標識放流実験に基づくコブシメふ化放流効果の検討

團 重樹,^{1a} 浜崎 活幸,^{2*} 山下 貴示,³ 岡 雅一,^{4b} 北田 修一²

(2007 年 10 月 2 日受付, 2008 年 1 月 15 日受理)

¹鯛水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所, ²東京海洋大学海洋生物資源学科,³鯛水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所, ⁴鯛水産総合研究センター業務推進部栽培管理課Evaluation of the stocking efficiency of giant cuttlefish *Sepia latimanus*
hatchlings through marking experimentsSHIGEKI DAN,^{1a} KATSUYUKI HAMASAKI,^{2*} TAKASHI YAMASHITA,³
MASAKAZU OKA^{4b} AND SHUICHI KITADA²

¹Ishigaki Tropical Station, Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency (FRA), Ishigaki, Okinawa 907-0451, ²Department of Marine Biosciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo 108-8477, ³National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, FRA, Saeki, Hiroshima 739-0452, ⁴Project Management Department, FRA, Yokohama, Kanagawa 220-6115, Japan.

To evaluate the stocking effectiveness of giant cuttlefish hatchlings, 25–62 thousand individuals were annually marked on the cuttlebones with Alizarin red S and stocked into Urasoko and Kabira Bays of Ishigaki Island, Okinawa, southernmost Japan from 2001 to 2003. The giant cuttlefish caught by small set-nets in the bays and the cuttlebones collected from a fish market and five coastal beaches were examined to detect the marked cuttlebones and to measure the growth of released individuals. Released cuttlefish were caught in the bays where they were released from autumn in the release year to the spring two years later, and the proportion of released cuttlefish in catches ranged from 4.5 to 18.0%. The cuttlebones with marks were mainly collected on the beaches around the release sites. Based on these results, recapture rates and the yield per released individual were estimated at 0.02–0.08% and 0.24–1.28 g, respectively.

キーワード : Yield per release, 移動分散, 回収率, コブシメ, 混獲率, 寿命, ふ化放流

コブシメ *Sepia latimanus* は、外套長 50 cm、体重 10～12 kg に達する大型のコウイカ類で、奄美諸島以南の西部太平洋からインド洋のサンゴ礁域に広く分布し、重要な漁業資源となっている。¹⁾ 本邦の南西諸島においても、本種はもり突きや小型定置網の主要な漁獲物であり、沖縄県では年間 100 トン程度が漁獲されている。²⁾ 鯛日本栽培漁業協会八重山事業場（現、鯛水産総合研究センター八重山栽培技術開発センター）では、1987 年から種苗放流によるコブシメの資源増殖に関する技術開発を実施してきた。その結果、天然の親イカから水槽内

で大量に採卵する技術、^{3,4)} および卵を管理しふ化イカを得る技術^{4,5)} を確立した。本種は典型的な大卵少産型の繁殖特性を示し、ふ化イカは外套長 11～15 mm⁶⁾ で一般的な海産魚類や海産無脊椎動物のふ化幼生に比較して大きく、また、カモフラージュ⁷⁾ や捕食行動において成体と同様の生態を具備していることから、⁸⁾ ふ化から漁獲加入までの生残率は比較的高いことが想定される。⁹⁾ そこで、我々はこのような本種の繁殖特性に基づいた増殖技術開発を推進するため、1992 年からふ化イカ放流による資源添加技術開発に着手した。これまでに、卵発

* Tel : 81-3-5463-0538. Fax : 81-3-5463-0542. Email : hamak@kaiyodai.ac.jp

^a 現所属 : 鯛水産総合研究センター玉野栽培漁業センター (Tamano Station, National Center for Stock Enhancement, FRA, Tamano, Okayama, 706-0002, Japan)^b 現所属 : 鯛水産総合研究センター業務企画部 (General Planning and Coordination Department, FRA, Yokohama, Kanagawa 220-6115, Japan)

生段階でのアリザリンレッド S 浸漬による甲への染色標識装着技術を開発するとともに,¹⁰⁾ 主に石垣島北部に位置する浦底湾においてふ化イカを全数標識して放流し、放流個体を検出するために魚市場に水揚げされたコブシメの甲の収集調査,¹⁰⁻¹²⁾ 浦底湾の砂浜海岸に打ち上げられた甲の収集調査,¹⁰⁻¹²⁾ および浦底湾とそこから約 10 km の北西部に位置する川平湾の小型定置網での漁獲物調査¹²⁾ を実施した。その結果、放流個体（標識甲）が漁獲（収集甲）に占める割合は、魚市場調査で 0～0.2%、海岸での調査で 2.8～3.9%、小型定置網調査で 2.7% と 7.4% を示した。¹²⁾ また、標識個体を放流していない川平湾では放流個体の漁獲はなかった。¹²⁾ 以上の調査によって、ふ化イカで放流したコブシメが漁獲加入することが示されるとともに、その放流効果の及ぶ範囲は湾レベルの限定された海域であることが示唆されている。しかし、これまでの調査における放流地点は、浦底湾の 1 カ所のみであり、他の湾で放流した場合の放流後の移動分散や、ふ化放流によるコブシメの資源増殖の可能性が十分に検討されたとは言い難い状況にある。

そこで、本研究では、石垣島の浦底湾に加え、これまで本種の放流が実施されたことがなく、かつ放流個体の漁獲も報告されたことのない川平湾で 2001 年から 2003 年の 3 カ年にわたり甲を標識したコブシメのふ化

イカを放流し、小型定置網での放流個体の混獲率を 4 回の漁期にわたって調査した。また、石垣島北部の 5 カ所の海岸と八重山漁業協同組合の魚市場で甲収集調査を実施し、標識甲の割合を把握した。これらの結果に基づき、放流効果の波及範囲を推察するとともに、放流個体の回収率と放流個体あたりの回収重量（Yield per release）を推定し、ふ化放流によるコブシメ資源増殖の可能性について議論した。

材料と方法

親イカ養成と採卵 コブシメの産卵期は秋から春、ふ化期は春から夏であり、本調査のための親イカの養成は、Oka³⁾ および岡ら⁴⁾ の方法に従って 2000 年から 2003 年の秋から夏にかけて 3 回実施した。親イカとして、石垣島の登野城地先と崎枝湾の小型定置網で漁獲された個体を供した。2000 年 11 月 5 日から 2001 年 4 月 2 日の間に雄 18 尾と雌 110 尾の合計 128 尾、2001 年 11 月 21 日から 2002 年 3 月 4 日の間に雄 5 尾と雌 50 尾の合計 55 尾、2002 年 11 月 19 日から 12 月 16 日の間に雄 4 尾と雌 27 尾の合計 31 尾を活け込み、200 kL 角型コンクリート水槽 1～2 面に収容した。収容個体の平均外套長と体重（範囲）は、雄で 33.1 cm（28.5～36.0 cm）と 3.5 kg（2.3～5.4 kg）、雌で 31.0 cm（18.0

Fig. 1 Cuttlebones of *Sepia latimanus* marked with Alizarin red S. (a) Dorsal view of a single marked hatchling; (b) dorsal view of a double marked hatchling; (c) marked cuttlebone collected at the fish market, showing the striated zone length (SL); (d) close-up view of the marked part of a single marked cuttlebone; (e) close-up view of the marked part of a double marked cuttlebone. Arrows indicate the marks.

～44.5 cm) と 3.6 kg (1.4～9.6 kg) であった。餌料には冷凍マアジを解凍したものを用い、1日2～3回に分けて飽食量を給餌した。養成は自然水温下で行い、その間の水温は18.9～28.6℃で推移した。各水槽にはプラスチックネット製人工産卵床³⁾を2基設置し、毎週2回引き上げて採卵を行い、2001年1月9日から7月6日の間に166,370個、2002年1月9日から7月6日の間に101,063個、2003年1月9日から6月19日の間に49,956個の卵を得た。

卵管理と標識装着 採集した卵はプラスチック製のカゴ(70×50×5 cm)に500から700粒ずつ収容して10 kL 長方形 FRP 水槽で胚に甲が形成されるまで自然水温・流水条件で管理した。甲形成後、アリザリンレッド S (デーケーファイン社) を 200 mg/L になるよう調整した海水を 100 L 入れた 150 L 角型ポリエチレン製容器に上述した卵の入ったカゴを収容し、通気・止水条件で 24 時間管理することによって甲へ染色標識を施した。¹⁰⁾ 染色液は染色による濃度低下を防ぐため毎週交換し、週半ばに 100 mg/L 分を追加した。放流場所と放流年を区別するために、必要に応じ 1 回目の染色を実施して 1～2 週間後に、再度卵を染色液へ 24 時間浸漬し、二重標識を施した (Fig. 1)。染色の終了した卵は 5 kL の FRP 楕円形水槽に収容し、自然水温・流水下でふ化を待った。ふ化した個体は、1日1回タモ網ですくい採り、計数後に 2 kL 円形 FRP 水槽に移した。2 kL 水槽は自然水温で流水とし、人工海藻 (エスラン, サカイオーベックス社) を 6～8 本垂下した。また、八重山栽培技術開発センターの桟橋で夜間に投光器と水中ポンプにより採集した天然プランクトンを放流まで毎日給餌した。給餌したプランクトンの沈殿量は平均 366 mL/日であり、主要な個体数組成比は橈脚類 86.1%, 十脚甲殻類ゾエア幼生 6.6%, 十脚甲殻類メガロパ幼生 2.6%, 口脚類アリマ幼生 2.5%, およびヤムシ類 1.1% であった。

ふ化イカの放流 浦底湾では 2001 年に、川平湾では 2001 年から 2003 年に放流を実施した (Fig. 2, Table 1)。両湾とも礁池を形成し、浦底湾は湾口部が広く開放的であるのに対し、川平湾は湾口部が狭く閉鎖的である。また両湾とも大きな河川の流入はなく、最大水深は前者が 40 m 程度、後者は 20 m 程度であり、底質は砂地あるいはサンゴガレ場で、サンゴ礁と海草藻場が点在している。

放流は週に 2 回の頻度で行った。浦底湾では 2001 年 4 月 4 日から 8 月 13 日の間に一重標識の総計 55,827 個体を用い (Table 1), 毎回 75 L のプラスチック製容器にふ化イカを収容し、八重山栽培技術開発センター地先において船上からサンゴガレ場あるいは藻場へ放流した。川平湾では 300 L のポリエチレンタンクにふ化イ

Fig. 2 Location of the release point of *Sepia latimanus* hatchlings in Urasoko and Kabira Bays, and the fish market and coastal beaches of Nosoko, Urasoko, Yoshihara, Kabira, and Inoda areas, Ishigaki Island, where cuttlebones were collected. The release point and the location of small set-nets in Kabira Bay are shown on the enlarged map. Yaeyama Station of the National Center for Stock Enhancement (NCSE), Fisheries Research Agency (FRA), where hatchery operations for *Sepia latimanus* were conducted, is indicated on the map.

Table 1 Number of released hatchlings of *Sepia latimanus* in Urasoko and Kabira Bays, Ishigaki Island, from 2001 to 2003

Year	Release site	Duration of release	Number of hatchlings	Marking type
2001	Urasoko Bay	4 Apr.–13 Aug.	55,827	Single
	Kabira Bay	4 Apr.– 2 Aug.	62,123	Double
2002	Kabira Bay	5 Apr.– 6 Aug.	48,935	Single
2003	Kabira Bay	14 Mar.– 5 Aug.	24,503	Double

See Fig. 1 for marking.

カを収容し、軽トラックで輸送後、バケツに移し替えて湾口に近い 1 カ所の砂浜から放流した (Fig. 2)。川平湾における各年 (放流月日の範囲) のふ化イカの標識タイプと総放流数は、2001 年 (4 月 4 日～8 月 2 日) が二重標識の 62,123 個体、2002 年 (4 月 5 日～8 月 6 日) が一重標識の 48,935 個体、2003 年 (3 月 14 日～8 月 5 日) が二重標識の 24,503 個体であった (Table 1)。

小型定置網での漁獲調査 コブシメの漁期は、交尾・産卵のために接岸する 9 月から翌年 6 月までの時期であり、浦底湾では 1 名の漁業者が 2 基の小型定置網を、また川平湾では 1 名の漁業者が放流地点から 0.5～2.5 km の範囲の湾内または湾口部に 4 基の小型定置網 (A～D) を設置している (Fig. 2)。本調査では、2001 年秋から 2002 年初夏の漁期 (以下、2001 年～2002 年漁期) に両湾の小型定置網で漁獲されたコブシメを全数

入手した。2002 年秋から 2003 年初夏の漁期（以下、2002 年～2003 年漁期）、2003 年秋から 2004 年初夏の漁期（以下、2003 年～2004 年漁期）および 2004 年秋から 2005 年初夏の漁期（以下、2004 年～2005 年漁期）には、川平湾でのみ小型定置網で漁獲されたコブシメを全数入手した。川平湾における調査では入手個体ごとに漁獲された定置網を特定した。なお、定置網 D は 2004 年～2005 年漁期には設置されなかった。

入手したコブシメについては、外套長と体重を測定し、甲を取り外して標識の有無を調べ、12) 漁獲個体

数に基づいた混獲率（漁獲された放流個体数 $\times 10^2$ /総漁獲個体数、以下、個体数混獲率）と漁獲重量に基づいた混獲率（漁獲された放流個体の総重量 $\times 10^2$ /総漁獲重量、以下、重量混獲率）を求めた。また、浦底湾と川平湾の小型定置網 4 基で漁獲されたコブシメの外套長の差の有無を、分散分析後に Tukey の方法による多重比較を行い、有意水準 5 % で検定した。

魚市場と海岸での甲収集調査 石垣島近海で水揚げされたコブシメの多くは、八重山漁業協同組合の魚市場で競りにかけられる。本種の甲は可食部ではないため通常

Table 2 Percentage of released *Sepia latimanus* in catches from small set-nets in Urasoko and Kabira Bays, Ishigaki Island

Bay	Investigation period	No. of cuttlefish examined	No. of marked cuttlefish		Occurrence of marked cuttlefish (%)	
			Single	Double	Single	Double
Urasoko	12 Oct. 2001–20 Apr. 2002	197	15	0	7.6	0.0
Kabira	2 Oct. 2001–10 Jun. 2002	245	0	44	0.0	18.0
	10 Sep. 2002–16 Jun. 2003	232	32	5	13.8	2.2
	23 Sep. 2003–23 Mar. 2004	111	0	5	0.0	4.5
	2 Oct. 2004–17 Apr. 2005	78	0	0	0.0	0.0
Bay	Investigation period	Weight of cuttlefish examined (kg)	Weight of marked cuttlefish (kg)		Occurrence of marked cuttlefish (%)	
			Single	Double	Single	Double
Urasoko	12 Oct. 2001–20 Apr. 2002	715.8	21.4	0.0	3.0	0.0
Kabira	2 Oct. 2001–10 Jun. 2002	443.9	0.0	52.5	0.0	11.8
	10 Sep. 2002–16 Jun. 2003	414.4	32.8	27.0	7.9	6.5
	23 Sep. 2003–23 Mar. 2004	229.5	0.0	6.0	0.0	2.6
	2 Oct. 2004–17 Apr. 2005	159.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 3 Percentage of released *Sepia latimanus* in catches from each small set-nets (A–D) in Kabira Bay, Ishigaki Island

Small set-net	Investigation period	No. of cuttlefish examined	No. of marked cuttlefish		Occurrence of marked cuttlefish (%)	
			Single	Double	Single	Double
A	5 Oct. 2001–10 Jun. 2002	65	0	25	0.0	38.5
	10 Sep. 2002–16 Jun. 2003	67	18	1	26.9	1.5
	23 Sep. 2003–14 Mar. 2004	31	0	4	0.0	12.9
	23 Oct. 2004–3 Apr. 2005	29	0	0	0.0	0.0
B	10 Oct. 2001–20 May. 2002	43	0	7	0.0	16.3
	21 Sep. 2002–2 Mar. 2003	49	6	3	12.2	6.1
	6 Nov. 2003–23 Mar. 2004	33	0	1	0.0	3.0
	10 Oct. 2004–16 Apr. 2005	20	0	0	0.0	0.0
C	2 Oct. 2001–3 Jun. 2002	81	0	10	0.0	12.3
	17 Sep. 2002–1 Jun. 2003	92	6	1	6.5	1.1
	3 Oct. 2003–23 Mar. 2004	45	0	0	0.0	0.0
	2 Oct. 2004–17 Apr. 2005	29	0	0	0.0	0.0
D	4 Oct. 2001–5 Apr. 2002	56	0	2	0.0	3.6
	17 Nov. 2002–5 Apr. 2003	24	2	0	8.3	0.0
	24 Nov. 2003	2	0	0	0.0	0.0

See Fig. 2 for small set-nets.

は廃棄されるが、本調査ではこの甲を2001年11月から2003年4月にわたり収集し、標識を有す甲の割合（以下、標識率）を調査した。コウイカ類の甲は比重が軽く、自然死や漁獲後に軟体部から抜かれ海上へ投棄されたものは、近辺の海岸へ流れ着く可能性が高いものと考えられる。このため、浦底湾では1997年から砂浜海岸での甲収集による標識率調査を実施してきた。¹⁰⁻¹²⁾ 本研究では引き続き2001年8月から浦底湾海岸で甲収集調査を実施するとともに、2001年から放流を開始した

川平湾の海岸、浦底湾と川平湾の中間に位置する吉原海岸、浦底湾から北へ約5 kmに位置する野底海岸、および石垣島北東部に位置する伊野田海岸において毎月1回の頻度で甲を収集し（Fig. 2）、奥谷¹³⁾およびRoper et al.¹⁴⁾に従ってコブシメの甲と断定されたものについて標識率を調査した。また、収集した甲は周辺部の破損が多いため、横条面長¹⁵⁾を測定した（Fig. 1）。調査結果はコブシメの接岸が終了する時期で区切ることとし、7月から翌年の6月の期間で集計した。

Fig. 3 Frequency distribution of the mantle-length of wild and recaptured *Sepia latimanus* caught by small set-nets in Urasoko Bay and each small set-net (A–D) in Kabira Bay, Ishigaki Island. See Tables 2 and 3 for details of the investigation in each bay.

結 果

小型定置網での漁獲調査

混獲率 浦底湾と川平湾における放流コブシメの個体数混獲率と重量混獲率を Table 2 に示した。2001 年～2002 年漁期の浦底湾では一重標識の 15 個体が再捕され、個体数混獲率は 7.6%, 重量混獲率は 3.0% であった。川平湾で放流した二重標識個体は浦底湾では再捕されなかった。一方, 2001 年にふ化イカ(二重標識)の放流を開始した川平湾では, 2001 年～2002 年漁期に初めて二重標識の 44 個体が再捕され、個体数混獲率は 18.0%, 重量混獲率は 11.8% であった。浦底湾で放流した一重標識個体は川平湾では再捕されなかった。2002 年～2003 年漁期の川平湾では, 一重標識の 32 個体と, 前年に放流した二重標識の 5 個体が再捕され、個体数混獲率は一重標識個体が 13.8%, 二重標識個体が 2.2% で, 合計 16.0% であった。重量混獲率は一重標識個体が 7.9%, 二重標識個体が 6.5% で, 合計 14.4% であった。2003 年～2004 年漁期には, 二重標識の 5 個体が再捕され、個体数混獲率は 4.5%, 重量混獲率は 2.6% であった。2004 年～2005 年漁期には, 78 個体が漁獲されたが, 標識個体は再捕されなかった。なお, 川平湾のコブシメ漁獲数は 2001 年～2002 年漁期と 2002 年～2003 年漁期には 240 個体前後であったが, それ以降減少していた。これは, 漁業者からの聞き取りによると, 2003 年～2004 年漁期と 2004 年～2005 年漁期には操業日数や定置網の設置数が減少したことに起因する。

次に, 川平湾の 4 基の小型定置網(A～D)ごとの個体数混獲率を Table 3 に示した。放流個体の再捕がなかった 2004 年～2005 年漁期を除くと, 定置網別の個体数混獲率は, 定置網 A で 12.9～38.5%, B で 3.0～18.3%, C で 0～12.3%, D で 0～8.3% であり, 放流個体は湾内の定置網 A で多く混獲されていた。

外套長組成 浦底湾と川平湾で漁獲されたコブシメの外套長組成を川平湾では定置網を区別して Fig. 3 に示した。漁獲されたコブシメの外套長は 120～490 mm クラスの範囲にあった。2001 年～2002 年漁期には, 放流個体は浦底湾では外套長 190～290 mm, 川平湾では 140～340 mm の比較的小型クラスに出現した。一方, 2002 年～2003 年漁期の川平湾では, 2002 年放流群の標識とした一重標識の個体が外套長 160～320 mm クラス, 前年の 2001 年放流群の標識とした二重標識の個体がより大型の外套長 350～400 mm クラスに出現した。2003 年～2004 年漁期の川平湾では, 2003 年放流群の標識とした二重標識の個体が外套長 310 mm クラス以下に出現した。2002 年～2003 年漁期の川平湾で漁獲された一重標識個体は 2001 年に浦底湾で放流した個体の可能性もあるが, その他いずれの放流群も放流当年の漁期には外套長組成において小型群として出現していることから, この一重標識個体は 2002 年に川平湾で放流した個体であると判断された。

次に, 川平湾の定置網ごとに外套長組成をみると, 湾内の定置網 A の外套長は他の定置網よりも小さい傾向

Table 4 Average mantle length of *Sepia latimanus* caught by small set-nets in Urasoko and Kabira Bays, Ishigaki Island

Bay	Small set-net	Average mantle length (mm) in each investigation period			
		2001–2002	2002–2003	2003–2004	2004–2005
Urasoko	—	318.6 ^c	—	—	—
Kabira	A	215.4 ^a	220.6 ^a	221.6 ^a	226.4 ^a
	B	270.5 ^b	253.9 ^b	265.5 ^b	290.0 ^b
	C	251.1 ^b	272.0 ^b	273.8 ^b	260.0 ^{ab}
	D	257.2 ^b	248.5 ^{ab}	191.0 ^{ab}	—

See Tables 2 and 3 for details of each investigation period.

Significant differences were found between groups with different superscripts in the same column ($P < 0.05$).

Table 5 Percentage of released *Sepia latimanus* at the fish market and coastal beaches of Urasoko, Kabira, Nosoko, Yoshihara and Inoda areas, Ishigaki Island, based on the occurrence of marked cuttlebones

Investigation period	Fish market			Nosoko beach			Urasoko beach		
	No. of cuttlebones examined	No. of marked cuttlebones	Occurrence of marked cuttlebones (%)	No. of cuttlebones examined	No. of marked cuttlebones	Occurrence of marked cuttlebones (%)	No. of cuttlebones examined	No. of marked cuttlebones	Occurrence of marked cuttlebones (%)
Jul. 2001–Jun. 2002	1335	1 (D)*	0.07	90	0	0.00	117	14 (S)	12.00
Jul. 2002–Jun. 2003	1473	5 (S)*	0.34	41	0	0.00	62	0	0.00
Investigation period	Yoshihara beach			Kabira beach			Inoda beach		
	No. of cuttlebones examined	No. of marked cuttlebones	Occurrence of marked cuttlebones (%)	No. of cuttlebones examined	No. of marked cuttlebones	Occurrence of marked cuttlebones (%)	No. of cuttlebones examined	No. of marked cuttlebones	Occurrence of marked cuttlebones (%)
Jul. 2001–Jun. 2002	109	4 (S)	3.67	136	9 (D)	6.62	162	0	0.00
Jul. 2002–Jun. 2003	69	0	0.00	127	0	0.00	46	0	0.00

* D, double marks ; S, single mark.

Fig. 4 Frequency distribution of striated zone length of marked and non-marked cuttlebones of *Sepia latimanus* collected at the fish market and coastal beaches of Urasoko, Kabira and Yoshihara areas, Ishigaki Island. See Table 5 for details of the investigation.

があり (Table 4), 定置網 B と C で認められた外套長 350~480 mm クラスの大型個体はほとんど出現しなかった (Fig. 3)。また、浦底湾で漁獲された個体の外套長は川平湾よりも有意に大きかった (Table 4)。

魚市場と海岸での甲収集調査

標識率 甲収集調査の結果を Table 5 に示した。石垣島近海全域の漁獲物が水揚げされる魚市場では 2001 年~2002 年漁期に二重標識の甲が 1 個, 2002 年~2003 年漁期に一重標識の甲が 5 個収集されたのみで, 標識率は 0.07~0.34% であった。2001 年に一重標識を施し

たふ化イカを放流した浦底湾海岸では, 2001 年~2002 年漁期に 14 個の一重標識の甲が収集され, 標識率は 12.0% であった。2002 年~2003 年漁期には標識甲は確認されなかった。2001 年に二重標識, 2002 年に一重標識を施したふ化イカを放流した川平湾海岸では, 2001 年~2002 年漁期に 9 個の二重標識の甲が収集され, 標識率は 6.6% であったが, 2002 年~2003 年漁期には標識甲は確認されなかった。野底海岸と伊野田海岸では, 調査期間を通じて標識甲は収集されなかった。吉原海岸では, 2001 年~2002 年漁期にのみ浦底湾で放流した個

体の一重標識の甲が4個確認され、標識率は3.7%であった。

甲長組成 標識甲を発見した2001年～2002年漁期の魚市場、浦底湾、川平湾および吉原海岸と2002年～2003年漁期の魚市場における収集甲の甲長組成を収集した漁期別にFig. 4に示した。収集された甲の横条面長は40～460 mmクラスの範囲にあった。収集された標識甲の横条面長は魚市場では、2001年～2002年漁期と2002年～2003年漁期ともに150～220 mmクラスに出現した。浦底湾海岸では70～180 mmクラス、川平湾海岸では100～180 mmクラス、吉原海岸では70～100 mmクラスといずれも比較的小型クラスに出現した。

考 察

ふ化放流の効果 本調査では、浦底湾の小型定置網による放流コブシメの個体数混獲率は7.6%に達し、前報¹²⁾の混獲率(2.7%, 7.4%)と同等の値を示した。さらに、2001年から2003年にかけて川平湾でもふ化イカを放流したところ、各年の放流群の個体数混獲率はそれぞれ18.0%, 16.0% および4.5%であった。また、浦底湾で放流した個体は浦底湾の定置網でのみ、川平湾で放流した個体は川平湾の定置網でのみ漁獲されたものと判断された。海岸での甲収集調査では、浦底湾海岸では一重標識甲が、川平湾海岸では二重標識甲が発見され、いずれも横条面長組成で小型クラスであった。このことから、発見した標識甲はそれぞれの湾に放流した個体に由来するものと推察され、収集した甲に占める割合は6.6～12.0%であった。吉原海岸では浦底湾に放流したコブシメの一重標識甲が2001年に回収されたが(3.7%), 浦底湾よりも標識率が低く、放流個体が移動しても小数であるか、あるいは海流等の影響で浦底湾から標識甲が漂着した可能性も考えられる。一方、野底海岸と伊野田海岸では標識甲は収集されなかった。また、魚市場での甲収集調査で発見した標識甲6個は、標識の種類(2001年～2002年漁期が二重標識、2002年～2003年漁期が一重標識)と横条面長組成で小型クラスに出現したことから判断すると、川平湾で放流した個体に由来するものと推察され、標識率は0.07～0.34%できわめて低い値であった。なお、本研究では、川平湾の定置網で漁獲されたコブシメを全数入手したことから、魚市場に水揚げされた放流コブシメは川平湾近辺において、もり突き等で漁獲されたものと推察される。

以上の調査結果から、ふ化イカで放流したコブシメは、放流海域から一部は移動分散するようであるが、放流地点近海の小型定置網で主に漁獲されるものと考えられ、混獲率として検出可能な頻度でコブシメ資源の一部を占めることが明らかになった。このことは前報¹²⁾の

浦底湾で実施した放流調査結果を再現するものであり、初めて川平湾で放流し、調査の地理的範囲を広げて得られた本研究の結果は、コブシメふ化イカの放流効果の及ぶ範囲が湾レベルの狭い海域であることを強く示唆するものである。さらに、川平湾では放流数が5～6万個体であった2001年と2002年放流群に由来する個体数混獲率は18.0%と13.8%を示したが、2.5万個体の2003年放流群では4.5%で低い値であったことから、放流ふ化イカと天然ふ化イカの生残率が大きく異なることがなく、放流イカが十分に天然個体群と混合しているものと仮定すると、川平湾で漁獲される天然コブシメの発生量は本調査期間においては大きく変わっていないと考えられ、そのような状況ではふ化放流によって加入量が上乗せされたものと考えられることができる。

川平湾では湾口に近い砂浜からふ化イカを放流したが、定置網ごとの個体数混獲率をみると、湾内の定置網Aの値が高かった。また、漁獲コブシメの外套長は定置網Aで最小であった。これは、放流後に湾内で成長し、漁獲加入し始める個体が多かったことを示唆するものである。開放的な浦底湾における個体数混獲率と回収率は川平湾よりも低かったことから、閉鎖的な内湾はコブシメの放流海域として適しているものと考えられる。一方、川平湾の湾外と浦底湾では漁獲コブシメの外套長が大きく、特に浦底湾では大型のコブシメが多く漁獲されており、湾外や開放的な湾が大型個体の産卵場として利用されているものと推察される。

コブシメふ化イカの放流効果の及ぶ範囲は湾レベルであることと本調査では小型定置網で漁獲されたコブシメを全数調査したことから、放流個体の回収率(再捕個体数 $\times 10^2$ /放流ふ化イカ数)を直接求めることができる。それを計算すると、浦底湾では0.03%, 川平湾の2001年～2003年放流群ではそれぞれ0.08%, 0.07% および0.02%であった。海産魚介類資源の増殖を目指したふ化放流はこれまでロブスター *Homarus americanus* と *H. gammarus*,¹⁶⁾ 大西洋タラ *Gadus morhua*,¹⁷⁾ およびマダイ *Pagrus major*¹⁸⁾ などで行われているが、回収率が推定された事例はほとんどなく、わずかにマダイで0.000007～0.000028%¹⁸⁾と報告されているに過ぎない。今回のコブシメの回収率は当初の予想通り高い値を示した。なお、川平湾における3カ年の回収率をみると、ふ化イカ放流数が2.5万個体で少なかった2003年放流群が最低値を示した。これは放流数が少なかったことが原因ではなく、2003年～2004年漁期には操業日数や定置網設置数が減少したことから、漁業者の操業形態が変わったことに起因する可能性が高いものと考えられる。

本研究ではふ化イカで放流したコブシメは放流当年の秋には漁獲加入し、放流翌年の秋から翌々年の春の漁期

にも漁獲される個体があった。したがって、コブシメの寿命は1年以上に及ぶものと考えられ、これは岡ら⁴⁾が飼育によって推察した本種の寿命(雄1年半程度、雌1年数カ月)を裏付ける結果であった。本調査では、1+歳の大型個体は2002~2003年漁期の川平湾でのみ再捕され、その漁期の重量混獲率は増加した。魚体重量によって単価が大きく変動しなければ、大型個体の再捕によって放流の経済効率は上がることになる。今回の放流調査における漁獲コブシメの外套長組成から推して、当歳で漁獲加入して産卵したコブシメの一部が翌年まで生き残り、1+歳として再び産卵のために接岸して漁獲されるものと考えられるが、コブシメの生活史の実態は不明な点が多い。ヨーロッパコウイカ *Sepia officinalis* には、2つの産卵群が存在し、ふ化期間中の前期にふ化した群は翌年の繁殖期の後期に産卵し、ふ化期間中の後期にふ化した群は翌年の繁殖期には産卵せず、翌々年の繁殖期の前期に産卵すると考えられており、¹⁹⁾ ふ化時期によってその後の生活様式が異なることが知られている。本種においても、ふ化時期によって繁殖時期や寿命が異なるなど生活様式に変異を示す可能性もあり、放流効果を上げる基礎として、漁獲コブシメの外套長組成の推移と甲の輪紋^{15,20-23)}や平衡石²³⁻²⁵⁾による日齢解析によって発生時期別の生活様式を明らかにする必要がある。

ふ化放流によるコブシメ資源増殖の可能性 川平湾におけるYield per release (Y/R)を操業形態が類似した2001~2002年漁期と2002年~2003年漁期について求めると、それぞれ1.28 gと0.67 gと計算される。川平湾でコブシメの漁獲量を現行と同等レベルである500 kg増やすとした場合、このY/Rの平均値(0.98 g)から単純に計算すると、51万個体のふ化イカの添加が必要になる。本研究の3カ年の親イカの養成と採卵・ふ化の結果から計算すると、雌イカ1個体から得られるふ化イカは1000個体程度である。したがって、51万個体のふ化イカを得るには510個体の雌イカ(+雄イカ70個体程度)が必要で、この数量の親イカを飼育するには200 kL水槽が10面程度の大規模な施設を必要とする。以上のことから、本研究によってふ化放流によるコブシメ資源増殖の可能性を指摘できたものの、コブシメの一般的な市場単価が1200円/kg程度であることを考慮すると、現行のふ化放流で高い経済効果を得るのは難しいと判断せざるを得ない。

コブシメはコモンサンゴ *Montipora* sp. やハマサンゴ *Porites* sp. などの生きたサンゴ^{1,3,6,26-28)}を産卵基盤とする。近年、南西諸島では1998年夏および2003年夏に石西礁湖および西表島周辺海域全域に発生した大規模なサンゴ類の白化現象^{29,30)}が報告されている。また、開発による赤土流出³¹⁾やオニヒトデによるサンゴの食害³²⁾などの被害によりサンゴへの影響が危惧されている。こ

のような海域でコブシメ資源を維持・増殖するには、第一に産卵基盤となるサンゴ類の保全が重要と考えられる。さらに、我々が進めてきた一連の研究において開発された人工採卵床を天然海域に設置したところ、天然卵の産着が認められていることから、³³⁾ 人工的な産卵基盤の造成によるふ化イカ加入量の維持・増加もコブシメ資源増殖の一つの方策になり得るものと考えられる。今後はこのような観点からの技術開発研究が必要であろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、定置網での漁獲物調査にご協力いただいた佐々木眞氏と親川 勤氏、また、親イカの捕獲と搬入にご協力いただいた池田 元氏と前田直太郎氏に厚くお礼申し上げる。また、甲収集調査を補助いただいた当時の日本栽培漁業協会八重山事業場の職員と非常勤職員各位に深謝する。さらに、調査を進めるにあたり有益な助言をいただいた当時の日本栽培漁業協会アドバイザー須田 明博士に心よりお礼申し上げる。

文 献

- 1) 伊野波盛仁. 軟体動物の増養殖. 「サンゴ礁域の増養殖」(諸喜田茂充編) 緑書房, 東京. 1988; 269-279.
- 2) 第34次沖縄農林水産統計年報(2004~2005). 内閣府沖縄総合事務局農林水産部, 那覇. 2006.
- 3) Oka M. Methods to collect eggs of giant cuttlefish in an aquarium. In: Okutani T, O'Dor RK, & Kubodera T (eds). *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*. Tokai University Press, Tokyo. 1993; 397-402.
- 4) 岡 雅一, 手塚信弘, 伏見 浩. コブシメの水槽内採卵と卵のふ化. 栽培技研 1989; **18**: 1-14.
- 5) 岡 雅一, 手塚信弘. コブシメ卵のふ化水槽およびふ化イカ収集装置. 栽培技研 2006; **33**: 55-60.
- 6) 奥谷喬司. イカ類の初期生活史に関する研究-VII. —コブシメの卵及びふ化稚仔—. 貝雑 1978; **37**: 245-248.
- 7) Hanlon RT, Messenger JB. Adaptive coloration in young cuttlefish (*Sepia officinalis* L.): The morphology and development of body patterns and their relation to behavior. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 1988; **320**: 437-487.
- 8) Boyle PR, Boltzky Sv. Cephalopod populations: Definition and dynamics. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 1996; **351**: 985-1002.
- 9) 後藤 晃, 井口恵一朗. 「水生動物の卵サイズ生活史の変異—種分化の生物学」海遊舎, 東京. 2001.
- 10) 岡 雅一. ふ化イカを放して, 甲を集める—コブシメ放流に関する一つの試み—. さいばい 1994; **70**: 8-12.
- 11) 山下貴示, 岡 雅一, 大角伸一, 浜崎活幸. ふ化イカを放して, 甲を集める—コブシメ放流に関する一つの試み—. その後の経過. さいばい 2001; **99**: 16-19.
- 12) Oka M, Yamashita T, Osumi S, Hamasaki K. Recapture rate of released hatchlings of giant cuttlefish *Sepia latimanus* Quoi & Gaimard. *Stock Enhancement and Sea Ranching*. Blackwell Publishing. 2003; 525-534.
- 13) 奥谷喬司. コウイカ目の分類と生態(2). 海洋と生物 1979; **1**(3): 37-42.
- 14) Roper CFE, Sweeney MJ, Nauen CE. FAO species catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries.

- FAO Fish. Synop. Rome. 1984.
- 15) Martines P, Bettencourt V, Guerra Á, Moltschaniwskyj NA, How temperature influences muscle and cuttlebone growth in juvenile cuttlefish (*Sepia elliptica*) (Mollusca: Cephalopoda) under conditions of food stress. *Can. J. Zool.* 2000; **78**: 1855–1861.
 - 16) Bell JD, Rothlisberg PC, Munro JL, Loneragan NR, Nash WJ, Ward RD, Andrew NL. Restocking and stock enhancement of marine invertebrate fisheries. *Adv. Mar. Biol.* 2005; **49**: 1–370.
 - 17) Svåsand T, Kristiansen TS, Pedersen T, Salvanes AGV, Engelsen R, Nævdal G, Nødtvedt M. The enhancement of cod stocks. *Fish Fish.* 2000; **1**: 173–205.
 - 18) 虫明敬一, 伊藤捷久, 長谷川泉, 佐藤隆三. 愛媛県御荘湾におけるマダイのふ化仔魚放流試験の結果について. 栽培技研 1989; **18**: 115–127.
 - 19) Boyle PR, Rodhouse P. Life cycle. In: *Cephalopods, Ecology and Fisheries*. Blackwell Publishing. 2005; 80–100.
 - 20) 八木貞二. 東京湾産コウイカ *Sepia esculenta* の甲の成長について. 日水誌 1960; **26**: 646–652.
 - 21) Choe S. Daily age markings on the shell of cuttlefish. *Nature*. 1963; **197**: 306–307.
 - 22) Ré P, Narciso L. Growth and cuttlebone microstructure of juvenile cuttlefish, *Sepia officinalis* L., under controlled conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1994; **177**: 73–78.
 - 23) Bettencourt V, Guerra A. Age studies based on daily growth increments in statoliths and growth lamellae in cuttlebone of cultured *Sepia officinalis*. *Mar. Biol.* 2001; **139**: 327–334.
 - 24) Challier L, Dunn MR, Robin J-P. Trends in age-at-recruitment and juvenile growth of cuttlefish, *Sepia officinalis*, from the English Channel. *ICES J. Mar. Sci.* 2005; **62**: 1671–1682.
 - 25) Nakamura Y, Sakurai Y. Validation of daily growth increments in statolith of Japanese common squid *Todarodes pacificus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1991; **57**: 2007–2011.
 - 26) 奥谷喬司. コウイカ目の分類と生態(3). 海洋と生物 1978; **1**(4): 65–71.
 - 27) Corner BD, Moore HT. Field observation on the reproductive behavior of *Sepia latimanus*. *Micronesica* 1980; **16**: 235–260.
 - 28) 工藤盛徳, 横地洋之. アオリイカ及びコブシメの生態調査と飼育試験. 西表島水域漁場開発計画調査結果報告書, 沖縄開発庁沖縄総合事務局農林水産部, 那覇. 1984; 25–27.
 - 29) 下池和幸. 阿嘉島周辺のサンゴ被度とオニヒトデ分布密度の10年間の変化. みどりいし 2000; **11**: 19–21.
 - 30) 平成15年度石西礁湖自然再生調査推進調査, 国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター年報, 第4報, 環境省自然環境局, 東京. 2004; 9–17.
 - 31) 平成14年度石西礁湖自然再生調査報告書, 環境省自然環境局. 東京. 2003; 1–20.
 - 32) 亀崎直樹, 野村恵一, 宇井晋介. 石西礁湖海域のイシサンゴ類およびオニヒトデの動態 (1983–1986), 海中公園情報 1897; **80**: 12–17.
 - 33) 岡 雅一, 手塚信弘. 野外における人工産卵床を用いたコブシメ卵の採集. 栽培技研 1991; **20**: 27–29.