

4. フリーフォール方式耐圧ガラス球入り深海カメラシステム

橋 本 惇^{*1} 服 部 陸 男^{*1} 名 執 薫^{*1}
青 木 太 郎^{*1}

外径36cmと26cmの耐圧ガラス球を用いた2種類のフリーフォール方式深海カメラシステムを開発した。26cmの耐圧ガラス球については、実海域において6000mの耐圧試験を行った。その結果、漏水も剥離も全く認められなかった。1978年には、北西太平洋の水深30～3400mの海域において写真の撮影および回収に成功した。

A Self-Buoyant Free-Fall Deep Sea Camera System Using Submersible Glass Spheres

Jun Hashimoto,^{*2} Mutsuo Hattori,^{*2} Kaoru Natori,^{*2}
Taro Aoki^{*2}

Two types of free-fall deep sea camera systems using submersible glass spheres were developed. The outer diameters of those spheres are 36 cm and 26 cm respectively. 26 cm glass spheres had been successively pressure tested up to 6000 m depth in the ocean. In 1978, successful photography and recovery were accomplished by those cameras in the north-west Pacific Ocean depth ranging 30 m to 3400 m.

1. はじめに

国産耐圧ガラス球の開発と耐圧ガラス球入り深海カメラ等については既に報告^{1,2)}した。

今回は、2種のフリーフォール方式深海カメラとその浅、大深度における実用例について述べる。

本研究を進めるにあたり、協力をいただいた水産庁東海区水産研究所の木立 孝室長、奥谷 喬司博士および水産庁所属蒼鷹丸の船長はじめ、乗組員の方々に感謝致します。また、相模湾の海域使用に際して快諾して下さっ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、組合員の方々にも合わせて謝意を表します。

2. フリーフォール方式大形耐圧ガラス球入り深海カメラシステム

フリーフォール方式大形耐圧ガラス球入り深海カメラシステムは、外径36cm、肉厚1.5cm、実効浮力12.5kg、空中重量12.5kgのガラス球を利用したものであり、基本的には、カメラ用ガラス球、

ストロボ用ガラス球、切離装置、浮上時の位置表示装置（ラジオビーコン、フラッシャー）からなり、FRP製フレームに組み込まれている。

カメラはデジタルタイマーにより作動する。カメラ球とストロボ球は連結されておらず、照明用ストロボは、¹⁾カメラ球内にある小形ストロボの閃光をストロボ球内にあるスレーブが受け、同調発光する。

1977年に試作したプロトタイプ³⁾のフリーフォール方式カメラシステムは、抵抗係数が大きいため、落下および浮上速度が比較的遅く、水中重量12kgの重錘を使用した場合の落下速度は0.93m/s、浮上速度は0.6m/s程度であった。水深数100m程度の海域で使用するのであれば、この程度の落下および浮上速度で十分であるが、水深数1,000mといった大深度海域で使用する場合は、より大きな落下および浮上速度が必要となる。

そこで、この大形カメラシステムは、抵抗係数を小さくし、落下および浮上速度を大きくするため、図1に示すように、切離装置フレームの先端

^{*1} 海洋利用技術部

^{*2} Marine Utilization Technology Department

に取り付け、ガラス球を縦に配列した。また、切離装置の反対側に、模型実験で求めたカメラシステムを安定させるため、静的つり合い条件を参考にして製作したスタビライザーを取り付けた。

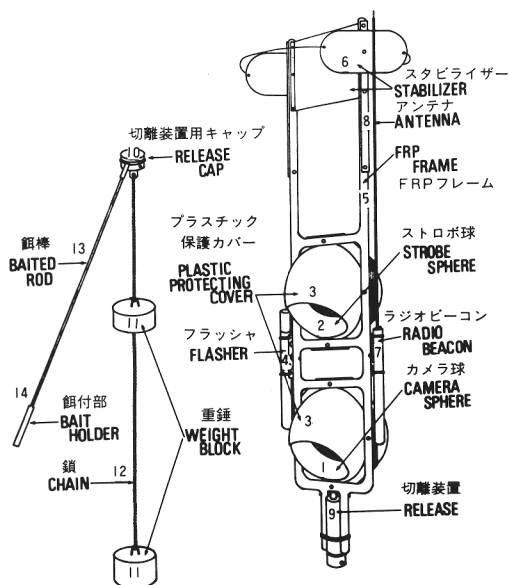


図1 フリーフォール方式大型耐圧ガラス球入り
深海カメラシステム

A free-fall deep sea camera system using 36cm submersible
glass spheres

しかし、抵抗係数が小さくなると、カメラシステムの落下慣性力による重錘着底後の沈込み距離が大きくなり、カメラシステムが海底に衝突する可能性がある。そこで、その沈込み距離を小さくするため、重錘を2段式とした。プロトタイプのフリーフォール方式カメラシステムは、2枚の亚克力製リングでガラス球をはさみ込み、そのリングをボルトナットで、フレームに固定していたが、システム総重量の軽減およびガラス球の取り付け角度設定を容易にするため、ABS樹脂製の保護カバー（ハードハット）を製作して使用した。

図1に示すように、カメラ球は垂直に対して40度、ストロボ球は50度の傾きをもたせ、斜め下方向を撮影するようになっている。また、このカメラシステムは、深海生物撮影を目的としているため、切離装置の切り離し用キャップに餌棒を取り付けてある。大型カメラシステムの仕様を表1に示す。

以上のような改造の結果、大型カメラシステムは、図2に示すような姿勢で落下および浮上し、

表1 フリーフォール方式大型耐圧ガラス球入り
深海カメラシステムの仕様

Specifications of the free-fall deep sea camera
system using 36 cm glass spheres

空中重量 weight in air	50kg
浮力 buoyancy	8.6kg
全長 length	2000mm
全幅 width	450mm
撮影枚数 Photograph	最大(max.) 250枚
耐圧 depth rating	5,000～ 6,700m (ガラス球の耐圧性能による)

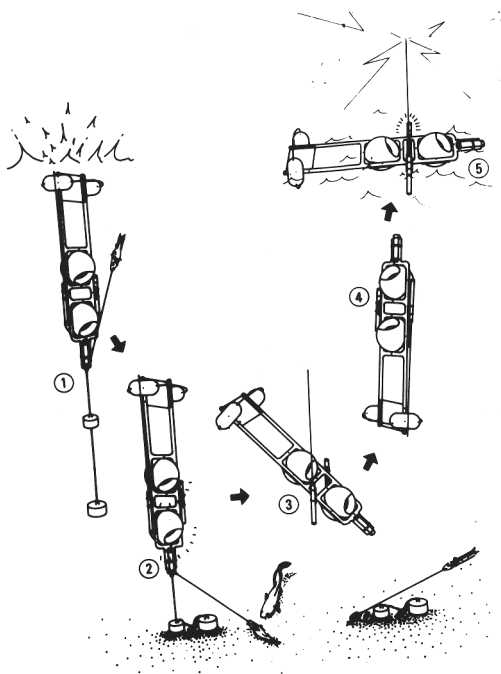
水中重量20kgの重錘（上段：9.5kg, 下段：10.5kg）を使用した場合の落下速度は約 1.5m / s、浮上速度は約 1.1m / s となり、浮上速度に関してはプロトタイプの約2倍にすることができた。

また、従来、カメラ駆動用タイマーは、タイマー用ICを利用したアナログ方式のものであり、安価で、軽量といった利点も多かったが、時間精度、消費電力等にまだ難点が残されていた。

そのため、今回は、原発振に3,2768MHzの水晶振動子を用い、時間精度が高いデジタルタイマーを製作して使用した。さらにC-MOSを利用して消費電力を小さくした。その結果、タイマー用電源として単Ⅲアルカリ乾電池を使用した場合には、アナログ方式タイマーでは連続10数時間程度の使用が可能であったものが、デジタルタイマーではその10数倍以上の連続使用が可能となった。

プリセットタイマーは、0～24時間の範囲で1min単位に設定でき、ドライブタイマーは、0～99sの範囲で1s単位、0～99minの範囲で1min単位、さらに24時間に1枚撮影するように設定することができる。また、プリセットタイマーは、ガラス球をシールしたのち、外部から作動可能である。照明用ストロボの電源はガラス球をシールしたのち、外部からON-OFFすることができるよう改造した。

1978年7月には、水産庁東海区水産研究所の小笠原方面海域における海産生物に関する調査の一環として、蒼鷹丸（498t）に乗船し、四国海盆



- ①落下, descending
- ②撮影, taking photographs
- ③重錘切離, release weight block
- ④浮上中, ascending
- ⑤海面, on the surface

図2 フリーフォール方式耐圧ガラス球入り
深海カメラシステムの動き
Motion of the free-fall deep sea camera

南東端部, 水深3400m (北緯30度07.2分, 東経 138度30.5分), また, 1978年11月には, 伊豆大島
北方, 水深1360m (北緯34度55.6分, 東経 139度
17.0分) および水深1570m (北緯 139度55.9分,
東経 139度20.2分) で, このカメラシステムを用
いた深海生物の写真撮影および回収に成功した。
撮影した深海生物の写真を写真1 および2 に示す。
これらの写真から, 深海の近底層における魚類の
バイオマスは, 少なくないことが示唆された。

3. フリーフォール方式小形耐圧ガラス球入り 深海カメラシステム

フリーフォール方式小形耐圧ガラス球入り深海
カメラシステムは, 外径26cm, 肉厚 1 cm, 実効浮
力 4.5kg, 空中重量 4.7kg の小形ガラス球を利用
したものである。

この小形ガラス球は, 1978年 6 月に宮城県牡鹿

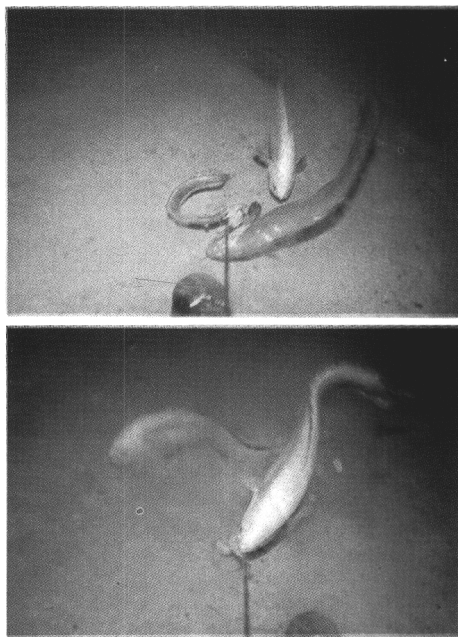


写真1 餌付カメラによる四国海盆南東端部にお
ける深海魚類, 水深3400m (北緯30度07.2分, 東
経 138度35.5分)

Baited camera photographs from the south-east edge of
the Shikoku Basin, depth 3400m (30° 07.2' N · 138° 35.5' E)

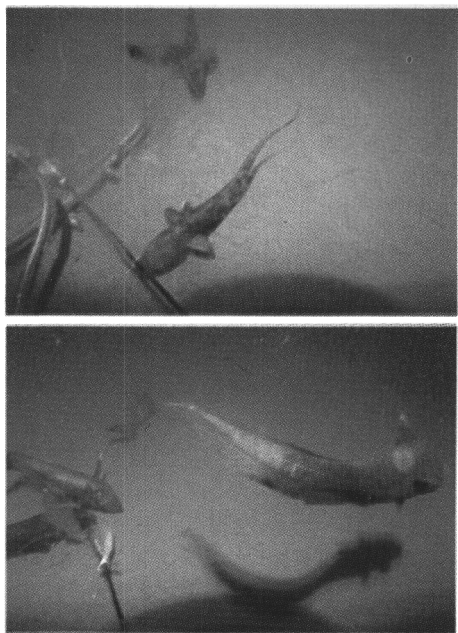


写真2 餌付カメラによる相模湾大島北方沖にお
ける深海魚類, 水深1570m (北緯34度55.9分, 東
経 139度20.2分)

Baited camera photographs from northward off the Oshima
Isl., Sagami Bay, depth 1,570m (34° 55.9' · 139° 20.2' E)

半島沖約 140マイルの日本海溝上海域で、耐圧試験を行った。この耐圧試験は、ワイヤの先端に約 150kg の重錘を取付け、その重錘の上方に 1.5m 間隔で網に包み込んだ小形ガラス球を 2 個結びつけ、そのワイヤを6500m 繰り出す方法で行った。その結果、小形ガラス球は漏水も、剝離もなく、全く健全であることが確認された。

この小形カメラシステムは、基本的には大形カメラシステムと同様であるが、システムの実効浮力が少ないため、極力軽量化を計った。このシステムの空中重量は19kg、実効浮力は 3 kg である。カメラ球は貫通部のあるものを用いており、カメラはワインダー仕様のオリンパスOM-1 に24mm、 $f = 2.8$ のズイコーレンズを取り付けたもので、大形カメラシステムとは異なり、スペースが少ないため、250フィルムバックを使用していない。また、照明用ストロボとカメラシャッターとの同調発光機構には、消費電力をより小さくし、電池の使用数を減らすため、コンタックス社製の赤外線コントローラーセットを利用した。さらに、切離装置には、電磁石を海中で使用できるように、コイル部をエポキシ系接着剤で固め、その一端に、米国ペントス社製耐圧ガラス球用コネクターのついたケーブルをつないだものを製作して使用した。この切離装置用タイマーおよび電源は貫通部のあるカメラ球内に組込まれ、コネクターを介して切離装置に連結されている。

この切離装置は、カメラのあらがじめ指定された枚数の写真を撮影し終わると、切離装置用電源がOFFになり、重錘を切り離すようになっている。

また、アルカリ単三乾電池を直列に 2 本用いた場合 (3 V) には、40kg の重錘を 2 時間保持することができ、たとえタイマーが故障した場合でも、電池がなくなれば、自動的に重錘が切り離される。カメラ駆動用タイマーは、小形カメラシステム専用に製作したもので、プリセットタイマーは 0 ~ 9900 s の範囲で 100s 単位に設定でき、ドライブタイマーは 0 ~ 99 s の範囲で 1 s 単位に設定できる。さらに、写真撮影枚数をカウントし、0 ~ 99 枚の範囲で、自由にその撮影枚数をあらかじめ指定することができる。

照明用ストロボは、オリンパスのクイックオート 310型を 1 台使用している。小形カメラシステムの構成を図 3、仕様を表 2 に示す。

各種実験の結果、この小形カメラシステムは、

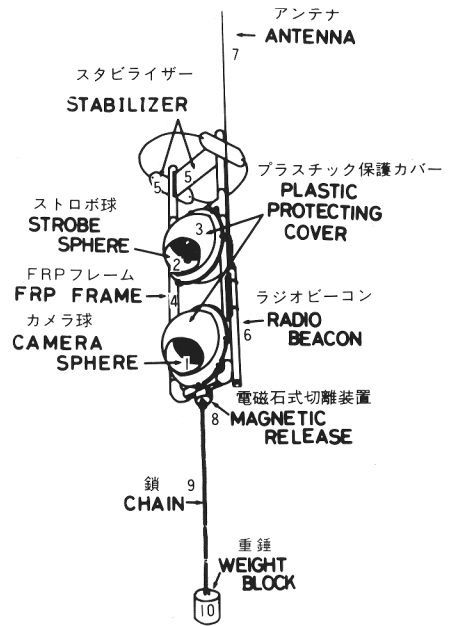


図 3 フリーフォール方式小形耐圧ガラス球入り深海カメラシステム

A free-fall deep sea camera system using 26cm submersible glass spheres

表 2 フリーフォール方式小型耐圧ガラス球入り深海カメラシステムの仕様

Specifications of the free-fall deep sea camera system using 26 cm glass spheres

空中重量 weight in air	19kg
浮力 buoyancy	3kg
全長 length	1200mm
全幅 width	340mm
撮影枚数 Photograph	最大(max.) 36枚
耐圧 depth satting	>6000m

大形カメラシステムと同様、図 2 に示すような姿勢で落下および浮上することが確認された。水中重量11kg の重錘を使用した場合の小形カメラシステムの落下速度は、約 1.6m / s、浮上速度は約 1.0m / s 程度であった。

1978年8月には伊豆初島沖水深30mの海域で実験を行い、写真の撮影および回収に成功した。撮影したものを写真3に示す。

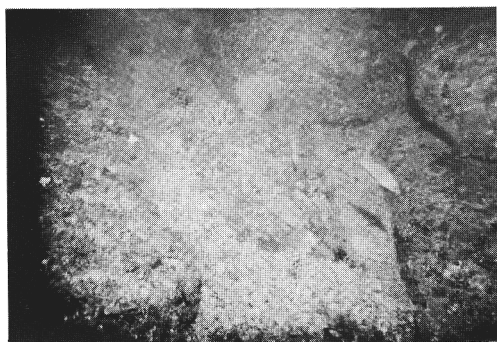
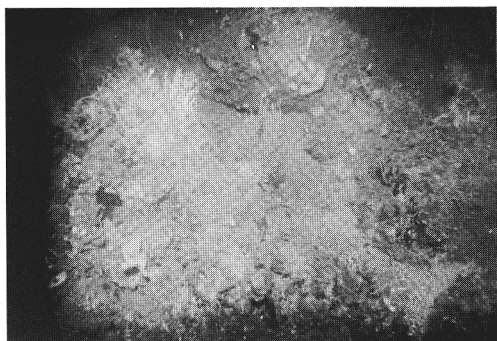


写真3 26cmフリーフォール方式カメラによる相模湾初島東方1km、水深30mの海底

Photographs taken by the 26 cm free-fall camera, depth about 30 cm, 1 km's eastward off the Hatsushima Isl., Sagami Bay

4. おわりに

今回試作した2種のフリーフォール方式耐圧ガラス球入り深海カメラシステムは、市販品と比較すると、多目的の使用が可能である。また、撮影機構が耐圧ガラス球内にあり、余剰浮力を利用しているため、浮力は比較的小さいが小形、軽量である。浮上速度は浮力と比較して増加されることができた。

しかし、耐圧ガラス球の大深度における連続使用回数についてはまだ疑問が多く、今後、この点についても研究の必要があろう。また、浮上位置表示用ラジオビーコンは、甲板上にマストや煙突など、大きな構造物がある船舶を用いて実験する場合には、電波がそれら構造物の影響を受け、方位判定ができないことがある。したがって、甲板上に金属製突起物が多い船舶で、このカメラシス

テムを使用する場合には、方向探知機用アンテナの設置場所等を十分考慮する必要がある。今後、撮影試験を通じて操作の簡便性、実用性の向上のための改造を行う予定である。

文 献

- (1) 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” 海洋科学技術センター試験研究報告第1号, p. 26~31
- (2) Hashimoto, J. and M. Hattori, ; “A self-buoyant free-fall deep sea camera using spherical glass housings ” (In preparation)
- (3) 服部 陸男, ほか; 1978, “耐圧ガラス球入り深海カメラ”, 海洋科学技術センター試験研究報告第2号, p. 1~8