmであるので半径66cmの球面の像がフィルム面に形成される事になり、ドームによる球面の像の影響もまぬがれる事ができる。またドームにより形成される像をカバーできるレンズの被写界深度とドームの内径の関係を計算しておけば、ドーム窓の半径に対する、使用レンズの絞りの限界が把握できるので鮮明な写真を撮影することが可能である。内径33cmのガラス球をドーム窓とし、ズイコー24mm, F

2.8のレンズを使用した場合、鮮明な映像を得るために必要な絞りとドーム窓の半径は、f 2.8で約31cm, f 4で約21cm, f 8で約11cmよりも大きければ良い事になる (Patterson, R. B. 1966)。f 5.6に対する計算値は約16cmであり、我々のカメラの場合f 5.6より絞りこんで使用すれば良い事になる。我々の使用したレンズはズイコー24mm f 2.8および50mm f 1.8であったが、どちらも入射瞳の位置を正しくレンズの中心になる様にガラス球内にカメラを固定し、鮮明な写真を得ている。

このカメラは、科学技術庁よりの委託研究による深海テレビのフレームに取付けて、1976年7月に伊豆大島沖で、水深1,000～1,470 mまで10回、翌年6月に小笠原東北方沖水深6,100～6,200 mで7回の撮影を行い、深海カメラとしての実用性を示した。水深6,150 mで撮影した写真を写真-1に示す。

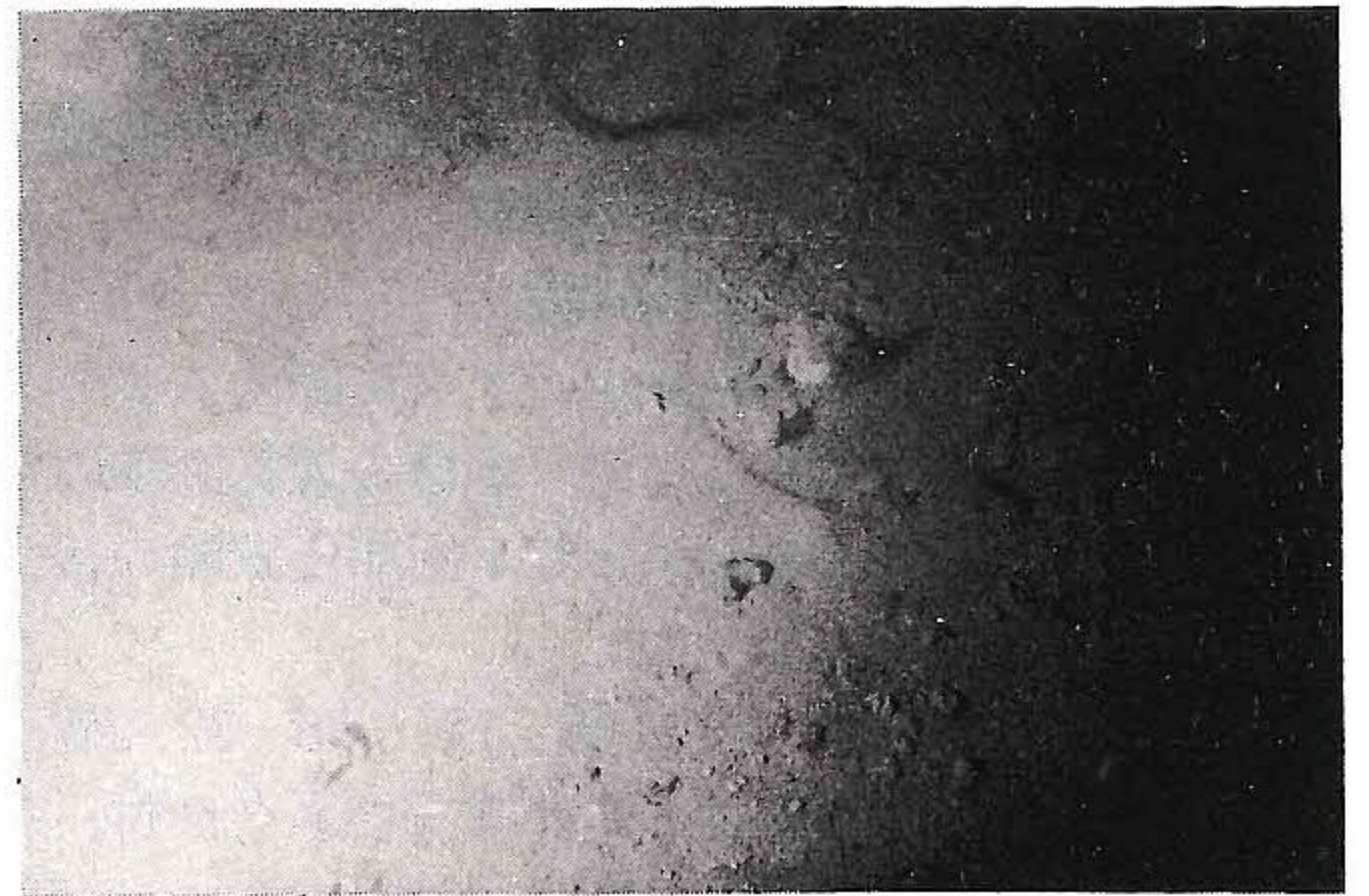


写真1 小笠原 北東沖合水深6,150mの海底写真  
北緯30°、東経146度50分

A bottom photography of northwestern Pacific, northeastward off Bonin Isls., depth 6,150 meters. Lat. 30°N, Long. 146°50'E

### 4. フリーフォールカメラ

耐圧ガラス球入深海カメラは、自身で浮力を有し、しかも他の深海カメラに比較して軽量、安価であるので、フリーフォール型として使用するのにも適している。我々がさしあたって必要だと考えたものは以下の2つの型である。

- ① 深海生物撮影用：比較的長時間海底に設置し、餌をつけて、集まって来る底棲生物を撮影する。

② 海底撮影用：迅速に降下，浮上して広範囲の海底を撮影する。

どちらの型も基本的に必要な装置は，カメラ球，ストロボ球，軽量フレーム，降下用重錘および切離装置，海面に浮上して来た時に発見するためのラジオ送信器およびフラッシャーである。切離装置としては開発工業(株)製のタイマー式深海切離装置を，ラジオ送信器およびフラッシャーは OAR 社（米国）製のものを使用し，耐圧ガラス球 2 個とともにこれらを，FRP 製のパイプフレームに組み込んで製作した。底棲生物撮影用カメラ（ベントス用カメラ）と海底撮影用カメラ（ボトムカメラ）各 1 台試作した。その重量等を示す。

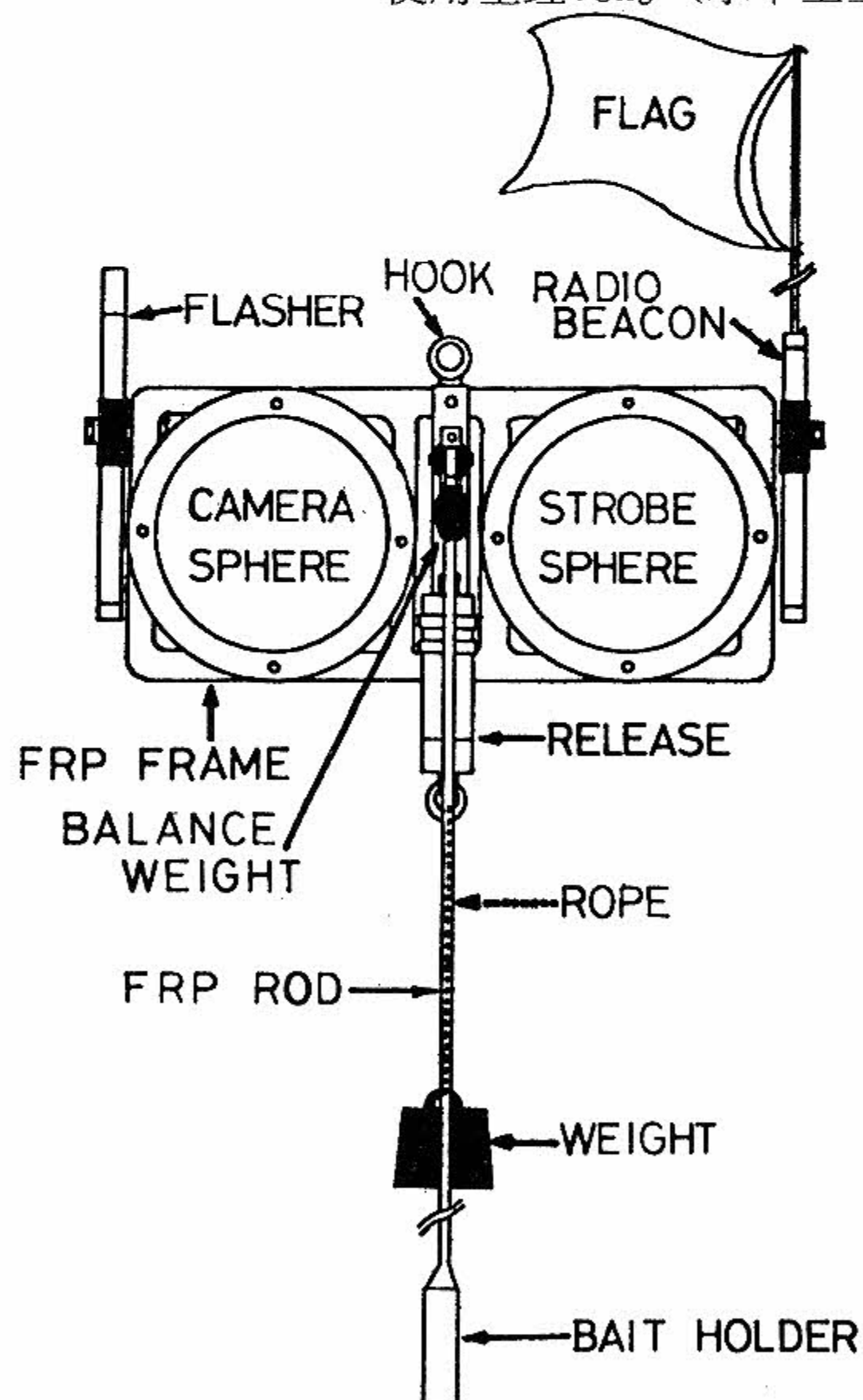
ベントス用カメラ：空中重量50kg（重錘含まず）

浮力 9 kg

長さ 1 m

巾 50 cm

使用重錘18kg（水中重量）



▲ PROTOTYPE FREE-FALL DEEP SEA CAMERA

図1 底棲生物撮影用カメラ，餌付き

The baited free-fall camera for taking pictures of benthic animals

ボトムカメラ      : 空中重量50kg  
 浮力 10kg  
 長さ 1 m  
 巾 50cm  
 使用重錘26kg（水中重量）

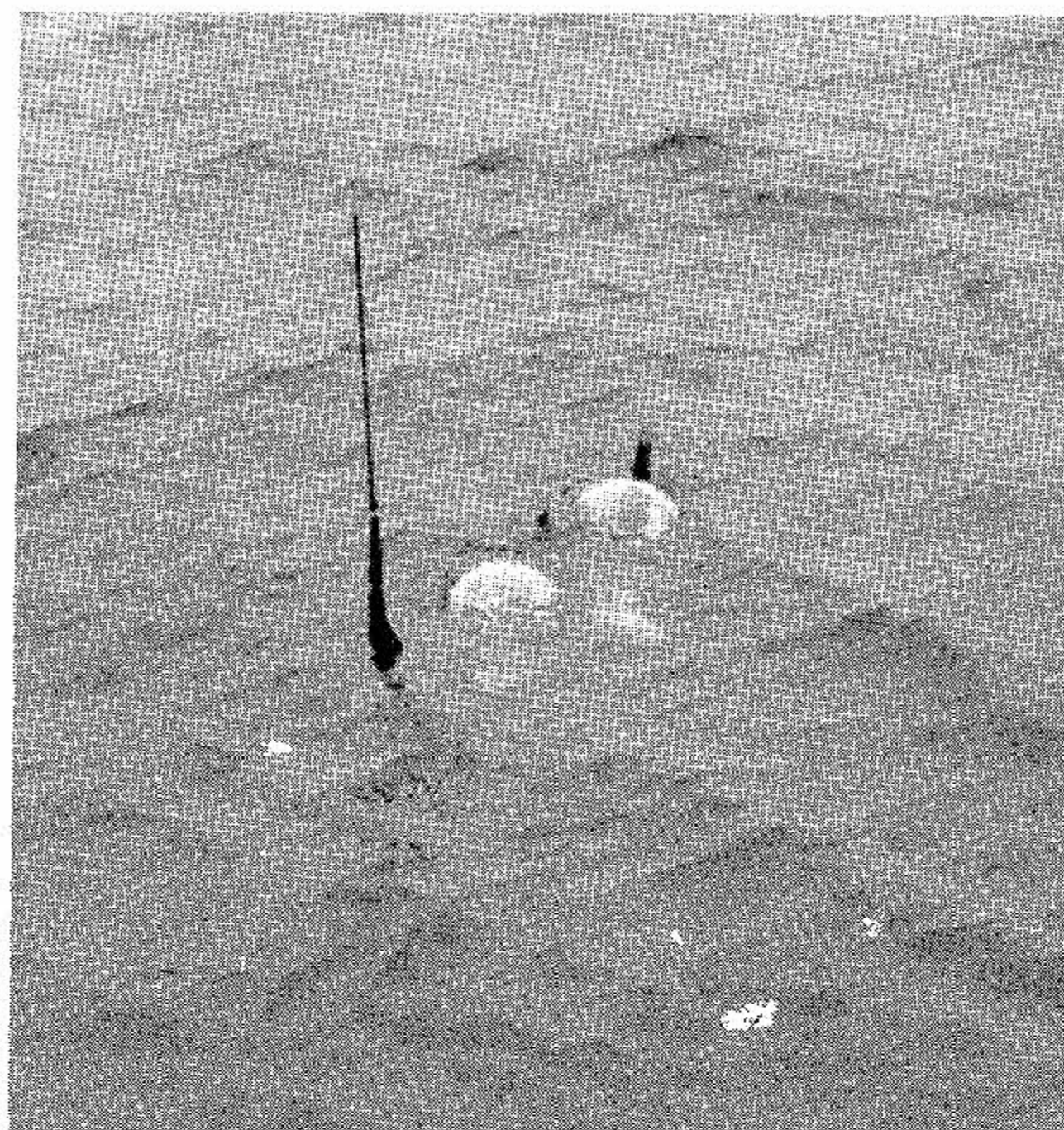


写真-2 回収前のフリーフォールカメラ  
 The free-fall camera before retrieval.

この2つのカメラは外観上大差ないので，ベントス用カメラの構成を図-1に，また浮上後回収直前のベントスカメラを写真-2に示す。海上実験に先立ち，この2つのカメラの落下，浮上，着底時の姿勢を，センターの超音波水槽（水深8 m）において観察し，ベントス用カメラは図-2に示す姿勢をとる事を確認した。また落下，浮上速度および重錘着底後のカメラの沈下距離を計算し，重錘の重量，海底とカメラ間の距離を決定した。ベントス用カメラ落下時の抵抗係数は2.0，浮上時は5.0，ボトムカメラ落下時の抵抗係数は5.0，浮上時はたて型の姿勢をとるので0.7として計算した。

ベントス用カメラは重錘18kg（水中重量）使用して降下速度0.93 m/secで，沈下距離0.25 m，浮上速度0.6 m/secであり，ボトムカメラは重錘26 kg（水中重量）使用して降下速度0.83 m/sec，沈下距離0.14 m，浮上速度1.66 m/secであった。実際に使用した時はボトムカメラを垂直に浮上させるためシーアンカーを1個取り付けたので，浮上

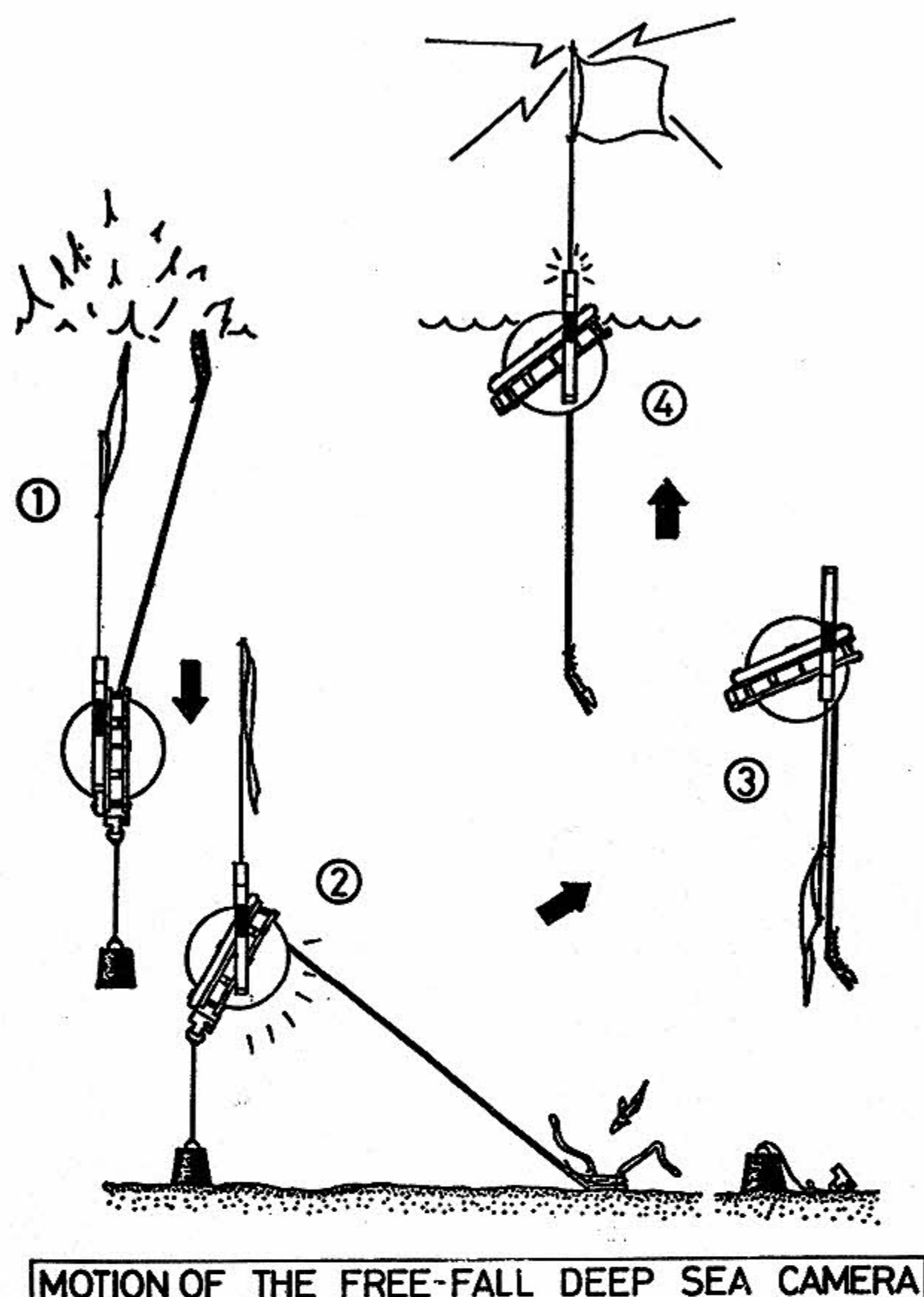


図2 フリーフォールカメラ（餌付き）の動き、  
①落下、②撮影、③浮上中、④海面

Motion of the baited free-fall camera

(1) descending, (2) taking a photography,  
(3) ascending, (4) on the surface

速度1.4m/sec程度（水槽で測定）であった。今回の実験は相模湾の水深1,000m程度が目標であったので、降下、浮上速度はこの程度で充分であるが、より深海で使用する場合2m/sec程度の降下、浮上速度が必要と考えられるので、現在高速型について検討中である。

この2台の試作型を使用した撮影試験を1977年11月に相模湾の水深600～800mにおいて行った。結果の詳細については別途報告する予定であるので簡単に述べる。水深600mにおいてボトムカメラ1回、ベントス用カメラは水深600mで1回、800mで2回試験し、4回とも回収に成功した。海底に着底していた時間はボトムカメラで30分、ベントス用カメラで2時間から2時間半であった。浮上予定時刻から電波の受信までは5分から15分、受信から回収終了までは30分程度であり、カメラ投入地点と発見地点の距離は最大1.5km程度であった。ベントス用カメラには餌用のポールを取り

付け、鯖の片身をその先端につけておいたが3回とも骨とえらのみ残して、肉、皮の部分は無くなっていた。ボトムカメラは海底との距離を4mとし、GN65のストロボを使用して広範囲の写真撮影を試みたが海底のにごりがひどく鮮明な写真は得られなかった。ベントス用カメラで撮影した海底もかなり透明度が悪かったが、魚類としては、そこだら類、円口類等が認められ、円口類は餌に

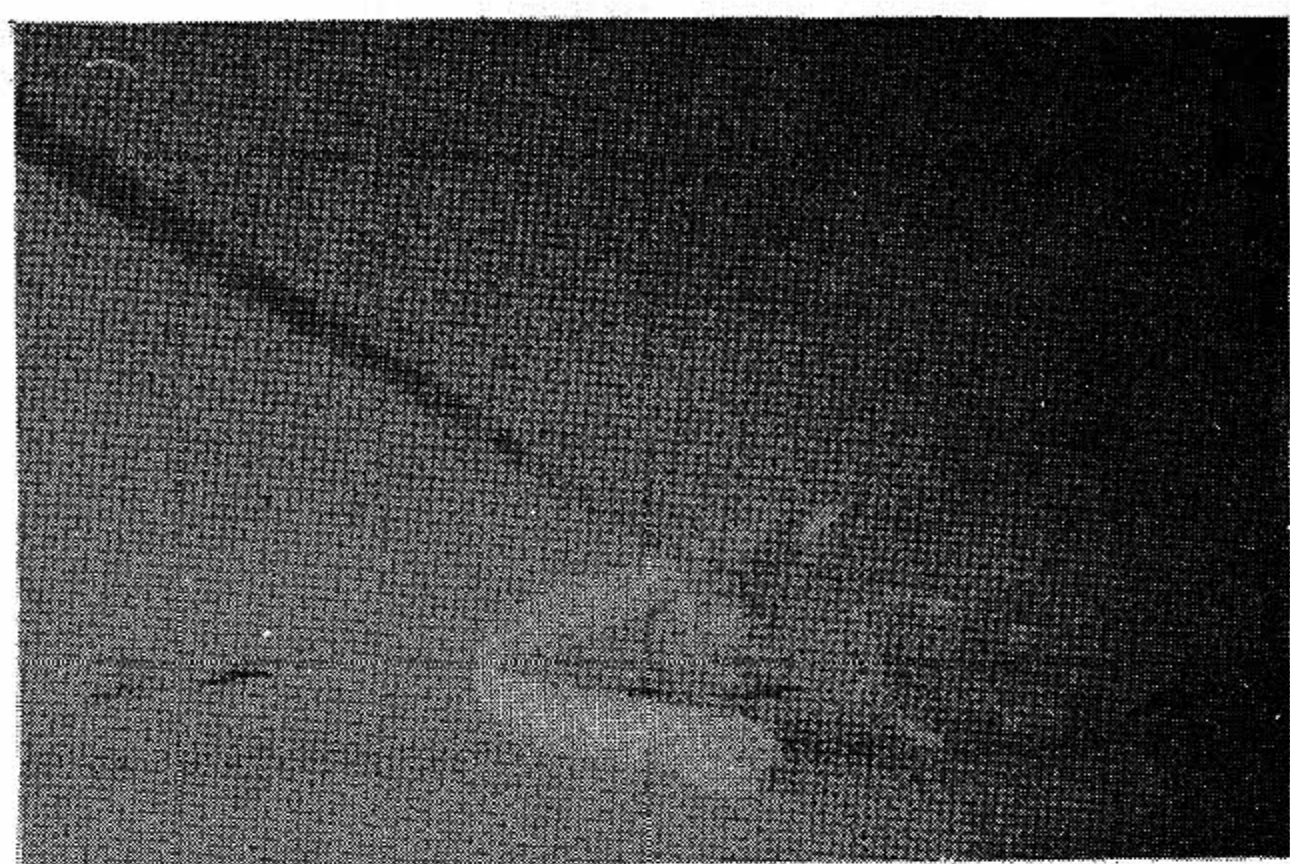


写真3 餌付きのフリーフォールカメラによる写真、円口類が認められる。水深約600m江ノ島南方15km

The free-fall camera before retrieval

The photography taken by baited camera, shows cyclostomes fishes, depth about 600 meters, 15 KM's southward off Enoshima, Sagami Bay.

むらがっている様子が良く観察された。写真-3図-6に撮影した写真の一部を示す。今回は底質が泥質の海底のみの撮影しか行えなかったが、水深底質の異なる海底には別な底棲生物が生存する可能性があるので別の機会に撮影して見る価値があるろう。

## 5. マグネットカップリングを応用したスラスト

主として海底から映像その他の情報を得る調査機器を海底又は海底近くで使用するためには、専用のケーブルあるいはケーブル付の他の調査機器に取り付けるか、ケーブルなしで動作するシステムを開発する必要がある。有索、無索についてはそれぞれ長短があるが我々は目標を浅海域でのケーブル付無人機器、深海域でのプログラムコントロール付自航式カメラに設定し、第1段階として

スラストの試作を行った。既存の外国製スラストの購入、又は国内メーカーへの製作依頼は、費用、技術力の面から不可能であると判断し、独自に開発する事にした。直径36cmのガラス球を1～2ノットで推進することが可能で、伝達ロスが無く、軸からの水漏も考慮する必要がないため構造的に簡単であり、安価である事から、市販のマグネットカップリングの応用を考え2台試作した。これは極数6のマグネットの円盤を耐压殻をへだてて同期円転させ、貫通軸なしで耐压殻内部のモーターの回転をプロペラに伝達するものである。

耐压殻としては非磁性でかつ安価な点からガラスのシリンダーを試験的に使用したが、試験中にひび割れが発生したためアルミ合金に変更した。この変更のため伝達トルク、耐压殻の耐压水深に必然的に不利な条件が生じたが試作型であるので、実用化へのデータを得るため作動試験、耐压試験を行った。以下モーター、スラストの要目を記す。

#### 電動機；

出力 50w (D. C)

定格トルク 1.22 kg・cm

定格回転数 4,000 rpm

起動トルク 7.3 kg・cm

減速機；減速比  $\frac{1}{9}$

#### カップリング軸；

定格トルク  $1.22 \times 9 = 11\text{kg} \cdot \text{cm}$

起動トルク  $7.3 \times 9 = 66\text{kg} \cdot \text{cm}$

定格回転数  $4,000 \times \frac{1}{9} = 444\text{rpm}$

寸法  $110\phi \times 22\text{mm}$

設計ギャップ 10mm (20mmで使用)

極数 6

#### 耐压殻；高力アルミニウム合金A 7075-T 6

外径 177 mm

肉厚 8.5 mm

長さ 170 mm

蓋部 20 mm

底部 15 mm

#### プロペラ；アルミ合金鋳物 AC 7 AF

直径 266 mm

ピッチ 158 mm

翼数 3

耐压殻は安全率4で底部の耐压は630 mとなるが、水深700 mまで海中に吊下し耐压性を確認した。蓋部にはOリングを使用し耐压殻本体と蓋部との固定はステンレスキャッチクリップ2個を使

用、蓋の頂部に電源用の3 mmφの穴を2つあけ、コネクタはベントス社（米国）のガラス球用コネクタを使用した。耐压殻およびプロペラの表面には、タフラム処理を行った、耐压殻にはあらかじめ電源用の穴を開けた後タフラム処理を行ったが、この処理は絶縁性が非常に高く、電源用のコネクタを絶縁しないで使用する事ができた。なお使用したマグネチックカップリングは、住特通商機の設計、製作によるものである。設計時のギャップは10mmとしたが、耐压殻の変更により実際はギャップ20mmを使用した。

作動試験は、センターの潜水訓練プールにおいて有線で行った。作動試験中の状況を写真-4に示す。これは、28mmφのFRPパイプをT字型に組



写真4 試験中の自航式カメラ

Immersion way of test pieces

立、前部にカメラ球、ストロボ球、これに直角にブイ用のガラス球2個を取り付けたもので、スラスト2個を浮心の両側に配置し、浮力およびバランス調整用の重錘を取り付けた時、重量120 kgであった。スラストの回転方向は外廻りとした。試験の結果を以下に記す。

- ① 電源電圧18Vを起動時から投入すると同期不整でプロペラが回転しない場合があった。
- ② 電源を段階的に投入すると（たとえば6, 12, 8 V）なめらかに回転した。これは直流安定化電源を使用して0～18Vまで昇圧しても、バッテリー（6 V）を使用して6, 12, 18 Vと急激に切り換えた場合でもプロペラは同期して回転した。
- ③ 2軸フル回転で約1.5ノットで走行し、直進性も良好であった。

試作および試験の結果この方式で充分実用可能

であることが判ったので、今後浅海用と深海用の2種類のスラストの試作とコントロール装置の研

究を行う予定である。

- (1) Benthos Inc., "Instruction Manual Model 2040, Spherical Glass Instrument Housing IM 2040"
- (2) Buchanan, C.L., 1971 a, "Deep Ocean Search by Visual, Acoustic and Magnetic Sensors", IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, Vol. AU-19, No. 2, June, pp. 124-132.
- (3) ———, 1971 b, "Advances in Photographic Techniques for Ocean Floor Search", Proc. SPIE Seminar-in-Depth on Underwater Photo-Optical Instrumentation Applications, pp. 145-152.
- (4) 橋本惇, 服部陸男, 1977, "耐圧ガラス球を用いた深海カメラシステムの試作について", 海科技センター試験研究報告, 第1号, pp. 26-31,
- (5) Oguchi, S. et al., 1974, "Physical studies of the bottom boundary layers", Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-73-2, Ocean Res., Inst. Univ. of Tokyo, pp. 61-66.
- (6) Patterson, R.B., 1966, "A Wide Angle Camera for Photographic Search of the Ocean Bottom", Proc. SPIE Seminar Underwater Photo-Optics, pp. C-XII-1-C-XII-8.
- (7) ———, 1971, "Inspection of Manganese Deposits in Deep Water", in Horn, D.R. (editor)—Ferromanganese Deposits on the Ocean Floor—, pp. 251-262.
- (8) Raymond, S.O., 1969, "Glass Instrument Housing for Ocean Use", Oceanogr. Int., Brighton, Eng.
- (9) ———, 1975, "Hollow Glass Sphere under Pressure in the Ocean—Experiments show Interesting Properties", IEEE OCEAN' 75, San Diego, pp. 537-544.
- (10) 寺本俊彦, et al., "水中写真による内浦湾の底質と水質に関する所見", O S R 昭和47年報告書 (手稿)。