

水中カメラ KG-6 のストロボ発光長期化改良と曳航海底撮影装置の開発

伊藤麻美,^{1*} 児玉正二,¹ 井上喜洋,¹ 五島正哲²

Improvement on Life Span of The Battery for a Strobe Light KG-6 and Development of a Stabilizing Towing Device for Underwater Photography.

Asami Ito,^{1*} Syoji Kodama,¹ Yoshihiro Inoue¹ and Masaaki Goto²

Key words : strobe light, underwater digital camera, stabilizing towing device, voltage controller.

Abstract

Underwater photographs of fishing gears and fish behavior are useful for fishery technical development and natural environment investigation. In our previous study, we used a voltage controller to extend the battery duration time in an underwater digital camera and be able to take photographs for longer time. In this time, we tried to apply a voltage controller to the stroboscope for getting clearer photographs. Photography experiments were conducted using a small set-net located at a 10m depth. We succeeded to take good quality photographs at intervals of 60 and 120 seconds, obtaining performance that lasted 19 and 14 hours, respectively. The newly developed voltage controller was effective at supplying power longer to the stroboscope used in our study.

In addition to that application, we developed a new stabilizing apparatus for taking underwater photographs clearly while towing a camera. Photography experiments were conducted using the training ships "Nanseimaru" and "Shiranami" at depth ranging from 20 m-200 m in the Kagoshima Bay. We succeeded in taking good quality photographs of fish and other organism.

本研究では、水中での長時間撮影を可能にするため水中デジタルカメラ KG-6 (以下、KG-6 とする) で開発した電力制御回路¹⁾を他の撮影用機器へ応用することおよび撮影実験補助器材の開発による撮影実験範囲の拡大を目的とする。

伊藤ら¹⁾は、市販されているデジタルカメラ (以下、デジカメとする) を水中での長時間撮影に対応するシステムの開発をおこなった。デジカメと乾電池の間に電力制御回路を組み込みデジカメへの長時間の電力供給を試みた。従来使用していた専用充電電池 (DB-60, リチウムイオン電池) もしくは単四乾電池 2 本 (アルカリ乾電池, オキシライド乾電池またはニッケル水素乾電池) 使用で

の撮影時間は 3.5 時間から 4 時間であったが、開発によって最長約 19 時間の撮影が可能となった。電力制御回路が長時間の電力供給に有効であることが証明されたため、KG-6 のストロボ電源への応用も可能であると考えた。KG-6 のデジカメ電源開発のみではストロボの使用可能時間がデジカメに比べて短く、撮影後半になるとストロボの電源の終了により不明瞭な画像がみられたためストロボの使用時間の延長が不可欠となった。ストロボの長時間使用が可能になれば昼夜に関わらずより鮮明な画像が得られると考える。撮影方法についてこれまでは魚網等に KG-6 を固定して水中撮影実験をおこなっていたが、KG-6 に撮影補助機材を取り付け曳航撮影が可能

1 鹿児島大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima, 890-0056 Japan)
(*Email:a-ito@fish.kagoshima-u.ac.jp)

2 後藤アクアティックス (株) (Goto Aquatics Co.LTD., 1160-5 Manazuru, Ashigarashimogun, Kanagawa, 259-0201 Japan)

となれば実験の幅がさらに広がると考える。

本研究では、① KG-6 で開発した電力制御回路をストロボと乾電池の間に組み込みストロボの使用時間の延長実験と画像の評価、② KG-6 での撮影実験のため補助機材の開発を目標とする。

材料と方法

本研究では、KG-6 で開発した電力制御回路をストロボに応用しストロボの使用時間の延長を試みた。また、KG-6 の水中撮影実験用の撮影補助機材を開発した。

ストロボ

一般にデジカメの純正ストロボは高価であるため本研究で使用したストロボは安価で入手が容易なストロボ(モーリス社製:ヒカル小町6)を1台使用した。ストロボの画像をFig.1のAに示す。

デジカメ

デジカメはRICOH社製の「GR DIGITAL」である。このデジカメを選択した理由は外付けフラッシュ用の接続端子が備わっていること、電池が持続する限り一定時間間隔でシャッターが切れるインターバル撮影が継続して可能であること、および安価であることが挙げられる。また、広い画角で撮影するために広角コンバージョンレンズ(RICOH社製:GW-1およびGH-1)を使用した¹⁾。デジカメおよび広角コンバージョンレンズをFig.1のBに示す。

ハウジング

本研究で作製したハウジングをFig.2およびFig.3に示す。Fig.2のAはハウジング正面を、Bは後方を示している。ハウジングはデジカメとストロボをそれぞれ収納する円筒容器をステンレス鋼板でつないだ構造とした¹⁾。

Fig.3のAに示したデジカメ収納部はカメラの正面レンズ側の蓋を不透明なMCナイロン801、円筒容器をステンレス鋼、後方側の蓋を透明ポリカーボネート樹脂でそれぞれ作製した。また、レンズ側の蓋にはレンズ前面に磨きガラスをはめ込んだ窓を取り付けた。カメラ前面蓋にガラス窓を組み込んだのは色差や歪みを回避するためである。デジカメを固定するアタッチメントを塩化ビニル角材で作製し取り付けた¹⁾。

Fig.3のBに示したストロボ収納部は、正面発光側の蓋を透明ポリカーボネート樹脂、円筒容器をステンレス鋼、後方側の蓋をMCナイロン801でそれぞれ作製した。この中にストロボ2個を取り付けた¹⁾。

ストロボの発光とデジカメのシャッターを同期させるため、両者をシンクロケーブルで電氣的に接続する必要があり、ウレタン樹脂で作製した水密コネクタをハウ

ジングのデジカメ収納部とストロボ収納部の後方に取り付けた。様々な実験深度に対応できるように、ハウジングおよび水密コネクタは耐圧水深が400mとなるように設計した¹⁾。

ストロボ電源

使用したストロボは内蔵電源として単三乾電池4本を通常使用する。このストロボの使用時間を延長させることで長時間撮影における明瞭な画像を得ることを目標とした。ハウジング内のストロボ収納スペースを有効に活用して多数の乾電池を搭載し、その電力を効率的に使用できるように電子回路を組み込むこととした。乾電池はリチウム乾電池(FUJIFILM, 起電力1.5V)を使用した。これは伊藤ら¹⁾の実験より長時間撮影に適切であると考えたためである。

本研究で用いたストロボをハウジングに装着すると単三乾電池8本をハウジング内に収めることができたため、これら乾電池8本を直列に接続した。直列に接続したのは、並列につないでそれぞれの乾電池に電圧差があった場合に電圧の低い電池に電流が流れ込んで発熱する可能性がありこれを回避するためである。しかし、乾電池8本の接続により電圧が12Vと高くなる。通常4本の乾電池を直列に繋いで使用するためその電圧は6Vに調整する必要があった。以上のことから、KG-6で開発した電力制御回路を使用し電圧を6Vに調整し、かつ電力を効率的に供給することとした。

このことにより電力を効率的に利用することが可能となった。ここで使用したステップダウンコンバータはマキシム・インテグレイテッド・プロダクツ社製のMAX1776である^{*1)}。

MAX1776は入力時の4.5Vから24Vの電圧を出力時に1.25Vから24Vに調整可能な電子部品である(最大出力600mA, 内部抵抗0.4Ω)。電子回路はMAX1776の製品情報に掲載されている回路図を参考とした。回路図をFig.4に示すものとした。MAX1776のIN端子とGND端子の間に12Vの電圧を入力した時に、 V_{out} とGND端子間の電圧が約6Vになるよう可変抵抗 R_1 と R_2 を調整した。

電子回路の基板は感光基板を加工して作製し、電子部品をこれに取り付けた。この電圧制御装置から出力する電圧をより安定供給させるため、作製した電子回路とストロボとの間に電気二重層コンデンサ C_3 を接続した。感光基板の加工作業は鹿児島大学工学部中央実習工場

^{*1)} Maxim Integrated Products.(2003). 24V, 600mA internal switch, 100% Duty Cycle, Step-Down Converter, 2:1-13.

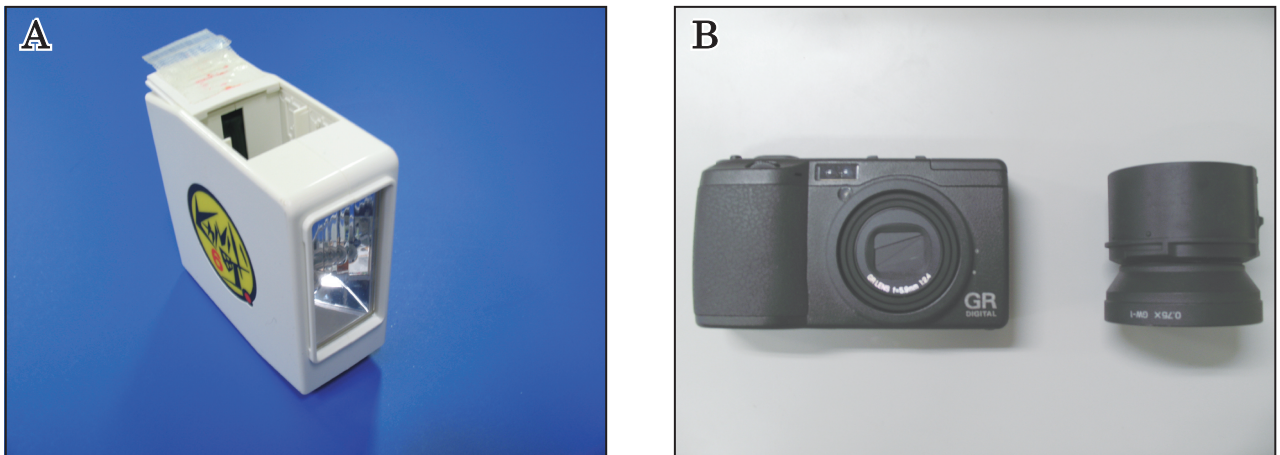


Fig. 1. A shows the Stroboscope and B shows the Digital camera.

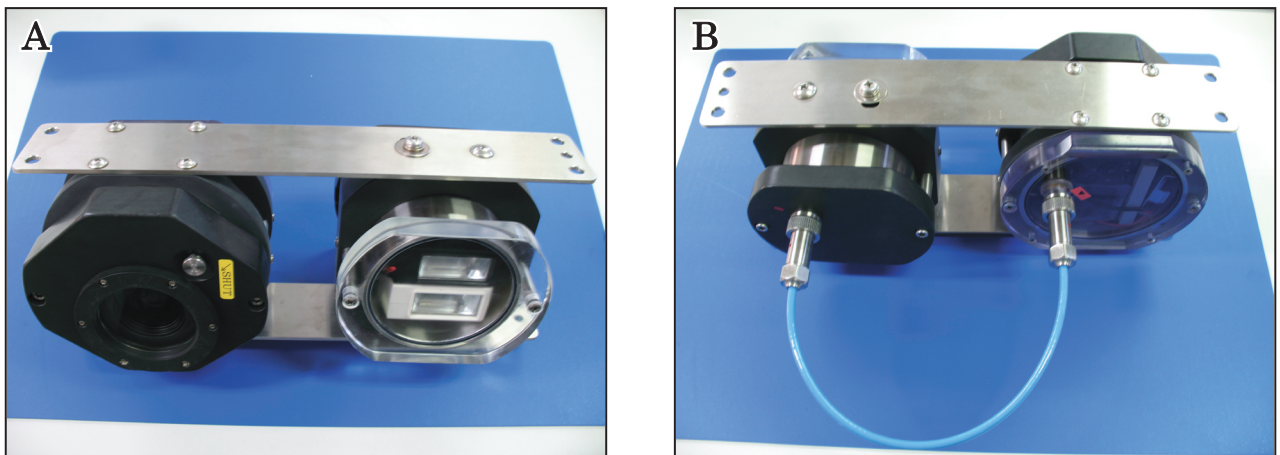


Fig. 2. Housing.
A shows the front of the housing and B shows the back.

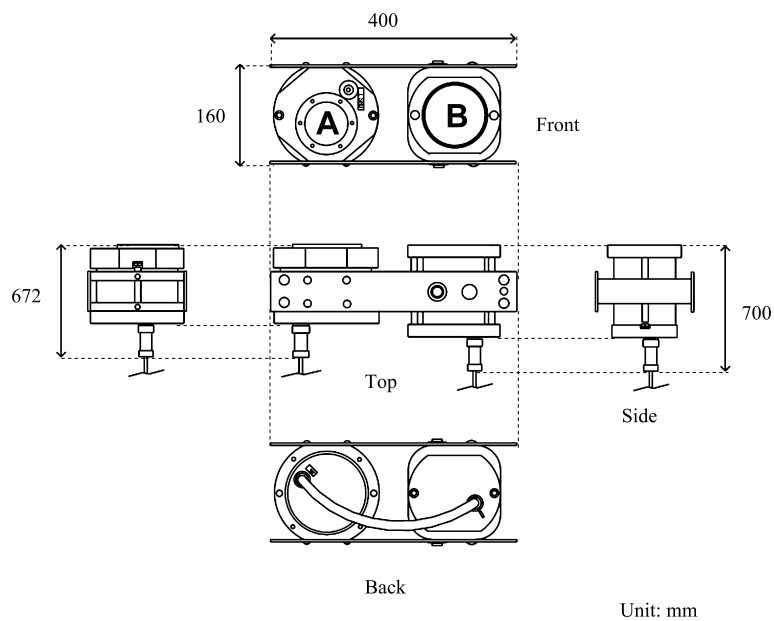


Fig. 3. Illustration showing digital camera housing.
A shows the waterproofed box of the digital camera and B shows the waterproofed box of the electronic flash.

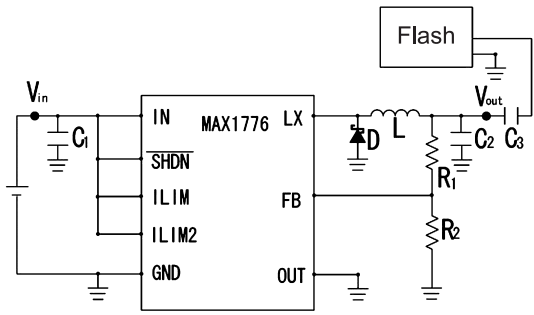


Fig. 4. Design of electronic circuit.

C_1 and C_2 show condensers of $100\mu\text{F}$, C_3 shows a condenser of 1F , R_1 and R_2 show variable condensers of $50\text{k}\Omega$, L shows a coil of $4.7\mu\text{H}$ and D shows a shot-key diode, V_{in} and V_{out} show the points were voltage was measured.

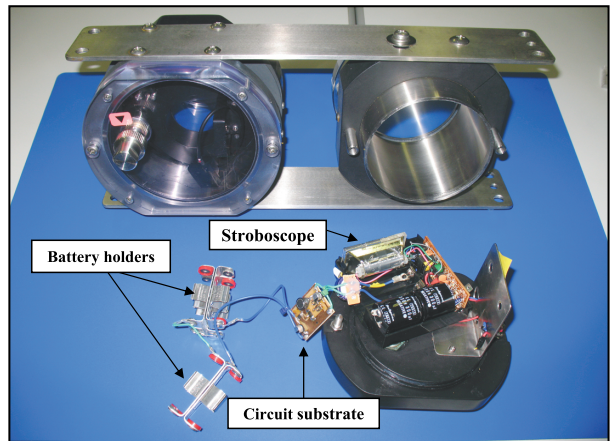


Fig. 5. Electronic circuit and battery holders with the housing.

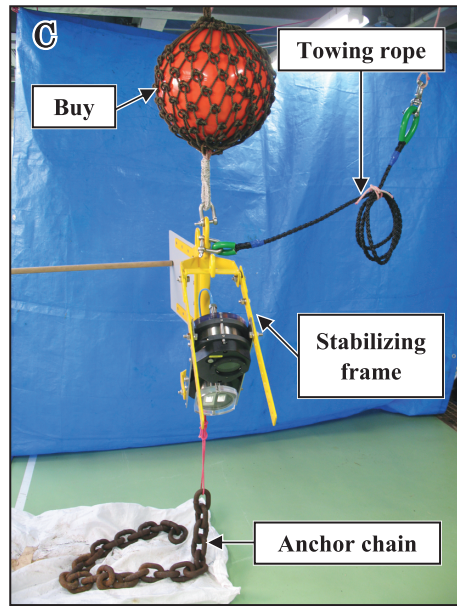
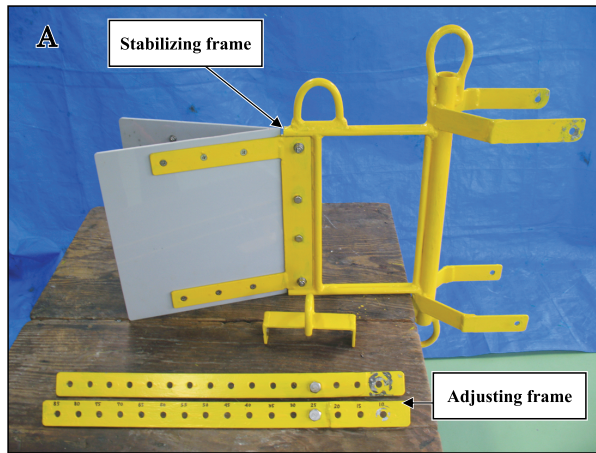


Fig. 6. Stabilizing towing device for underwater digital camera.

A shows the frame. B and C show actual position during towing, with buy, camera and anchor chain.

おこなった。Fig.5 に示すように、ストロボと電池ホルダー 8 個の間に電子回路を接続した。画像を Fig.5 に示す。

撮影実験補助機材の開発

KG-6 をさまざまな撮影実験に応用するため撮影実験中の KG-6 の位置を保つための撮影実験補助機材の作製をおこなった。平鉄 (5 mm × 50 mm)、シャフト (12 mm)、鋼管 (35 mm) 溶接加工し機材上部にフロート接続用のリング、下部に錘接続用のリングおよびバランス調整用の予備リングを溶接した。練習船での曳航の際、KG-6 のバランスを安定させるため塩ビ板 (5 mm × 300 mm × 300 mm) で作製した 2 枚の進路曳航翼を 30° に調整し取り付け。撮影実験をおこなう際海底の形状を考慮して KG-6 の取り付け角度を 5° 刻みで 85° まで調整できる脱着式アームを作製した。補助機材を Fig.6 の A に示す。機材から 2 m の位置に曳航用ロープのより戻しを接続した。これは曳航中ロープによりが入ると撮影機材のブレや回転につながりこれを回避するためである。実験機材の切り離しが容易に出来るようにロープの先端にアイを作製し機材に接続したより戻しに繋いだ。海底から約 2 m から 3 m の高さを保てるよう直径 350 mm、重量 4 Kg のフロートと重量 11.5 Kg の錘用の鎖 3 本で浮力を調整した。KG-6 との接続図を Fig.6 の B および C に示す。

撮影実験

改良を加えた KG-6 システムのストロボ性能評価するためにストロボ動作時間を求める実験をおこなった。また、撮影実験補助機材を KG-6 に取り付け実験に供することが可能な画像が得られるかを確認する実験もおこなった。

ストロボ動作時間の評価実験は鹿児島県南さつま市の片浦漁港沖に設置した教育実習用小型定置網内でおこなった。撮影システムは Fig.7 に示すように定置網羽口障子裏側の海底近くに取り付け、網内を回遊する魚および羽口から網内外へ入出網する魚を撮影対象とした。以前の開発と今回 KG-6 のストロボ電源に改良を加えたもののストロボの動作時間を比較した。デジタルカメラの連続した画像撮影の間隔を 60 秒と 120 秒に設定してデジタルカメラの撮影可能時間とストロボの動作時間を求めた。

改良を加えた KG-6 に補助機材を取り付け撮影実験をおこなった。鹿児島大学水産学部附属練習船「南星丸」および舟艇「しらなみ」で鹿児島湾内において撮影実験をおこなった。機材一式を船舶に設置されているロープと繋ぎ海底から約 2 m から 3 m の高さを保持し、曳航しながら水深約 80 m から 200 m の海底付近を撮影した。1

回の撮影実験時間が約 1 時間前後と短時間であったため撮影時間間隔を 5 秒から 20 秒に設定し、デジタルカメラ電源・ストロボ電源ともに専用充電電池 (DB-60) を使用した。

結果および考察

本実験で得られたストロボ使用時間を Table 1 に、実験で得られた画像を Fig.8 から Fig.11 に示した。Table 1 はストロボ発光のない画像が得られ始めるまでの時間とデジタルカメラが動作し続けた時間を示している。伊藤ら¹⁾の撮影実験結果よりストロボ改良以前は連続撮影が 10 時間を超えるあたりから数枚に 1 枚程度の割合で発光がなくなりその頻度が増し、最終的に発光が完全なくなる。原因として電源電圧が徐々に落ちやがて必要電力を満たさなくなることが挙げられる。設定した撮影時間間隔内にストロボ内のコンデンサへの充電が充分できず発光回数が減少したものと考えられる。Table 1 よりストロボに電力制御回路を組み込む前と後ではストロボの発光がない画像が撮影されるまでの時間が異なっている。連続撮影間隔が 60 秒では改良前は 9 時間後半から 10 時間前半でストロボの発光がない画像が得られ始めたが、改良後は 15 時間近く動作が持続した。同様に連続撮影間隔が 120 秒でも改良前は約 10 時間前半でストロボの発光がない画像が得られ始めたが、改良後は 19 時間以上動作が持続した。水中では鮮明な画像は得られにくく特に夜間などはストロボがなくては明瞭な画像は撮影不可である。Fig.8 は定置網内で撮影されたクロサギである。明瞭な画像が得られることがこの実験で確認できた。本研究より KG-6 でデジタルカメラ用に開発した電力制御回路はストロボにも応用でき多くの明瞭な撮影画像が得られることが期待される。今後の研究課題としてより安定に電力を供給するための大容量コンデンサの組み込みや電力制御回路の改良が挙げられる。

撮影実験補助機材を使用した実験で得られた画像の例を Fig.9 から Fig.11 に示す。南星丸での曳航撮影実験は撮影時間間隔 20 秒でおこなった。Fig.9 は海底付近を泳ぐカサゴ目フサカサゴ科の仲間であると考えられる。ウツカリカサゴである可能性が高いがこの画像のからは断定できない。Fig.10 の下方の生物は原索動物のサルパの連鎖個体もしくはクラゲの仲間の可能性がある。この生物は水中で捕獲して船上に上がる前にバラバラとなり元の原型を留めないため泳いでいる姿を確認できる画像は貴重である。しらなみでの曳航撮影実験は撮影時間間隔 10 秒でおこなった。Fig.11 は海底に設置された漁礁と漁礁内を回遊する魚の画像である。得られた画像から、曳航撮影実験用器材を取り付けた KG-6 で海中の生物や構造物を撮影できることが確認された。本研究で作製し

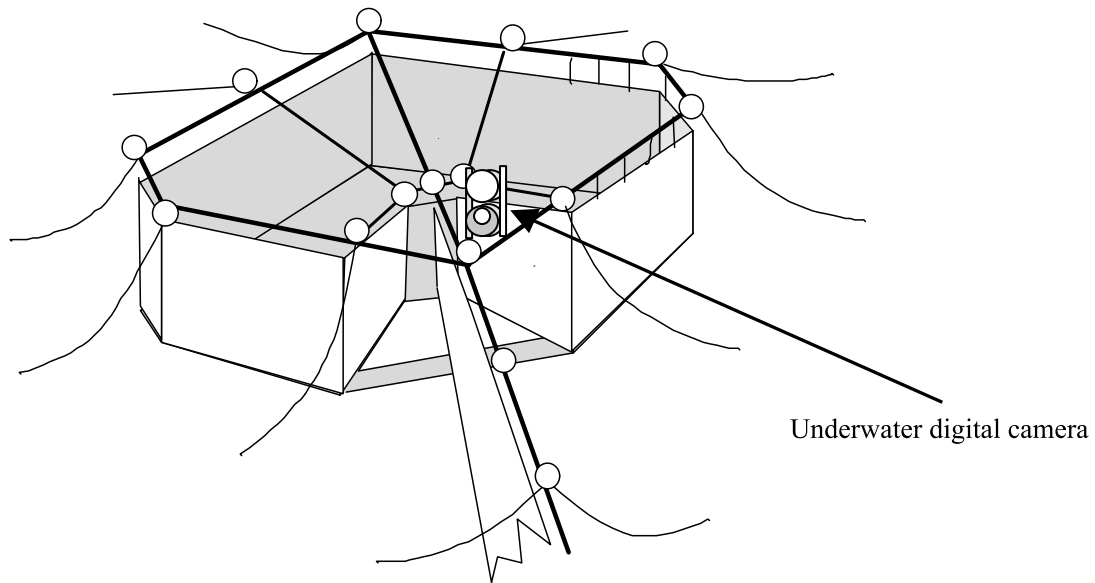


Fig. 7. Position of underwater digital camera and housing on a "Kago-type" set-net.



Fig. 8. Photograph of Black-tipped (*Gerr oyena*) in the set-net.



Fig. 9. Photograph of Scorpionfish (*Sebasticus tertius*) in the sea bottom.

た曳航撮影実験用器材は KG-6 のバランスを安定させ明瞭な画像撮影を可能にすることが確認された。

謝辞

本研究を進めるにあたりお世話になった方々にこの場をお借りして御礼申し上げます。撮影実験にご協力いただいた鹿児島大学水産学部附属練習船「南星丸」東政能

船長はじめ乗組員の方々、撮影画像の生物の同定にお力を貸していただいた鹿児島大学水産学部増田育司教授、小針統助教、様々なご助言をしてくださった宇野誠一助教に感謝の意を表します。また、重要な改良点の一つであるデジカメ電源の作製にご協力頂いた鹿児島大学工学部中村和夫技術専門職員、坂本武司技術職員ならびに撮影実験にご協力頂いた鹿児島大学水産学部技術部並松実



Fig. 10. Photograph of Companion of Hoya suspended in the water.

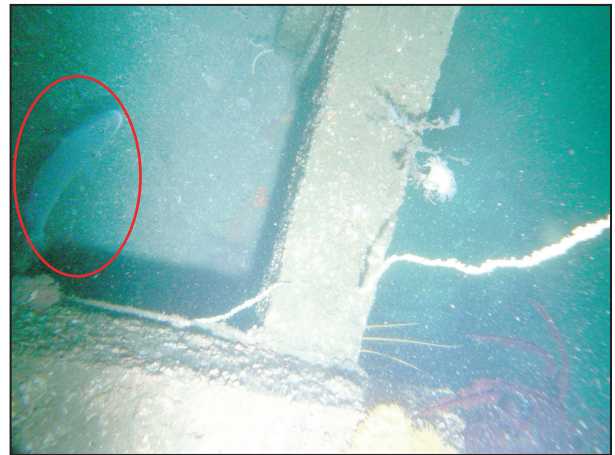


Fig. 11. Photograph of an underwater reef rocky area where fish live suspended in the water.

Table 1. Comparisons of duration times and first stop time of flash used in the KG-6 strobe light

Condition of strobe light	Interval between photos (sec)	Duration of battery		Number of photographs with flash
		until irregular flash	of camera	
Before Improvement	60	10:11	19:20	823
	60	9:40	19:40	575
	120	10:16	10:16	310
	120	10:38	10:38	321
After Improvement	60	14:47	14:47	888
	120	19:20	19:20	582

技術長，福倉勝広総務主任，長野章一技術主任および谷和博技術職員に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 伊藤麻美，井上喜洋，五島正哲（2007）．長時間撮影に対応した水中デジタルカメラ KG-6 の開発と性能評価，水産学部紀要，56：37-43

