

【研究報告】

BRUV を応用した八重山海域における 沿岸性魚類産卵集群モニタリング技術の開発

服部 素直*

Development of a monitoring method for spawning aggregations of coastal fishes in Yaeyama by using baited remote underwater video

Sunao Hattori*

八重山海域の産卵場保護区における BRUV (Baited Remote Underwater Video) を用いた魚類産卵集群モニタリング技術の開発に向け、BRUV 機体の構造、適切な光源色、モニタリングの時期について検証した。BRUV 機体については、三本足型、箱型、トの字型の3試作機を現場での試験と比較した結果、構造が単純で軽量、転倒しにくい「トの字型」に「根掛かり解消構造」を付けたものが八重山海域での運用に適すると考えられた。また、飼育環境下における魚類の光源色への反応を確認した比較試験では、赤色光が魚に警戒心を与えにくい可能性が示唆された。さらに、漁獲統計データの解析の結果、主な対象種であるイソフエフキでは、特定の季節・月周期（月周期月 LM03, LM04, LM05 の下弦前後 2-10 日間）に漁獲量および努力量あたりの漁獲量（CPUE）が高くなる傾向が認められ、産卵集群の形成を反映していると考えられた。これらの結果を踏まえ、トの字型構造に赤色ライトを装着した BRUV を採用し、2024 年 4 月から 7 月の特定の月周期においてユイサーグチ保護区内外で現場実証試験を実施した結果、BRUV で撮影された映像を基に、水産重要種を含む 24 種の魚類誘引を確認し、BRUV が多様な肉食性魚類のモニタリングに有効である可能性が示された。調査対象のイソフエフキ産卵集群は確認されなかったが、アミメフエダイでは、産卵集群とみられる群れが複数確認された。今後の調査では調査対象魚種の産卵生態に合わせた調整に加え、定量評価に向けた調査データの蓄積、集群の実態と映像の相関を把握することが課題である。

八重山海域では、2021 年 3 月に沿岸性魚類の産卵親魚保護を目的として、主要産卵場 6 海域が沖縄海区漁業調整委員会指示に基づく保護区として設定された。これらの保護区では、主要な対象種の繁殖の季節性・月周期性を考慮し、毎年旧暦 3 月から 4 月の期間中は全ての生物の採捕が禁じられている。特に保護区の一つであるユイサーグチは、イソフエフキ *Lethrinus atkinsoni* やアミメフエダイ *Lutjanus decussatus* 等の重要な産卵場であることが明らかになっている（秋田, 2012）。このような産卵場保護区を持続的な運営と沿岸性魚類の資源管理のためには、保護区内の産卵集群形成状況をモニタリングし、その保護効果を検証することが不可欠であるが、ユイサーグチでは継続的な産卵集群のモニタリングは実施されていない。

ユイサーグチをはじめとする八重山の産卵場では、釣獲調査や潜水調査による産卵集群の調査が実施されてきた（秋田・山内, 2012；海老沢, 1997；太田・名波, 2009）。産卵集群のモニタリングを目的とした場合、釣獲調査では、集群規模の定量が困難であり、親魚を採捕する必要があるため、資源への負担も懸念される。また、イソフエフキの産卵集群

が夜間、水深 20~30m 程のリーフ外の海域に形成されることから（海老沢, 1995）、潜水調査には、一定の潜水の技術と経験を持つ調査員および安全な調査体制を確保する必要があるが、人的資源の制限により、潜水に依らない調査方法を検討する必要があった。このような背景から、本研究では、オーストラリアなどで魚類群集の調査に利用されている BRUV (Baited Remote Underwater Video) の応用が検討された。BRUV は、水中カメラの先に餌の袋を吊るし、餌に蟬集した魚を撮影するシステムであり（Watson, 2010）、餌を使用することで無人撮影の欠点である狭い視野の中に魚を蟬集することができる。特にハタ類やフエフキダイ類、フエダイ類などの魚食性魚類を誘引できることが知られており、親魚を漁獲することなく、産卵集群の継続的なモニタリング調査に応用できる可能性がある。既往研究では、潜水による BRUV の設置と回収を行っているが、BRUV にロープを装着し、その先端に浮子を取り付けることで、投入から回収までの一連の作業を船上作業のみで行うことができれば産卵場保護区のモニタリングを継続的に実施するための技術となりうると考えられる（図 1）。

*E-mail : hattoris@pref.okinawa.lg.jp 石垣支所（現所属：本所）

¹現所属：水産海洋技術センター普及班

²現所属：沖縄県農林水産部水産課

本研究では、2022（令和4）年度から2024（令和6）年度に実施した BRUV の機体の改良と運用試験に関する一連の経緯、結果、および今後の課題についてまとめる。

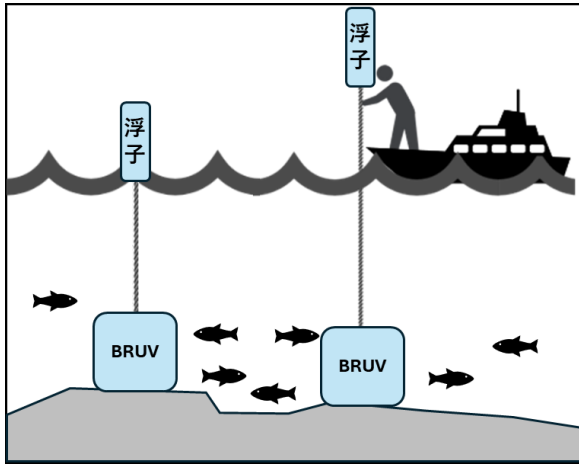


図1 船上から投入する BRUV のイメージ図

材料及び方法

(1) BRUV 機体形状の検討と改良

1) BRUV 機体形状の検討

予備調査として既往知見と同型の BRUV を八重山海域の産卵場で使用した結果、機体の形状に起因する以下の2つの問題点が明らかになった。①重心の高さによる転倒：起伏の激しいサンゴ礁に着地する際に転倒し、カメラの水平が保たれず撮影範囲が極端に狭くなる。②潮流による大きな揺れ：主に機体の接地面が不安定であるために発生し、誘引された魚が警戒して餌に近付きにくくなる。これらの問題を解決するため、3種類の試作機（三本足型、箱型、トの字型）をステンレス製寸切りを用いて製作した（図2）。これらの試作機について、2022年11月から2023年4月にかけて、川平湾湾口部およびユイサーグチの水深5～15m地点において、計4回、船舶上から投下して1時間の運用試験を行った。得られた映像を試作機間で比較し、着地時の安定性および機体の揺れを評価した。

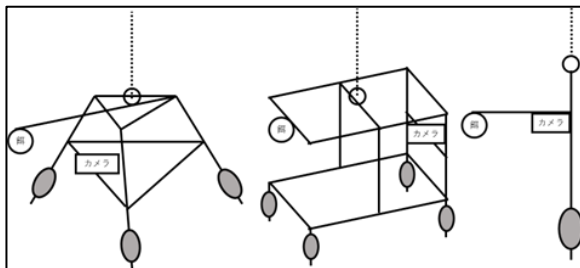


図2 BRUV の3種類の試作機の概要図

2) 根掛かり解消構造の作製

上記の試験で最も適したと判断されたトの字型 BRUV には、重りの部分が海底に根掛かりし、回収不能になるという新たな課題が生じた。夜間に水深30m前後の地点での調査を想定すると、潜水による根掛かり解除は困難であり、カメ

ラの水没や船舶の接触事故等のリスクも伴うため、根掛かり時に少なくとも海面に浮揚する部分およびカメラ部分を潜水せずに取り外せる構造の導入が必須と考えられた。この課題に対し、重りとなる脚部と撮影装置を据えた上部を分割し、それらを結束バンドで固定する構造を考案した。この構造により、根掛かり時に船上からロープを強く引くと結束バンドが外れ、上部のみを回収できるようにした。本構造の動作テストを2024年2月28日に川平湾内において実施した。

(2) 適した色の光源の検討

BRUV が潮の流れで揺れた際に、機体上の水中ライトに照らされた魚が驚いて逃げるといった課題が指摘されたため、光の色が魚に与える警戒度の差を検討した。暗環境下で静養したイソフエフキおよびゴマフエダイ *Lutjanus argentimaculatus* を収容した10kL水槽に、DiveExtreme社製マルチダイブライト DL2002 のモードであるMID（白）、赤、青の3種類の光で照らした餌袋を投入した。餌袋周囲の照らされた範囲をGoPro Hero 8 で記録し、投入直後から60分時点までの映像から、魚の映り込み回数を比較した。

(3) イソフエフキ産卵集群形成の月周期性の確認

イソフエフキの産卵集群形成については、漁業者の間でその時期が経験的に知られているものの、月周期性や集群量のピークなど詳しいことはよく分かっていない。産卵集群のモニタリングのためには、産卵集群形成の動態に関する知見が重要であるため、漁獲データを用いてナミハタ *Epinephelus ongus* の産卵集群形成状況を推定した手法（太田・海老沢, 2009）を応用し、漁獲統計データベースから八重山海域で漁獲されたイソフエフキ（セリ名称「クチナジ」）の、産卵場保護がなされていなかった期間である2002年から2007年までの日毎の漁獲量と努力量を集計し朔望月と対応させた。努力量は「クチナジ」を含む水揚げ隻数と沿岸性魚類を含む水揚げ隻数の2通り集計し、漁獲量をそれらの努力量で除した数値をそれぞれCPUE1、CPUE2として算出した。八重山地域には、八重山セリでの仲買業と本島セリへの出荷を並行して行う業者が存在し、それらの業者が本島セリへ出荷した魚は八重山セリを通じて購入したものか否かを判断できないため、それらの業者による出荷分は除外して集計した。

(4) 現場実証試験

トの字型 BRUV に赤色ライトを取り付け、ユイサーグチ保護区内外において実証試験を実施した（図3）。2024年4月28日、5月2日、5月30日、7月30日の計4回、日没前後1時間半程度を調査時間帯とした。撮影された映像を着底から60分の時点で区切り1調査単位の映像とし、そこから餌に誘引される様子（単に映像に映るだけでなく、餌に接触する、餌を見続ける、同一と思われる個体が複数回画面内に映りこむといった行動）が観察された魚種をリストアップした。また、イソフエフキの産卵集群形成状況を推定するため、映像内に同時に映った個体数（最大同時撮影数）を指標とし、

各調査地点における最大同時撮影数を計測した。また、試験を通して特に多くの個体が確認されたアミメフエダイについて、同様に最大同時撮影数の計測を行った。

結 果

(1) BRUV 機体形状の検討と改良

1) BRUV 機体形状の検討と改良

三本足型と箱型は、全ての脚が接地できた際には機体の揺れが少なかった。しかし、特に箱型では全ての脚の接地が困難であり、接地しなかった場合は潮流により機体に揺れが発生した。また、投下時に隆起した地形に引っかかるなどして転倒する事があった。加えて、機体の骨組みが複雑で積み重ねができない、場所を取る、1 台あたりの重量が重いといった課題も確認された。

一方、トの字型は、流速によっては映像に揺れが生じたが、投下時の転倒は起こらなかった。また、構造が単純で軽量であり、狭く不安定な船上においても取り回しが良いことが確認されたため、以後の試験にはトの字型を採用した (図 3)。

2) 根掛かり解消構造の作製

潜水者が BRUV の脚部を人為的に礁に根掛かりさせ、船上作業員が力を込めてロープを引いたところ、結束バンドが破断し上部を回収する様子が観察されたため、実証試験でも本構造を採用した (図 3)。

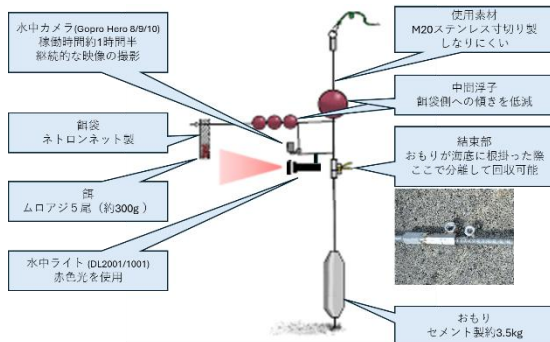


図3 採用したトの字型 BRUV の概要図

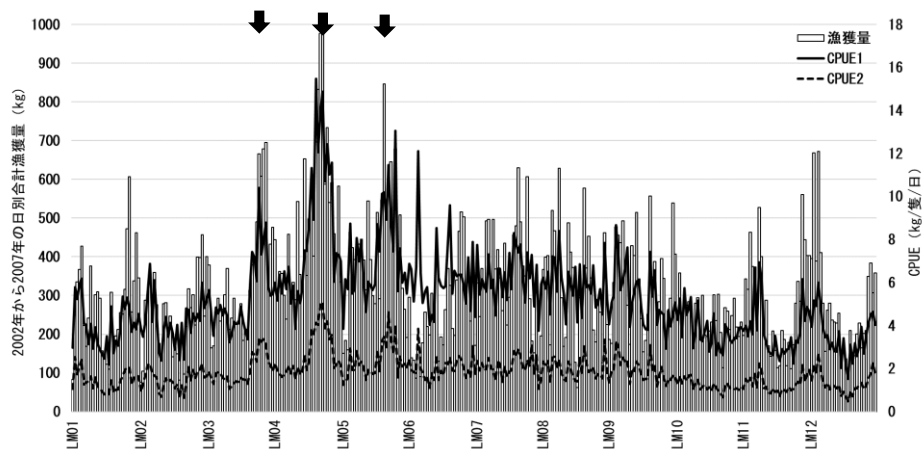


図5 イソフエフキの朔望月に対応させた2002年から2007年の日別漁獲量とCPUE。CPUE1にはセリ名称「クチナジ」を水揚げした隻数、CPUE2には沿岸魚類を水揚げした隻数をそれぞれ用いた。矢印はそれぞれLM03、LM04、LM05の下弦を示す。

(2) 適した色の光源の検討

図4にイソフエフキが映像に映りこんだ回数を光の色別に比較した。試行回数が少なかったため検定により統計学的有意差を検出することはできなかったものの、赤い光源を使用した際に映り込む回数が増える傾向が見られた。そのため、実証試験では赤い光源を採用した。

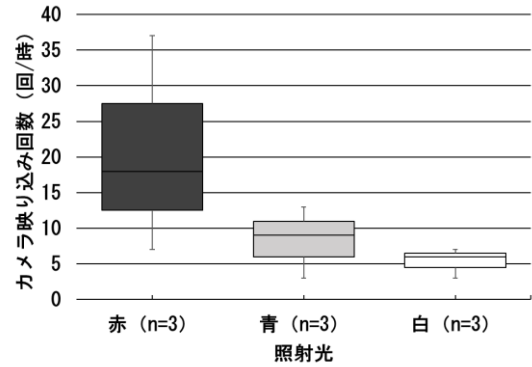


図4 イソフエフキのカメラ映り込み回数の比較図

(3) イソフエフキ産卵集群形成の月周期性の確認

新暦最初の朔月を LM01 として集計した日別漁獲量と CPUE をグラフに示した (図 5)。グラフから、LM03、LM04、LM05 の下弦前後 2~10 日間で両数値が高い値を示すことが確認された。2024 年の上記の期間は LM03 : 4 月 21 日~5 月 11 日、LM04 : 5 月 21 日~6 月 10 日、LM05 : 6 月 19 日~7 月 9 日であるため、計 4 回の試験を上記の期間内で 3 回と対照区として上記の期間外で 1 回実施することとした。

(4) 現場実証試験

延べ17機のBRUVによる映像を得た。撮影された映像からは、水産重要種を含む24種類の魚類が餌に誘引されている様子が確認された(表1)。各調査地点におけるイソフエフキの最大同時撮影数を図6に示す。撮影期間を通して1~2匹が撮影されることはあったが、産卵集群と考えられる大型の群れあるいは吸水管によると思われる腹部の膨満した個体は確認されなかった。アミメフエダイについては、保護区北東部の調査結果において、5匹以上の群れが複数回、複数の調査日にまたがって確認された(図7)。

表1 現場検証試験において餌に誘引された魚種の一覧

メジロザメ科
ネムリブカ <i>Trienodon obesus</i>
ウツボ科
ドクウツボ <i>Gymnothorax javanicus</i>
ヘリゴイシウツボ <i>Gymnothorax isingteena</i>
イトウドダイ科
アカマツカサ属不明種 <i>Myripristis</i> sp.
ハタ科
ヒレグロハタ <i>Epinephelus howlandi</i>
アカハタ <i>Epinephelus fasciatus</i>
アズキハタ <i>Anyperodon leucogrammicus</i>
バラハタ <i>Variola louti</i>
オジロバラハタ <i>Variola albimarginata</i>
ニジハタ <i>Cephalopholis urodeta</i>
フエダイ科
ヒメフエダイ <i>Lutjanus gibbus</i>
アミメフエダイ <i>Lutjanus decussatus</i>
バラフエダイ <i>Lutjanus bohar</i>
ニセクロホシフエダイ <i>Lutjanus fulviflamma</i>
イシフエダイ <i>Aphareus furca</i>
ホホスジタルミ <i>Macolor macularis</i>
イサキ科
チョウチョウコシヨウダイ <i>Plectorhynchus chaetodonoide</i>
イトヨリダイ科
キツネウオ <i>Pentapodus caninus</i>
フエフキダイ科
イソフエフキ <i>Lethrinus atkinsoni</i>
ノコギリダイ <i>Gnathodentex aureolineatus</i>
ヒメジ科
オジサン <i>Parupeneus multifasciatus</i>
アイゴ科
ハナアイゴ <i>Siganus argenteus</i>
モンガラカワハギ科
クロモンガラ <i>Melichthys vidua</i>
アカモンガラ <i>Odonus niger</i>

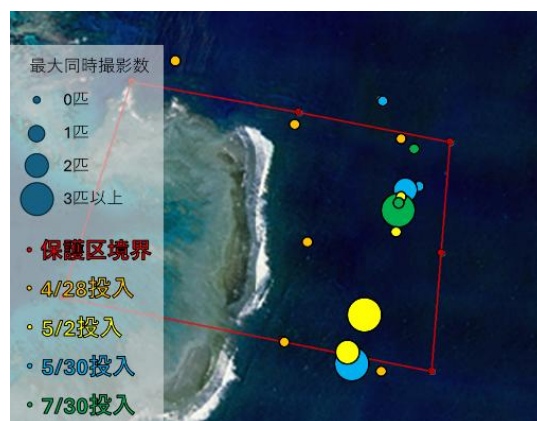


図6 現場実証試験におけるイソフエフキの最大同時撮影数

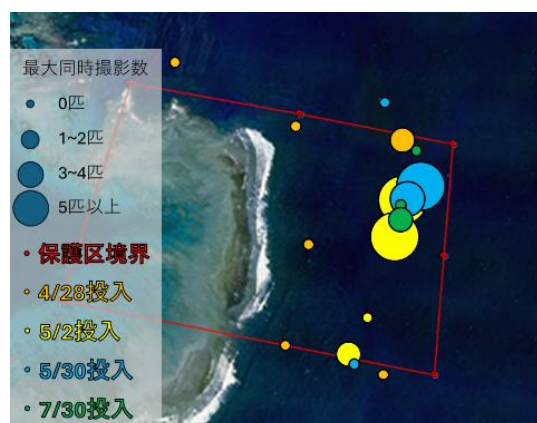


図7 現場実証試験におけるアミメフエダイの最大同時撮影数

考 察

現場実証試験の結果、BRUVが水産重要種を含む24種類の魚類を誘引し、撮影可能であることが示された。これは、BRUVが八重山海域の沿岸性魚類群集のモニタリングツールとして多様な肉食性魚類の分類群へ適用可能であることを示している。特に、周辺の魚食性魚類が誘引されることは、水産資源調査におけるBRUVの役割を評価する上でも重要な情報となった。しかし、主要なターゲットであるイソフエフキの産卵集群が確認されなかった点は、今後の大きな課題である。この原因として、現在の調査が日没前後で水深も比較的浅い場所で行われたことが挙げられる。秋田・山内(2012)及び海老沢(1995)ではイソフエフキの産卵活動が19時半から21時頃に、水深20~30m付近で行われるとされており、BRUVの投入時間帯をより深い夜間、かつ水深を対象魚種の産卵深度に下げて調整する必要性が強く示唆される。アミメフエダイにおいて群れが複数回、複数の調査日にまたがって確認され、これが集群である可能性が示唆されたことは、BRUVを用いた産卵集群モニタリングの有効性を示すものである。ただし、これらの結果がどの程度実際の親魚数や密度、集群の大きさを反映しているのかという定量性に

*E-mail : hattoris@pref.okinawa.lg.jp 石垣支所 (現所属：本所)

¹現所属：水産海洋技術センター普及班

²現所属：沖縄県農林水産部水産課

ついて検証するには、より多くの調査データ蓄積と、潜水調査などの他の手法を併用することにより集群の実態と得られた映像データの関係性をさらに詳しく調べる必要がある。

謝 辞

ユイサーグチでの試験に際して船長を務めてくださった八重山漁業協同組合所属の川崎豊氏に特別の感謝を申し上げます。また、水産海洋技術センター石垣支所の呉屋秀夫氏、仲本光男氏、玉盛文康氏には BRUV の作成を担当して頂いた。水産技術研究所八重山庁舎の名波敦主任研究員、水産海洋技術センター石垣支所の新垣優志朗研究員及び松田誠司研究員には現場実証試験で作業の補助をして頂いた。また、同支所の研究員の皆様、水産海洋技術センター海洋資源・養殖班の研究員の皆様からは試験についてご指導・ご助言を頂いた。この場を借りて感謝を申し上げます。

文 献

秋田雄一，山内岬． 2012． 八重山海域の産卵場保護区を利用する魚類の釣獲調査（八重山海域の魚類資源管理技術の

確立）． 平成 23 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書． 29-36.

海老沢明彦． 1995． 八重山海域におけるイソフエフキの資源生態調査（資源管理型漁業推進調査）． 平成 7 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書． 109-118.

海老沢明彦． 1997． 八重山海域におけるイソフエフキの資源生態調査（資源管理型漁業推進調査）． 平成 9 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書． 64-84.

太田格，海老沢明彦， 2009：ナミハタの産卵集群形成と月周期および水温との関係（八重山海域資源管理型漁業推進調査）．平成 20 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書． 28-35.

太田格，名波敦， 2009：ナミハタの産卵場での分布状況（八重山海域資源管理型漁業推進調査）． 平成 20 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書． 36-39.

Watson DL, Harvey ES, Fitzpatrick BM, Langlois TM, Shedrawi G. 2010. Assessing reef fish assemblage structure: how do different stereo-video techniques compare? Mar. Biol. 157, 1237-1250.