【研究報告】

沖縄島南部沖海域でポップアップアーカイバルタグを 装着して放流したキハダの行動 (マグロ・カジキ類漁場開発事業)

渡辺利明*, 濱川 薫

Behavior of yellowfin tuna tagged with pop-up satellite archival tags off the southern Okinawa Island.

Toshiaki WATANABE* and Kaoru HAMAKAWA

沖縄島南沖海域で2015年1月から2017年9月に、体長75~131cm のキハダ31個体に、衛星経由でデータを取得するポップアップアーカイバルタグをつけて放流した。放流海域が冷水渦と暖水渦の間にある時は、渦によって形成される流れの方向へ移動する傾向があり、短期的な移動には、中規模渦の配置などの海洋環境が影響していることが示唆された。キハダの遊泳水深は、夜よりも昼のほうが深い日周変化があった。夜の遊泳水深は100m以浅が主で、特に10m以浅が多いのに対し、昼の遊泳水深は100m以深が増えた。各個体の最大遊泳水深は285~1,496mであった。また、遊泳水深は行動により変化した。放流直後は、表層へ来ることが非常に少なく、パヤオに滞留する個体では夜間の表層での遊泳が顕著に多かった。移動する個体では夜間の表層遊泳時間が減少した。詳細なキハダの遊泳行動を分析すると、50m以浅を主に遊泳する型、100m以浅を主に遊泳する型、100m以深へ遊泳層を広げる型の3タイプに分類できた。

沖縄県のマグロ類は、生産量が9,965トンあり(2016年)、海面漁業全体の62%を占める重要魚類である。キハダは、マグロ類の中で最も多い4,037トンの漁獲があり、パヤオ周辺での漁業で46%漁獲され、沿岸漁業にとって非常に重要な魚種である。本研究では、マグロ類漁場開発事業の一環として、キハダの行動を調べるため、沖縄島南沖海域で2015年1月から2017年9月に、体長75~131cmのキハダ31個体に、衛星経由でデータを取得するポップアップアーカイバルタグをつけて放流した。

材料及び方法

(1) 放流魚

2015年1月から2017年9月に計12回,パヤオ周辺で釣りによりキハダを漁獲した.2017年の1回(17-1)は調査船図南丸での操業試験であったが、他の11回は糸満漁協あるいは港川漁協所属のパヤオ漁船を用船して放流を実施した.漁獲したキハダのうち状態の良好な個体を選んで放流魚とした.放流魚の体長(尾叉長)は75~131cmで、推定体重は8.1~42.1kg(Uchiyama and Kazama, 2003の体長-体重関係式から求めた)であった(表1).

(2) 標識と装着方法

ポップアップアーカイバルタグ(以下 PAT)は Wildlife Computers 社製の MiniPAT を用いた.本タグには、温度センサー、圧力センサー、光センサーがついており、水温、水深、光量を記録するとともに、記録した光量データから Wildlife Computers 社の位置推定プログラム GPE2 により 移動位置が推定できる。データ記録間隔は 90 秒、PAT の放流魚からの切り離しは 30 日後に設定した。PAT は海面に浮上後、記録データをアルゴス衛星へ送信し、ユーザーはアルゴスデータ処理センター経由でデータを入手する。放流魚の斃死やPAT の脱落で、海底や表層など同一水深帯に 3 日間ある場合や、水深 1,700m を超えた場合も、データを送信するように設定した。

PAT 下部には、放流魚に固定するための Domeier Anchor をワイヤーで繋いだ。また、遊泳時のぶれ抑制のためタグ中央部に Floy FIM-96 Tag を付けた。

PAT 装着時には、キハダの動きを抑えるため、海水を含ませたウレタンフォームの上に寝かせ、布で目隠しをした。また、酸欠防止のため、口に海水の流れるホースを差し込んだ。沈静化した放流魚の体長測定をした後、第二背びれ後端下部に Domeier Anchor を挿入した。その後方に、ぶれ抑制用のFloy Tag を挿入し、2点留めとした(図 1).

*E-mail: xx049430@pref.okinawa.lg.jp 本所

(3) 使用したデータ

放流後の移動については、9 日以上の位置データが得られた15 個体のキハダについて調べた.

放流後の異常行動については、放流直後から水深データが 連続的に得られた14個体のキハダについて調べた.

遊泳水深については、2,700 以上の水深データが得られた キハダ 13 個体について調べた.

結果及び考察

(1) 放流後のデータの回収状況

データを回収できたのは、放流31例のうち25例であった. そのうち設定通りPATが切り離され、その間のデータが得られたのは3例であった. 設定期限前データ回収は22例で、斃死とPATの脱落などの装着作業が原因と判断されたものが13例、PATの切り離しをするリリースピンの破損3例、捕食と判断された3例、再捕1例、不明2例であった. データが回収できなかったのは6例で、放流直後の斃死3例、データ送信なし2例、解読できない無効データの送信1例であった(表2).

放流魚の生存期間に得られたデータの取得時間は,150 時間未満が15 例で全体の48.4%あった(図2). データの解析には,200 時間以上のデータが得られたものを用いた.

今回の放流でのデータ回収率は81% (25/31), 設定達成率は10% (3/31) であった. マグロ類での PAT 放流研究例をみると, データ回収率は $50\sim100\%$ で, 設定達成率は $0\sim100\%$ であり (表 3), 今回の放流でのデータ回収状況は, 他の研究例の範囲内であったと判断される.

(2) 移動

放流後のキハダは、9~31 日間で放流地点から 13~503km 移動した(表 4). 放流後の放流地点からの移動距離の変化を見ると、あまり移動しなかったもの、放流直後から移動したもの、しばらく放流海域に留まった後に移動したものがあった(\boxtimes 3).

あまり移動しなかった個体は、個体 ID1502, 1503, 1607, 1609 であった. このうち 1503 は、放流したパヤオから 35km 離れた別のパヤオで 21 日後に再捕された. 周辺海域には複数のパヤオが設置されており、この間、これらに滞留していたと考えられる. この他、1502, 1607, 1609 も 10~18 日後の移動距離は 13~39km であった. 放流直後から移動した個体は、1501, 1506, 1511, 1601, 1603, 1606, 1608 であった. 放流後しばらく周辺海域に留まった後に移動した個体は、1507, 1508, 1509, 1703 であった.

放流後のキハダは、特定の方向に移動する傾向はなかった (図 4).

海面高度と移動を重ねてみると、放流海域が冷水渦と暖水 渦の間にある時は、渦によって形成される流れの方向へ移動 する傾向があり(図 5B, E, F)、短期的な移動には、中規模 渦の配置などの海洋環境が、影響していることが示唆された.

キハダの漁獲量が冷水渦周辺で高い (Hsu et al., 2015), メバチの CPUE が海面高度が高くなるほど増加する (Liu et al.,

2003), ビンナガの漁獲量が中規模渦周辺で高まる (Domokos et al., 2007) など, マグロ類の漁獲と中規模渦の関係を示した報告もあり, Domokos et al. (2007), Hsu et al. (2015)は, 渦周辺での餌生物の蝟集が, マグロ類が集まる要因ではないかとしている.

沖縄島南部海域で 1,000 個体以上のキハダを放流した太田・松本 (2005) は、長距離移動は北東方向に多いことを報告しているが、短期的な移動にはその時の海洋環境も考慮する必要があると考えられる.

(3) 放流の影響とみられる行動

放流後のキハダの遊泳水深記録をみると、放流後何日かは 表層に来ることは非常に少なく、それ以降の遊泳水深とは明 らかに異なっていた(図 6). これは、放流が影響した異常行 動と考えられ、放流した全ての個体でみられた. 異常行動の 期間は、1~4 日間で、2~3 日間が多かった(図 7).

(4) 遊泳水深

1) 遊泳水深の日周変化

キハダの遊泳水深は、昼夜で異なる日周変化があった。夜間は、100m 以浅を主として遊泳し、表層付近での遊泳が頻繁にある。日の出頃には潜行し、昼の間は夜間よりも深い層を遊泳する。日没頃には浮上し、遊泳層が浅くなる(図 8)。昼の平均遊泳水深が、夜間の平均遊泳水深より深かったのは、13個体、174日 のうち 153日 (87.9%) あった(図 9)。

各個体の平均遊泳水深は、夜間が $24.0\sim70.9$ m、昼が $48.3\sim235.0$ mで、昼夜の差は $11.3\sim169.8$ m あった(表 5). また、昼・夜の平均遊泳水深ともに放流月(Tukey-Kramer 法)、体長(相関係数の検定)による相違は認められなかった(図 10、11).

全13個体の遊泳水深データをまとめて、昼と夜の遊泳水深を示したのが図12である。キハダの各水深帯での出現頻度は、夜に10m以浅の表層が31%あり、100m以浅全体で94%あった。これに対し、昼には表層が10%となり、顕著に多い水深帯がなかった。また、100m以浅の頻度が過半を占めるものの、100mより深い水深帯の頻度が37%と多くなり、夜ほとんどなかった200mより深い層へも潜行した。

このようなキハダの遊泳水深の日周変化は、ハワイ諸島海域 (Holland et al., 1990)、メキシコ湾 (Weng et al., 2009)、インド洋南西海域 (Sabarros et al., 2015) でもみられている.

2)最大遊泳水深

各個体の最大遊泳水深は、 $285 \sim 1,496$ m で、今回放流した $80 \sim 130$ cm の体長範囲では、体長と最大水深には明瞭な関係 はみられなかった(図 13)。キハダの 1,000m 以深への潜行は、頻繁にあるわけではないが、インド洋セイシェル沖(Dagorn et al., 2007, 1260m)、パプアニューギニア沖(Leloy et al., 2009, 1315m)、南西諸島海域(松本、2013, 1230m)、太平洋メキシコ沖(Schaefer et al., 2014, 1602m)などからの報告があり、今回放流した個体に特異的にみられるわけではない。

3) 遊泳層の水温

放流した 13 個体のキハダの遊泳層水温は、2.6~30.8℃で

あった. 放流時期により平均海面水温が、 $22.8\sim28.7$ Cと6 $^{\circ}$ C 程度の変化があるので、海面水温により 4 グループに分けて遊泳層水温の出現頻度をまとめたのが図 14 である. 90%以上の遊泳頻度があった水温は、9 月放流群では、夜が 26 $^{\circ}$ C以上、昼が 24 $^{\circ}$ C以上で、11 月放流群(1603 を除く)では、夜が 25 $^{\circ}$ C 以上、昼が 21 $^{\circ}$ C以上で、1603 では、夜が 24 $^{\circ}$ C以上、昼が 20 $^{\circ}$ C 以上で、2 月放流群では、夜が 21 $^{\circ}$ C以上、昼が 18 $^{\circ}$ C以上であった。また、90%以上は、海面水温から $3\sim7$ $^{\circ}$ C以内の水温帯で、99%以上は、海面水温から $3\sim10$ $^{\circ}$ C以内の水温帯で遊泳していた(図 14、15).

キハダの遊泳層の最低水温については、太平洋メキシコ沖で 4.5°C(Schaefer et al., 2007)、インド洋セイシェル沖で 5.8°C(Dagorn et al.,2007)、メキシコ湾で 5.4°C(Hoolihan, 2014)などの報告がある。また、キハダの垂直移動に関する文献を検討した Brill et al. (2005)は、海面水温から 8°C以内の水深帯に 90%以上の時間いるとしている。南西諸島海域でも、松本(2013)は、分布層水温の 97%が海面水温から 8°C 未満であったとしている。

キハダは大部分の時間を海面水温から 10℃以内の水深帯 で遊泳するが、ごくまれにそれ以下の水深帯に潜行し 5℃程 度あるいはそれ以下でも遊泳するという、今回得られた結果 は、他の研究結果とも大きく異ならない。

4) 行動に伴う遊泳水深の変化

図 12 では、放流したキハダ 13 個体の遊泳水深をまとめて、平均像としての遊泳水深の頻度分布をみたが、1 日ごとの遊泳水深には、さまざまな型が観察された。夜は、表層(10m 以浅)に多い 1 型、50m 以浅に多い 1 型、50~100m 層に多い 1 型の 3 種類、昼は、これら(1~3 型)に加え 100m より深い層に多い 4 型の 4 種類があった。これら夜と昼の主な遊泳層から、1 日の遊泳水深は 12 種類に類型化された(表 6、図 16)。

放流直後は、前述したようにハンドリングによる影響と考えられる異常行動が $1\sim4$ 日間観察され、その間は、昼夜ともに50m より深い層での遊泳が多いIII-3、III-4 が82%を占めた(図17A).

放流の影響を除いた期間では、複数のパヤオに滞留していたと考えられる個体 1503 は、夜、全て表層での遊泳頻度が高い I 型で、中でも昼に $50\sim100$ m 層を主体に遊泳する I -3 型が 83%あった(図 17B).

移動中の個体では、夜間の表層主体の遊泳が54%に減少し、50~100m 層での遊泳頻度が高いⅢ型も36%あった. 昼は、100m より深い層が52%あった. パヤオに滞留しているものと比較すると、移動しているものは、昼、夜ともに深い層での遊泳が増加していた(図17C).

また、移動の少なかった個体では、夜に表層主体が 59%、50m 以浅主体が 31%と 50m より深い層での遊泳は少なく、昼には 1~4 型の相違が他と比較すると少なかった. これらは、パヤオに滞留していた個体と移動中の個体の中間的なものであった. (図 17D).

Schaefer et al. (2002)は、東部太平洋熱帯海域で、メバ

チにアーカイバルタグを装着して移動や行動を調べ、パヤオについている時 (associated type) は、そうでないとき (unassociated type) に比べ、昼、夜ともに浅い水深で泳ぐという結果を得ている。また、Matsumoto et al. (2013) も南西諸島海域で、メバチの同様の遊泳行動を報告している。

今回得られた結果から、キハダでもメバチと同様に、パヤオ等に滞留するときは、遊泳水深が浅くなると考えられる.

(5) 詳細な遊泳行動

これまでは、1 日単位で遊泳水深をみてきたが、より詳細にキハダの遊泳行動を分析すると、表層を遊泳したり、 $0\sim100m$ 層内で浮上潜行を繰り返したり、100m より深い層で浮上潜行を繰り返したりするなどしていた。これらを類型化すると、50m 以浅を主に遊泳する S 型、100m 以浅を主に遊泳する M 型、50m 以浅での遊泳は少なく、100m 以深へ遊泳層を広げる D 型の 3 タイプに分類できた。さらに主な遊泳水深で 9 類型化された(図 18、表 7).

パヤオに滞留、移動などのキハダの特徴的な行動ごとに詳細な遊泳行動をみてみると、パヤオに滞留していた個体 1503 は、昼には50m 以深で浮上潜行を繰り返すD2 が多いが、夜には表層のみを泳ぐS1, 50m 以浅を主とするS3 で 69%を占め、浅い水深帯での遊泳行動にシフトした(図 19A).

放流直後から移動した個体 1501 は、昼夜ともに 0~100m 層で潜行浮上する (M1, M2) 行動が多くみられた (図 19B).

放流 17 日後まで放流海域に留まり、その後移動した個体 1509 は、移動前後で遊泳行動が変化した。昼は 50m 以深 (D2) から 100m 以深 (D3) へと遊泳層が深くなり、夜は 0~100m 層での遊泳 (M1) 主体 から遊泳層が広がり、表層での遊泳 (S1)・100m 以深での遊泳 (D2) が増加した (図 19C, D).

今回の分析は、13個体と個体数が少ないので、ここで類型化した遊泳行動は一般化できないが、このような類型化は、今後キハダの行動を理解するうえで重要であると考えられる.

文 献

Block B. A. Dewar H., Farwell C. and Prince E. D., 1998: A new satellite technology for tracking the movements of Atlantic bluefin tuna. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95, 9384–9389.

Brill R. W., Bigelow K. A., Musyl M. K., Fritsches K. A. and Warrant, E. J., 2005: Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) behavior and physiology and their relevance to stock assessments and fishery biology. Collective Volume of Scientific Paper. ICCAT, 57(2), 142–161.

Dagorn L., Holland K. N. and Itano D. G., 2007: Behavior of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*T. obesus*) tuna in a network of fish aggregating devices (FADs). Marine Biology, 151, 595—606.

- Domokos R., Seki M. P., Polovina J. J. and Hawn D. R., 2007: Oceanographic investigation of the American Samoa albacore (*Thunnus alalunga*) habitat and longline fishing grounds. Fisheries Oceanography 16, 555—572.
- Domeier M. L., Kiefer D. Nasby-Lucas N., Wagschal S. and O'Brien F., 2005: Tracking Pacific bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) in the northeastern Pacific with an automated algorithm that estimates latitude by matching sea-surface-temperature data from satellites with temperature data from tags on fish. Fish. Bull. 103, 292–306.
- Ferter K., Tracey S, Hinriksson J, Bjelland O., Onandia I. and Nøttestad L., 2019: Tagging of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) with pop-up satellite archival tags (PSAT) in western Norway during 2018. Final project report prepared for the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) / Grand Bluefin Year Programme (GBYP) 2018 Phase 8.
- Goldsmith W. G., Scheld A. M. and Graves J. E., 2017: Performance of a low-cost, solar-powered pop-up satellite archival tag for assessing post-release mortality of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the US east coast light-tackele recreational fishery. Animal Bilotelemetry 5,29., https://doi.org/10.1186/s40317-017-0144-9.
- Holland K. N., Brill R.W. and Chang R.K.C., 1990: Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fishery Bulletin, U.S. 88, 493-507.
- Hoolihan J. P., Wells R. J. D., Luo J., Falterman B, Prince E.
 D. and Rooker J. R., 2014: Vertical and horizontal movements of yellowfin tuna in the Gulf of Mexico.
 Marine and Coastal Fisheries, 6, 211-222.
- Hsu A. C., Boustany A. M., Roberts J. J., Chang J. H. and Halpin P. N., 2015: Tuna and swordfish catch in the U.S. northwest Atlantic longline fishery in relation to mesoscale eddies. Fisheries Oceanography 24 (6), 508—520.
- Leroy B., Itano D. G., Usu T., Nicol S. J., Holland K. N. and Hampton J., 2009: Vertical behavior and the observation of FAD effects on tropical tuna in the warm-pool of the western Pacific Ocean. In: "Tagging and tracking of Marine Animals with Electronic Devices, Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries 9" (ed. By Nielsen J. L. et al.), Springer, 161–179.
- Liu C. T., Nan C. H., Ho C. R., Kuo N. J., Hsu M. K. And Tseng R. S., 2003: Application of satellite remote sensing on the tuna fishery of eastern tropical Pacific. Intenational Association of Geodesy Symposia 126, 175—182.

- Lutcavage M. E., Brill R. W., Skomal G. B., Chase B. C. and Howey P. W., 1999: Results of pop-up satellite tagging of spawing size class fish in the Gulf of Maine: do North Atlantic bluefin tuna spawn in the mid-Atlantic? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56, 173—177.
- Marcinek D. J., Blackwell S. B., Dewar H., Freund E. V., Farwell C., Dau D., Seitz A. C. and Block B. A., 2001: Depth and muscle temperature of Pacific bluefin tuna examined with acoustic and pop-up satellite archival tags. Marine Biology 138, 869—885.
- 松本隆之, 2013: アーカイバルタグによる西部太平洋におけるメバチおよびキハダの遊泳行動. 東京大学, 124p. 博士論文. http://hdl.handle.net/2261/58435.
- Matsumoto T., Kitagawa T. and Kimura S., 2013: Vertical behavior of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the northwestern Pacific Ocean based on archival tag data. Fisheries Oceanography, 22 (3), 234–246.
- 太田格, 松本隆之,2005: 琉球諸島におけるマグロ類の回遊生態IV. 平成15年度沖縄県水産試験場事業報告書,13-20.
- Patterson et al. 2008: Movement and behaviour of large southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) in the Australian regoin determined using pop-up satellite archival tags. Fish.Oceanogr. 17, 352—367.
- Sabarros P. S., Romanov E. V. and Bach P., 2015: Vertical behavior and habitat preferences of yellowfin and bigeye tuna in the South West Indian Ocean inferred from PSAT tagging data. Indian Ocean Tuna Commission, 17th working Party on Tropical Tunas, Montpellier, France. IOTC-2015-WPTT17-42Rev 1.
- Schaefer K. M. and Fuller D. W., 2002: Movements, behavior, and habitat selection of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern equatorial Pacific, ascertained through archival tags. Fishery Bulletin, U.S. 100, 765—788.
- Schaefer K.M., Fuller D. W. and Block B. A., 2007: Movements, behavior, and habitat utilization of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the northeastern Pacific Ocean, ascertained through archival tag data. Marine Biology, 152, 503-525.
- Schaefer K. M., Fuller D. W. and Aldana G., 2014: Movements, behavior, and habitat utilization of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in waters surrounding the Revillagigedo Islands Archipelago Biosphere Reserve, Mexico. Fisheries Oceanography, 23, 65—82.
- Uchiyama J. H. and Kazama T. K., 2003: Updated weighton-length relationships for pelagic fishes caught in the central north Pacific Ocean and bottomfishes from the northwestern Hawaiian Islands. NOAA Fisheries, Pacific Islands Fisheries Science Center Administrative Report H-03-01.

Weng K. C., Stokesbury M. J. W., Boustany A. M., Seitz A. C., Teo S. L. H., Miller S. K. and Block B. A., 2009: Habitat

Gulf of Mexico determined using pop-up satellite archival tags. J.Fish Biol. 74, 1434—1449.

表1 キハダ放流の概要

放流ID	放流日	放流位置	個体ID	放流時刻	体長 (cm)	体重 (kg)	データ取得時間*	備考
2014年度								
			1401	8:22	84.5	11.7	0	斃死
14-1	1/20	港川パヤオ1番	1402	9:03	94.8	16.3	0	斃死
			1403	9:36	88.6	13.4	0	送信なし
14-2	2/7	港川パヤオ7番	1404	10:30	76.8	8.9	0	送信なし
			1405	11:08	74.5	8.1	39	斃死
14-3	2/14	港川パヤオ6番	1406	8:36	85.2	12.0	30	捕食?
			1407	7:59	89.0	13.6	287	斃死
14-4	3/5	糸満パヤオ19番	1408	9:05	84.0	11.5	0	無効データ
			1409	9:55	83.0	11.1	51	斃死
				2015	5年度			
		港川パヤオ5番	1501	6:45	99.8	18.9	243	PAT脱落
15-1	9/15		1502	8:05	111	25.9	248	PAT脱落
10 1	5/10		1503	8:35	111.5	26.2	502	再捕
			1504	12:30	107	23.2	65	斃死
		糸満パヤオ13番	1505	6:45	120	32.5	31	斃死
			1506	7:12	125	36.7	598	捕食?
15-2	11/9		1507	9:14	114	28.0	594	捕食?
			1508	9:45	116	29.4	461	設定日に分離
			1509	10:21	131	42.1	739	設定日に分離
			1511	13:19	92.5	15.1	233	設定日に分離
				2016	3年度			
16-1A	11/13	糸満パヤオ19番	1601	9:30	120	32.2	249	リリースピン破損
16-1B	11/10	糸満パヤオ16番	1602	14:45	115	28.5	25	斃死
16-2	11/27	知念パヤオ3番	1603	9:30	95	16.4	318	リリースピン破損
16-3	12/5	知念パヤオ3番	1604	9:45	110	25.0	0	斃死
	2/8	/8 糸満パヤオ7番	1605	10:44	84	11.5	80	斃死
			1606	11:11	85	11.9	207	PAT脱落?
16-4			1607	11:38	84	11.5	389	生死不明
			1608	11:42	89	13.6	587	生死不明
			1609	12:00	88	13.1	433	リリースピン破損
				2017	7年度			
17-1	8/8	久米島中層 パヤオ10番	1701	10:07	116	29.2	112	斃死
17-9	9/11	/11 糸満パヤオ15番	1702	7:31	117	29.9	134	斃死
17-2			1703	8:00	117	29.9	454	斃死

^{*:} 放流魚が生存している間に得られたデータの期間

and behaviour of yellow fin tuna $\it Thunnus \, albacares \, in \, the$

表2 PATのデータ回収状況

放流数 3	1	
データ回収 2	5	
設定通り	3	
設定期限前	22	
斃死		10
PAT脱落		3
リリースピン破損		3
捕食		3
再捕		1
不明		2
データ未回収	6	
放流直後の斃死	3	
デ ータ送信なし	2	
無効データ	1	

表4 放流後のキハダの直線移動距離

個体ID	放流日	経過日数	移動距離(km)
1501	2015/9/15	10	220
1502	"	10	39
1503	"	21	35
1506	2015/11/9	25	206
1507	"	25	54
1508	"	31	272
1509	"	31	136
1511	"	31	152
1601	2016/11/13	10	128
1603	2016/11/27	14	184
1606	2017/2/8	9	203
1607	"	16	15
1608	"	25	503
1609	"	18	13
1703	2017/9/11	19	76

表6 観察されたキハダの遊泳水深類型

型	夜に多い遊泳層	昼に多い遊泳層		
I -1		表層(10m以浅)		
I -2	表層(10m以浅)	50m以浅		
I -3		$50\sim 100 \mathrm{m}$		
I -4		100mより深い		
Ⅱ -1	50m以浅	表層(10m以浅)		
Ⅱ -2		50m以浅		
П-3	50加以伐	$50\sim 100\mathrm{m}$		
Ⅱ -4		100mより深い		
Ⅲ -1	50~100m	表層(10m以浅)		
Ⅲ -2		50m以浅		
Ⅲ -3		$50\sim 100 \mathrm{m}$		
Ⅲ -4		100mより深い		

表5 キハダの昼夜の平均遊泳水深 (m)

個体ID	昼	夜	昼夜の差
1501	50.6	39.3	11.3
1502	68.5	38.2	30.3
1503	83.5	25.9	57.6
1507	103.0	27.4	75.6
1508	108.3	32.9	75.4
1509	119.5	50.4	69.0
1511	86.5	60.4	26.1
1601	98.3	32.5	65.7
1603	125.5	70.9	54.6
1606	235.0	65.2	169.8
1607	77.1	46.4	30.7
1609	58.1	26.0	32.0
1703	48.3	24.0	24.4

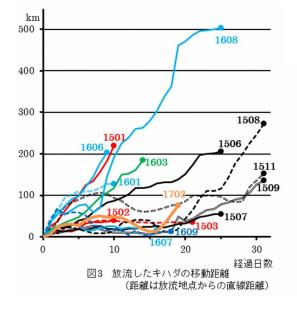
(放流直後の異常行動を除く)

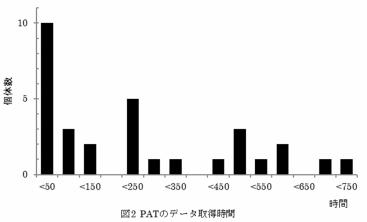
表7 キハダの遊泳行動の特徴

	S1	表層(10m以浅)を主に泳ぐ	
	S2	50m以浅を泳ぐ	
_	S3	50m以浅を主に泳ぐが、より深い層にも潜行する	
	M1	100m以浅で浮上潜行を繰り返す	
	M2	50-100m層を主に泳ぎ、ここから表層に浮上する	
	D1	0~200m層で浮上潜行を繰り返す	
	D2	主に50mより深い層で浮上潜行を繰り返す	
	D3	主に100mより深い層で浮上潜行を繰り返す	
_	D4	300mより深く潜る	



図1 キハダに装着したMiniPAT





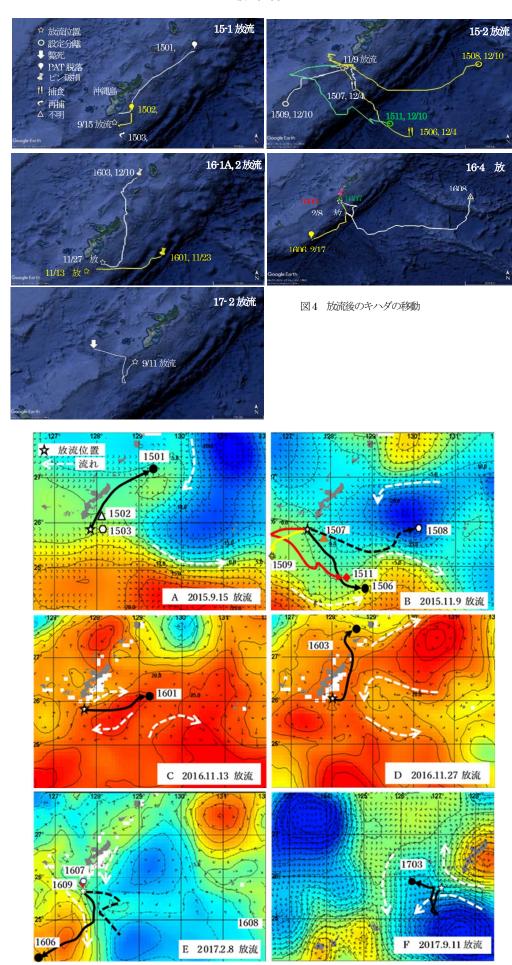


図5 放流後のキハダの移動と海面高度

