

水槽実験による標識放流調査に適した外部標識の検討 (沖縄沿岸域の総合的な利活用推進事業)

秋田雄一*

Evaluation of tagging methods for mark-recapture research under artificial rearing condition

Yuichi AKITA*

八重山海域の産卵保護区で実施している標識放流調査での再捕率を向上させるため、水槽実験により3種類の外部標識を評価した。標識は、背鰭軟条基底部分に装着することとし、アンカー型タグを反対側まで貫通させたもの、貫通させずに担鰭骨にアンカーを引っ掛けたもの、ダート型の3種類とし、被装着個体の死亡率、標識の脱落率、装着部分の出血状況を比較した。試験期間155日での死亡率と標識の脱落率には、3種で有意差は見られなかったが、装着部分の出血状況は、非貫通型のアンカータグが貫通型のアンカータグに対して有意に軽微である傾向が見られた。本研究の結果と、装着の容易さ、標識番号の確認のしやすさなどから、標識放流調査に用いる標識方法として、非貫通型のアンカータグが適当であると考えられた。

八重山海域は、県内の沿岸性魚類の漁獲量の約3割を占める重要な海域であり(太田, 未発表資料)、ハタ類、ブリ類、フエフィダイ類の一大漁場となっている。しかし、その漁獲量は過去25年間で大幅に減少し、その一因として産卵集群を形成する魚種への過剰な漁獲が関係していることが示唆されている(秋田ほか, 2015)。そのため、八重山海域ではイソフエフィなど4~6月頃が産卵期となる魚種を対象に、産卵場が形成される海域を操業禁止の保護区に指定する資源管理に取り組んでおり、沖縄県水産海洋技術センター石垣支所ではその効果を検証するために産卵場での標識放流調査を実施してきた(秋田, 2013)。

魚類における外部標識として、ダートタグは装着が容易であることから、フエダイ属の1種(Whitelaw・Sainsbury, 1986)やマダイ属の1種(McGlennon・Partington, 1997)、ナミハタ(Nanami et al., 2014)などで用いられてきた。アンカータグは、汎用のタグガンを使用するため、ダートタグよりもさらに装着が容易で、大量に装着作業をする場合に適していることや安価であることなどから、アカガレイ(横山ほか, 1990)、マダイ(森ほか, 1993)、オニオコゼ(太田ほか, 2010)など様々な魚種に対して用いられてきた。またアンカータグは、標識が数十本単位で融合しているため、標識番号の確認が簡便であるという利点を持つ。

当支所が、平成2012, 2013年に石西礁湖内に設けられている産卵保護区の一つであるユイサーグチで実

施した調査では、計353個体にダートタグを装着して放流したが、再捕が得られていない。2014年は、調査日数、動員数を増やし、標識方法をアンカータグ(本研究の標識Bに相当、本文参照)に変更して1,256個体に標識放流したところ、17個体が再捕されたが(再捕率1.4%)、再捕個体のうち7個体(41.1%)では、2本装着した標識のうち、1本が脱落していた。このことから、標識の脱落や、標識装着による魚体への負荷が再捕率の低迷に関係している可能性が示唆され、標識方法を改善する必要があると考えられた。そこで本研究では、フエフィダイ属およびフエダイ属魚類に3種の外部標識を装着し、陸上水槽で飼育することで各標識の脱落率および標識魚の生残率を比較して、標識放流調査により適した標識方法を検討することを目的とした。

材料と方法

1) 供試魚の採集と飼育

本研究に用いた供試魚は、2013年12月4日~2014年1月7日にかけて計4回、川平湾北東沖水深約40mの海域で、釣りによってアミフエフィ23個体、ハナフエフィ3個体、アミメフエダイ2個体、ミンサーフエフィ2個体、ニセクロホシフエダイ1個体、ホオアカクチビ1個体、イソフエフィ1個体の計33個体を収集した。釣獲後、水圧の変化により腹部を上に向けて浮上してしまう個体については、注射針を使用して鰾の空気を抜いた。釣獲した供試

*Email: akitaych@pref.okinawa.lg.jp

魚は、魚槽に収容して持ち帰り、FRP製角形水槽（1.0 t）で数日間斃死する個体がないか確認した後、試験水槽（アクリルコンポジット巡流水槽：9.2 t）に収容した。試験水槽には、白点病等の寄生虫疾病の発生を抑制するため、銅イオン発生装置を通した砂濾過海水を使用し、また供試魚が隠れられるよう、コンクリート製ブロック（39×19×15 cm）を15個配置した。標識装着前を含め、飼育期間を通して供試魚には2日ないし3日に1回程度の頻度で日本配合飼料株式会社製マダイ用配合飼料（マーキュリー d-8 号）を飽食するまで手撒き給餌した。水槽には、Onset 社製ティドビット V2 を垂下し、2 時間毎に水温を記録した。

2) 標識の装着

試験水槽に収容した供試魚は、標識装着まで約 2 週間～1 ヶ月程度馴致させ、斃死した 2 個体を除いた 31 個体を試験に用いた。本研究では、試験用の外部標識として Hallprint 社製アンカータグ 2 種（以下、標識 A、標識 B；図 1-a, b）、同社製ダートタグ（以下、標識 C；図 1-c）の 3 種の脱落率および被装着魚の生残率を比較することとした。なお、体外に露出するマーカ部分の長さが各標識で同程度になるよう、標識 C についてはマーカ長が 30 mm になるよう切り詰めた。供試魚は、計測版を用いて尾叉長を 1 cm 単位（mm 以下切り捨て）で計測し、種を記録した（表 1）。計測後、飼育水で濡らしたスポンジの上で標識を装着した。装着には、標識 A と標識 B ではバノック社製タグガン、標識 C ではステンレス製アプリケーションをそれぞれ使用し、装着位置は、背鰭軟条下部の体側背側に左右 1 本ずつとした（図 2）。標識 A は、非貫通型とし、体側から差し込んだ標識のアンカー部分を担鰭骨に引っ掛けて固定した。標識 B は貫通型とし、体側から差し込んだ標識のアンカー部分を反対側に露出させて固定した。標識 C は、標識 A と同様に担鰭骨にダート部分を引っ掛けて固定した。供試魚の数は、各標識タイプとも 10 個体としたが、標識 B では、装着に失敗して貫通しなかったもの（計 3 本）があったため、11 個体とした。なお、貫通しなかった標識 B3 本は、標識 A として扱った。従って、各標識の装着数は、タイプ A から 23 本、19 本、20 本であった。生残率の比較には、貫通型標識の装着に失敗した 3 個体を解析から除いたため、比較に用いた各標識装着個体数は、タイプ A から、10 個体、8 個体、10 個体とした。

3) 供試魚の生残と標識の状態の記録

本研究の試験期間は、2014 年 1 月 15 日から 6 月 19 日（155 日間）とし、試験期間中はほぼ毎日標識の脱落や供試魚の斃死を水面から目視で確認した。期間中、約 2 週間から 1.5 ヶ月に 1 回の頻度で水槽を清掃し、

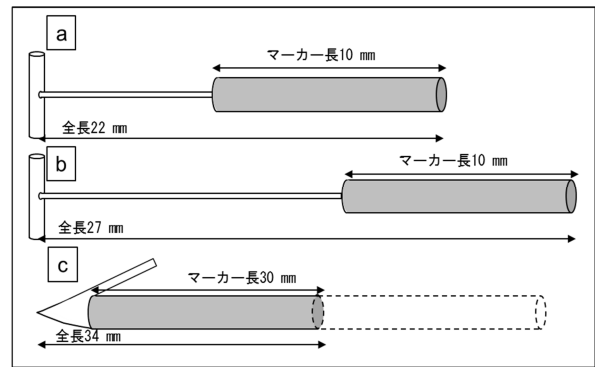


図 1. 試験に用いた標識 a：アンカー型（非貫通），b：アンカー型，c：ダート型

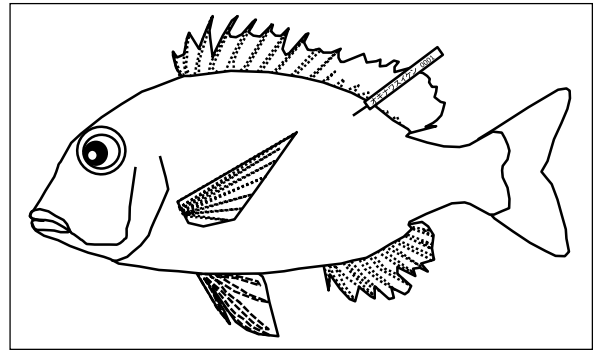


図 2. 標識装着位置の模式図

水槽内に脱落した標識や斃死魚が沈下していないか確認した。また、この際供試魚の標識装着部分を観察し、全個体についてデジタルカメラで撮影した。撮影した写真は、実験終了後にパソコンのディスプレイ上で確認し、標識装着部分の出血状況を 4 段階（出血なし：0 点、出血少：1 点、出血多：2 点、糜爛：3 点、図 3）で点数評価し、清掃時ごとに各個体の得点を記録した。なお、標識 B については標識が体側反対側に貫通しているため、標識が装着されている側のみの出血状況を評価した。

4) データの解析

試験終了時における標識タイプごとの供試魚の生残率と標識残脱率について、Pearson の χ^2 検定により、群（標本タイプ）間の差異を検定した。

供試魚の状態を確認した記録日ごとに、標識装着部分の出血状況を群間で得点に差異があるかを Kruskal-Wallis 検定により検定した。群間で差異が見られた場合は Bonferroni 補正をした Wilcoxon の順位和検定でどの群間で差異があるかを検定した。

なお、本研究での統計処理には、統計解析ソフト R ver. 3.1.2（R Core Team, 2014）を使用した。

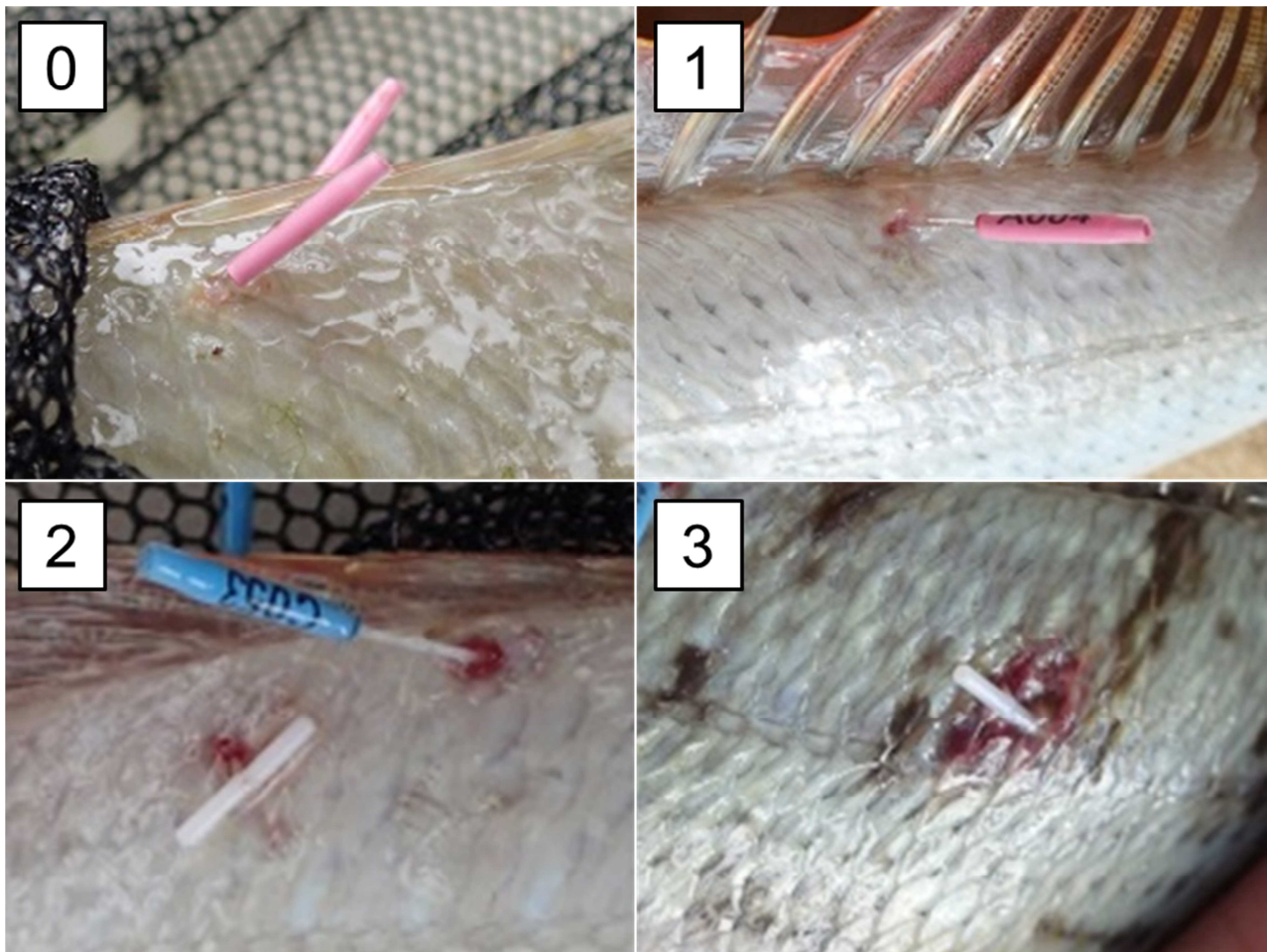


図 3. 標識装着部分の出血状況. 凡例は, 出血状況の得点を表す.

- 0: 出血なし (2014 年 5 月 7 日観察 ミンサーフエフキ (標識 A : #012, #013))
 1: 出血少 (2014 年 2 月 13 日観察 アミフエフキ (標識 A : #004, #005))
 2: 出血多 (2014 年 4 月 2 日観察 アミフエフキ (標識 B : #053, #054))
 3: 糜爛 (2014 年 2 月 13 日観察 アミフエフキ (標識 B : #057, #058))

結果

飼育水槽の水温は, 2014 年 1 月 15 日から 6 月 19 日の試験期間中 19.1~28.6℃ (平均 22.9℃, 図 4) であり, 2014 年 4 月 15 日に所内の配管不具合で約 1 日海水の供給が停止した以外は, 飼育施設に問題はなかった.

試験期間 155 日を通して標識 A 装着個体が 2 個体 (20.0%), B 装着個体が 2 個体 (25.0%), C 装着個体が 3 個体 (30.0%) 斃死したが, 群間の死亡率に統計的な有意差はなかった. ($\chi^2=0.244$, $P=0.885$). また, 斃死個体に装着されていた標識を除いて, 標識 A が 6 本 (31.6%), 標識 B が 5 本 (33.3%), 標識 C が 9 本 (64.3%) 脱落し, 脱落した標識の平均残存日数は, それぞれ 81.5 日, 102.2 日, 58.1 日で (表 2), 標識タイプによる脱落率には有意差がなかった ($\chi^2=4.171$, $P=0.124$).

各個体の標識装着部分の出血状況得点の推移を表 3 にまとめた. 装着魚の斃死や脱落がなかった標識に

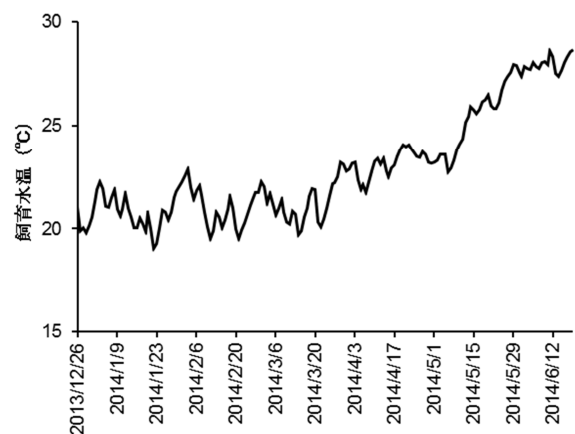


図 4. 飼育期間 (2013 年 12 月 26 日~2014 年 6 月 19 日) における試験水槽の水温.

ついて, 出血状況を確認した合計 6 回の観察結果を経時的に見ると, 標識 A では, 得点が低下した後そ

の状態が継続していたものが7本で、得点が増加したものは2本であり、どちらとも言えないものが5本であった。標識Bでは、得点が低下したのが2本、増加したのが2本、どちらとも言えないものが8本であった。標識Cでは、得点が低下したものが3本、どちらとも言えないものが2本であった。なお、標識BおよびCでは、出血状況得点が3点になった後に斃死した個体が1個体ずつ見られた。標識タイプ間で得点の順位和を比較したところ、6月19日以外の記録日で群間に有意差が見られ、標識AとBでは6月19日以外の記録日で、標識AとCでは、5月7日に有意差が見られた(表4)。

考察

本研究では、水深約40 mの海域で釣りによって供試魚を採集したが、標識放流調査においても標識魚の採集は釣りであり、水深20~40 m程度の海域で操業している。標識放流における主な調査対象種はイソフエフキであり、本研究で得られた供試魚の多くは同属のアミフエフキであったため、釣獲による魚体への負荷を評価するには不適當である可能性があるが、両種は近縁であることから、参考にはできると考えられる。本研究において、釣獲後から試験の開始までに斃死した供試魚は2個体(6%)であったことから、水深の変化や釣獲時のハンドリングによる負荷は、それほど大きくないと考えられた。

太田ほか(2007)の体長体重関係式を用いて供試魚の体長から推定した供試魚全体の合計重量は約6.7 kgであり、収容密度はトンあたり0.7 kgであった。フエフキダイ属のハマフエフキの種苗生産においては、採卵用の親魚(平均48.3 cm, 2.3 kg)を30トン水槽に30個体収容しており、良好な採卵成績を得ている(木村ほか, 2000)。このときの平均体重から推定した収容密度はトンあたり約2.3 kgであった。また、木村ほか(2000)では、飼育に生海水を使用し、月に1度水槽を入れ替えていた。これに対し本研究では、銅イオン発生装置を通した砂濾過海水を使用し、同等の頻度で水槽を清掃していた。これらのことから、本研究での供試魚の飼育管理は、収容密度、疾病対策管理ともに問題なかったと考えられ、釣獲のハンドリングおよび標識装着以外の負荷が供試魚に影響を与えていた可能性は小さいと考えられた。

アンカータグやダートタグといった外部式の標識では、装着による物理的ダメージやハンドリングストレスなどで供試魚の死亡率が増加することや(Whitelaw・Sainsbury, 1986)、遊泳能力に影響を及ぼすことが報告されてきた(森ほか, 1993)。標識装着による供試魚への影響を評価するには、標識を装着せずに標識魚と同一の条件で飼育した対象区が必要であるが、本研究では採集された供試魚の個体数が少な

く、対象区を設けることができなかったため標識方法ごとの違いについてしか考察することができなかった。本研究では、統計的な有意差は見られなかったものの標識C(ダートタグ)装着個体の死亡率が高い傾向が見られたが、このような傾向が標識方法の違いに起因するものかを判断するためには、対象区を設けたさらなる研究が必要であると考えられた。

フエダイ属の1種では、アンカータグを装着した供試魚よりも、ダートタグを装着した供試魚の脱落率が高いことが報告されている(Whitelaw・Sainsbury, 1986)。本研究では、有意差は見られなかったものの、標識C,B,Aの順に脱落率が高い傾向が見られた。一方標識装着部分の出血状況は、標識Aで有意に得点が低い傾向があり、標識AとBでは6月19日を除いて有意差が見られた。本研究において、標識Bは、標識が供試魚の体側を貫通し、遊動していたため、装着部分の傷口の回復を阻害していたと考えられる。標識Cにおいても、標識のダート部分が担鰭骨に引っかかって固定されていた個体は出血が軽微であったのに対して、ダート部分が筋肉中にあり、遊動していた個体は、装着部分に糜爛が見られ、それが斃死の原因と考えられる個体が見られた。マダイでは、本研究の標識Bと同様に尾部に貫通させて装着したアンカータグによって装着部分の糜爛が起き、飼育期間109日で52.4%が脱落したことが報告されている(森ほか, 1993)。一方、オニオコゼでは、本研究の標識Aと同様に担鰭骨にアンカー部分を引っ掛けて固定したアンカータグの飼育期間422日間における脱落率は0%であったことが報告されている(太田ほか, 2010)。これらのことから、外部標識が遊動する状態にあると、装着部分の組織の回復が阻害され、出血や糜爛状態をもたらし、それが標識の脱落や標識魚の斃死につながると考えられた。

本研究において標識Aの標識B,Cに対する脱落率の違いは明確ではなかったものの、標識装着部分の出血が最も少ないことが明らかになり、このことが標識魚の斃死に影響している可能性が示唆されたが、詳細な脱落率や死亡率を比較するためには、対象区を設け、標本数を増やしたり、飼育期間を延長したりしてさらに検討する必要があると考えられた。

本研究により明らかになった標識Aの利点と、アンカータグの装着の装着簡便性を考慮すると、標識放流調査に用いる外部標識としては、非貫通型のアンカータグが最も妥当であると考えられた。

謝辞

本研究を実施するに当たり、第三育美丸の佐々木真船長、技術補佐員の仲本光男氏には供試魚の採集で大変お世話になりました。また、非常勤職員の齋

藤壮悟氏，村山雅庸氏，新垣拓海氏，根間栄裕氏，吉川太郎氏には，水槽と供試魚の維持管理に協力していただきました．ここに御礼申し上げます．

文献

- 秋田雄一，太田 格，海老沢明彦，上原匡人，2015：八重山海域における1989～2013年までの沿岸性魚介類の漁獲動向の変化について．平成25年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書，00-00.
- 秋田雄一，2013：八重山海域の魚類資源管理技術の確立（八重山海域の産卵保護区における標識放流調査）．平成24年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書，8-8.
- McGlennon D., Partington D., 1997: Mortality and tag loss in dart and loop-tagged captive snapper, *Pagrus auratus* (Sparidae), with comparisons to relative recapture rates from a field study. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 31: 39-49.
- 森 勇人，谷口順彦，関 伸吾，山岡耕作，1993：生態形質によるマダイ種苗標識法の検討．水産増殖，41：141-147.
- Nanami A., Kawabata Y, Sato T., Yamaguchi T., Kawabe R., Soyano K., 2014: Spawning migration and returning behavior of white-streaked grouper *Epinephelus ongus* determined by acoustic telemetry. *Marine Biology*, 161: 669-680.
- 太田 格，工藤利洋，山本以智人，2007：主要沿岸性魚類の体長－体重関係式（八重山海域資源管理型漁業推進調査）．平成18年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書，184-188.
- 太田健吾，島 康洋，渡辺研一，2010：オニオコゼ *nimicus japonicus* における改良したスパゲティ－アンカータグの標識としての有効性と識別可能期間．水産増殖，58：225-231.
- 木村基文，本永文彦，中田祐二，仲村伸次，真境名真弓，石垣 新，2000：親魚養成と採卵．平成12年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書，16-27.
- R Core Team, 2014: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Whitelaw A. W. and Sainsbury K. J., 1986: Tag loss and mortality rates of a small tropical demersal fish species, *Lutjanus carponotatus* (Pisces :Lutjanidae), tagged with dart and anchor tags. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 37: 323-327.
- 横山信一，前田辰昭，中谷敏邦，高橋豊美，松島寛治，1990：噴火湾およびその沖合におけるアカガレイの分布・移動について．水産海洋研究，54：373-380.

水槽実験による標識放流調査に適した外部標識の検討

表1. 標識タイプおよび供試魚の種名と尾叉長

標識タイプ	種名	尾叉長(cm)	推定体重(kg)	標識番号 (1)	標識番号 (2)
A (アンカー (非貫通))	アミフエフキ	23	0.24	8	9
A (アンカー (非貫通))	アミフエフキ	23	0.24	16	17
A (アンカー (非貫通))	アミフエフキ	22	0.22	4	5
A (アンカー (非貫通))	アミフエフキ	21	0.19	1	2
A (アンカー (非貫通))	アミフエフキ	20	0.17	10	11
A (アンカー (非貫通))	アミフエフキ	16	0.09	22	24
A (アンカー (非貫通))	アミメフエダイ	23	0.24	14	15
A (アンカー (非貫通))	ハナフエフキ	22	0.26	6	7
A (アンカー (非貫通))	ホオアカクチビ	18	0.12	19	21
A (アンカー (非貫通))	ミンサーフエフキ	25	0.32	12	13
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	23	0.24	53 (非貫通)	54
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	23	0.24	65	66
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	22	0.22	51 (非貫通)	52
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	21	0.19	55	56
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	21	0.19	61	62
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	20	0.17	57	58
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	19	0.15	67	68 (非貫通)
B (アンカー (貫通))	アミフエフキ	19	0.15	71	72
B (アンカー (貫通))	アミメフエダイ	23	0.24	69	70
B (アンカー (貫通))	ハナフエフキ	23	0.30	63	64
B (アンカー (貫通))	ミンサーフエフキ	26	0.36	59	60
C (ダート)	アミフエフキ	25	0.30	358	359
C (ダート)	アミフエフキ	23	0.24	347	362
C (ダート)	アミフエフキ	22	0.22	348	349
C (ダート)	アミフエフキ	22	0.22	351	350
C (ダート)	アミフエフキ	22	0.22	356	357
C (ダート)	アミフエフキ	21	0.19	355	354
C (ダート)	アミフエフキ	20	0.17	352	353
C (ダート)	アミフエフキ	19	0.15	363	364
C (ダート)	イソフエフキ	21	0.22	366	365
C (ダート)	ニセクロホシフエダイ	22	0.21	360	361

表2. 各標識タイプにおける供試魚の生残および標識の残存状況

標識タイプ	A (アンカー (非貫通))	B (アンカー (貫通))	C (ダート)
斃死個体数(個体)	2	2	3
生残率(%)	80.0	81.8	70.0
合計装着数(本)	23	19	20
斃死個体除く装着数(本)	19	15	14
	0	22	16
	14	66	21
	16	114	29
	149	154	29
斃死個体除く脱落までの 標識残存期間(日)	155	155	48
	155		77
			112
			112
			152
脱落までの平均日数(日)	81.5	102.2	66.2
斃死個体除く脱落率(%)	31.6	33.3	64.3

表3. 標識タイプによる標識装着部分の出血状況得点

標識タイプ	1月31日	2月13日	3月4日	4月2日	5月7日	6月19日	標識タイプ	1月31日	2月13日	3月4日	4月2日	5月7日	6月19日
A	R	R	R	R	R	R	B	1	2	2	2	2	1
A	2	1	R	R	R	R	B	1	2	2	2	2	1
A	0	1	1	1	0	R	B	1	1	1	1	2	1
A	0	1	1	0	1	1	B	2	1	1	1	2	1
A	0	R	R	R	R	R	B	2	1	1	2	1	R
A	1	0	0	0	0	0	B	2	1	2	1	1	0
A	1	1	0	2	D	D	B	2	2	3	2	1	0
A	1	1	1	1	D	D	B	1	2	2	R	R	R
A	1	1	1	1	1	3	B	1	2	2	2	2	2
A	1	2	2	2	1	3	B	1	1	2	1	2	*
A	0	0	0	0	0	0	B	1	1	2	2	2	*
A	1	0	0	0	0	0	C	0	0	R	R	R	R
A	0	0	0	0	0	0	C	1	1	1	2	R	R
A	0	0	0	0	0	0	C	1	1	2	2	3	2
A	1	0	0	1	1	1	C	0	1	0	0	2	0
A	1	0	0	1	1	R	C	2	3	3	D	D	D
A	D	D	D	D	D	D	C	2	3	3	D	D	D
A	D	D	D	D	D	D	C	1	0	R	R	R	R
A	1	1	2	1	0	1	C	1	1	1	R	R	R
A	1	2	2	2	1	1	C	1	1	2	2	R	R
A	1	1	1	1	1	1	C	1	1	2	R	R	R
A	2	2	1	1	1	1	C	1	2	1	1	2	1
A	1	1	1	1	1	0	C	2	2	1	2	2	1
B	1	2	1	R	R	R	C	2	1	1	0	1	D
B	2	2	2	2	2	2	C	2	2	2	1	2	D
B	1	1	1	2	1	D	C	1	2	0	D	D	D
B	1	1	1	1	1	D	C	0	1	1	D	D	D
B	2	2	3	D	D	D	C	1	0	R	R	R	R
B	2	2	2	D	D	D	C	1	1	2	0	0	1
B	1	1	1	1	0	2	C	2	1	1	R	R	R
B	1	1	1	1	0	2	C	1	2	1	R	R	R

(R: 標識が脱落后傷口が治癒したことを示す, D: 斃死したことを示す, *: 傷口の撮影データ不備のため評価できず, 解析から除外)

表4. 標識タイプによる標識装着部分の出血状況得点の群間比較結果(*は統計的有意差を示す)

記録日	1月31日	2月13日	3月4日	4月2日	5月7日	6月19日
Kruskal-Wallis 検定						
p-value	0.021*	0.014*	0.002**	0.026*	0.002**	0.416
Wilcoxon の順位和検定による多重比較 (Bonferroni補正)						
A vs B	0.015*	0.011*	0.002**	0.018*	0.007**	0.680
A vs C	0.292	0.200	0.068	1.000	0.018*	1.000
B vs C	0.975	1.000	0.886	0.501	1.000	1.000