

栽培漁業技術開発研究

第34巻 第1号

2006年10月

目 次

岩手県沿岸におけるマツカワ標識放流試験について……………佐々木律子・中井一広	1
放流海域に回帰したサワラ人工1歳魚の性比と成熟状況……………山崎英樹・藤本 宏	7
南伊豆海域におけるイセエビのプエルルス採集量の変化と黒潮流路との関係 ……………成生正彦・山田博一・長谷川雅俊	13
南伊豆海域に來遊したイセエビ幼生の漁獲への加入状況……………山田博一・長谷川雅俊・成生正彦	33
トラフグ放流効果調査におけるイラストマー標識の適用 ……………田中寿臣・中西尚文・阿知波英明・町田雅春・大河内裕之	43
トラフグの長期飼育試験から推定したイラストマー標識の脱落率とその補正法 ……………大河内裕之・町田雅春・田中寿臣・小泉康二・阿知波英明・甲斐正信・中西尚文・中島博司	53
低水温がイワガキの生残に及ぼす影響について……………野呂忠勝・武蔵達也・井ノ口伸幸	59
市販薬剤を用いたシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の消毒……………渡辺研一・小磯雅彦	67

SAIBAI GYOGYOU GIJUTSU KAIHATU KENKYU

— Technical Reports of Japanese Sea Ranching Programs —

Vol. 34, No. 1, 2006

CONTENTS

Ritsuko SASAKI and Kazuhiro NAKAI	Mark-recapture experiment using Barfin Flounder, <i>Verasper moseri</i> on the Coast of Iwate Prefecture	1
Hideki YAMAZAKI and Hiroshi FUJIMOTO	Sex Ratio and the Maturation Status of 1 year old Hatchery-reared Japanese Spanish Mackerel <i>Scomberomorus niphonius</i> which recurred in a stocking area	7
Masahiko NARIU, Hirokazu YAMADA and Masatoshi HASEGAWA	Relation between the Abundance of Pueruli of <i>Panulirus japonicus</i> and the Path of the Kuroshio Current in Minamiizu Coastal Area	13
Hirokazu YAMADA, Masatoshi HASEGAWA and Masahiko NARIU	The Relation of Recruited Larvae of Japanese Spiny Lobster <i>Panulirus japonicus</i> to By-catch in the Southern Izu Coastal Area	33
Toshiomi TANAKA, Naofumi NAKANISHI, Hideaki ACHIHA, Masaharu MACHIDA and Hiroyuki OKOUCHI	Application of the Elastomer-Marking system to the Survey of Stocking Effectiveness of Ocellate Puffer (<i>Takifugu rubripes</i>)	43
Hiroyuki OKOUCHI, Masaharu MACHIDA, Toshiomi TANAKA, Koji KOIZUMI, Hideaki ACHIHA, Masanobu KAI, Naofumi NAKANISHI and Hiroshi NAKAJIMA	Shedding rates for Elastomer-Marking on Ocellate Puffer, <i>Takifugu rubripes</i> , estimated through long-term rearing experiments and correction methods	53
Tadakatsu NORO, Tatsuya MUSASHI and Nobuyuki INOBUCHI	Influence of Lower Water Temperature on Survival of the Iwagaki Oyster, <i>Crassostrea nippona</i>	59
Ken-ichi WATANABE and Masahiko KOISO	Disinfection of Parthenogenetic Eggs of the Rotifer <i>Brachionus plicatilis</i> using commercial medicine	67

岩手県沿岸におけるマツカワ標識放流試験について

佐々木律子・中井一広

岩手県沿岸の4つの湾において種苗生産されたマツカワの標識放流試験を行い、移動、成長および回収率について検討した。その結果、放流魚の成長および回収率には、放流場所と放流時期および放流サイズが影響していることが明らかになった。また、放流魚の分散には放流場所の地形的条件が影響していると考えられた。以上より、より効率的に放流事業を進めていくためには、放流場所、放流時期および放流サイズ等の放流条件を十分に検討する必要がある。

栽培技研, 34(1), 1-6, 2006

トラフグ放流効果調査におけるイラストマー標識の適用

田中寿臣・中西尚文・阿知波英明・町田雅春・大河内裕之

トラフグの放流効果調査にイラストマー標識を導入し、標識の装着方法および発見方法に関する技術改善を行った。既存の放流群から標識色(蛍光/非蛍光)および装着部位(胸鰭基部/同下部)が異なる実験群を設定し、放流前後の状態を確認した結果、蛍光色は非蛍光色より発見率が高く、胸鰭基部は同下部より視認性に優れていた。イラストマー標識の優れた群識別性能を引き出すには、使用方法や調査方法に工夫が必要であり、導入に際しては経費も含めた事前検討が必要と考えられた。

栽培技研, 34(1), 43-51, 2006

放流海域に回帰したサワラ人工1歳魚の性比と成熟状況

山崎英樹・藤本 宏

放流後のサワラの繁殖特性を検討するため、放流海域である播磨灘に回帰したサワラ1歳魚の性比と成熟状況を調査した。2003, 2004年の2カ年の調査の結果、水揚げ盛期の放流魚の性比は天然魚同様に1:1を示した。成熟状況は生殖腺重量比で検討したが、天然魚と放流魚との間には差が無く、また、いずれの年も50%以上の個体がすでに成熟過程に入っていたと推察された。瀬戸内海東部海域に放流されたサワラ人工種苗は天然魚と変わりなく成長、成熟し、1歳魚で一部の個体は再生産に関わっている可能性がある。

栽培技研, 34(1), 7-12, 2006

トラフグの長期飼育試験から推定したイラストマー標識の脱落率とその補正法

大河内裕之・町田雅春・田中寿臣・小泉康二・阿知波英明・甲斐正信・中西尚文・中島博司

イラストマー標識の脱落により過少推定された回収値の補正方法を検討した。標識を付けたトラフグを3年間飼育し、標識の保持状態の変化を観察した結果、初期の装着状態が良好な個体群はその後の保持率も高いが、逆の場合は著しく低下することがわかった。5通りの装着状況を仮定して補正率を試算した結果、装着状態が良好な場合には3年後でも脱落補正の必要はないが、そうでない場合は最大で2.3倍の補正が必要と考えられた。

栽培技研, 34(1), 53-58, 2006

南伊豆海域におけるイセエビのプエルルス採集量の変化と黒潮流路との関係

成生正彦・山田博一・長谷川雅俊

1989~2004年に伊豆半島南部の白浜と石廊崎でコレクターによるイセエビのプエルルス採集を行った。コレクターによりプエルルスの採集性能に差が認められた。プエルルスは4月から11月まで採集され、7~9月の夏季に出現のピークがあった。採集されたプエルルスの頭胸甲長は5~8mmであった。黒潮流型とプエルルス採集の関係は出現頻度の高いA, C, N型では白浜, 石廊崎とも伊豆半島に接岸しているA, N型で採集が多かった。しかし、出現頻度の低いB, D, W型では白浜, 石廊崎で採集傾向に差が見られ、黒潮流型以外の要因が作用していると考えられた。

栽培技研, 34(1), 13-32, 2006

低水温がイワガキの生残に及ぼす影響について

野呂忠勝・武蔵達也・井ノ口伸幸

飼育試験により低水温のイワガキの生残への影響を検討した。室内試験では、水温4℃の処理で平均殻高40mm未満の個体の生残率は変化し、30日間処理した区では生残率は0%であった。養殖漁場試験では、平均殻高40mm未満の漁場で、かつ、水温が5℃以下に低下した2001年のみで生残率が低下した。以上のことから、殻高40mm未満の個体には冷水処理期間の影響の大きいことが示され、さらに養殖漁場試験での生残率の低下は個体の大きさの差異と低水温に起因すると推察された。

栽培技研, 34(1), 59-65, 2006

南伊豆海域に来遊したイセエビ幼生の漁獲への加入状況

山田博一・長谷川雅俊・成生正彦

1989~2004年に伊豆半島南部の白浜と石廊崎でコレクターによりイセエビのプエルルス及び稚エビを採集した。プエルルス及び稚エビの採集個体数は1990, 1994, 1999, 2002, 2004年に多かった。採集の多かった年でも特に1994, 1999, 2002年の翌年に子エビの漁獲個体数が増加し、その翌年秋の漁獲物では頭胸甲長30~50mmにモードが認められた。このことから、これらの年にイセエビ幼生の卓越した加入があったと考えられた。

栽培技研, 34(1), 33-41, 2006

市販薬剤を用いたシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の消毒

渡辺研一・小磯雅彦

シオミズツボワムシ複相単性生殖卵の消毒法に関して、各種消毒剤の消毒率およびふ化率に及ぼす影響を水温20℃で検討した。エタノール、イソプロピルアルコール、*n*-プロピルアルコール、フェノール、クレゾール、塩化ベンザルコニウムでは消毒効果が認められたが、ふ化しなかった。次亜塩素酸ナトリウムとホルマリンでは、ふ化が認められる濃度では消毒効果がなかった。別報で有効性を確認したグルタルアルデヒドに1,000~2,000mg/Lで30分浸漬することにより高い消毒率とふ化率が得られ、ワムシ複相単性生殖卵をこの条件で消毒することが有効と考えられた。

栽培技研, 34(1), 67-71, 2006

岩手県沿岸におけるマツカワ標識放流試験について

佐々木律子^{*1}・中井一広^{*2}

Mark-recapture experiment using Barfin Flounder, *Verasper moseri* on the coast of Iwate Prefecture

Ritsuko SASAKI and Kazuhiro NAKAI

Hatchery-reared Barfin Flounder, *Verasper moseri* were mark-released and recaptured in four bays on the coast of Iwate Prefecture in order to examine their migration, growth and recapture rates. We found that growth and recapture rate were influenced by release location/season, and size of released fish, respectively. We also considered that the geographical conditions of the release location affected the dispersion of released fish. Along the line of the above, in order to carry out effective fish stock enhancement, it is necessary to take into consideration suitable release location, season and size.

2006年9月4日受理

マツカワ *Verasper moseri* は体長 70 cm 以上になる大型のカレイ類である。その分布域は日本海側は能登半島以北、太平洋側は茨城県以北の沿岸であり、北方域では北海道周辺や千島さらにサハリンや沿海州などの北方沿岸域である^{1,2)}。本種は低水温でも成長が早く、市場価値も高いことから³⁾、刺し網、延縄、定置網などの沿岸漁業における重要資源であった。しかしながら、近年、本種の資源量は極めて低い水準にあり、希少動物とされている⁴⁾。このような現状の中で、本種の資源回復の取り組みの一環として、栽培漁業への関心が高まってきている。

栽培漁業対象種としてのマツカワをみると、種苗生産は 1986 年に (社)日本栽培漁業協会厚岸事業場が初めて成功し、1987 年には厚岸湾での人工種苗放流を開始している⁵⁾。

岩手県では、1990 年から特定海域新魚種量産技術開発事業の対象種として本種を取り上げ^{*3}、種苗生産技術開発と並行して養殖技術および放流技術の開発に着手した。本報では、種苗生産技術開発で生産されたマツカワの人工種苗を用いて標識放流試験を行い、得られた知見について報告する。

材料と方法

1999 年から 2003 年にかけて、(社)岩手県栽培漁業協会 で生産された種苗を用い、県内の 4 つの湾 (久慈湾、船越湾、釜石湾、吉浜湾) で標識放流試験を実施した (図 1)。久慈湾と船越湾の地形的な特徴は沿岸線が直線的であり、また外海に対して大きく開放した形状であり広い砂質域を有している。一方、釜石湾と吉浜湾は典型的なリアス式海岸であり湾奥に狭い砂質域を有しその周りの大半は岩礁域である。また、久慈湾、船越湾および吉浜湾は砂質域が連続しているのに対し、釜石湾は点在している。

標識放流した 9 放流群の放流実績を表 1 に示した。1999 年、2000 年および 2001 年は、10 月に釜石湾および吉浜湾に計 3 放流群を放流した。各放流群の平均全長は 124 ~ 165 mm であった。2002 年および 2003 年は、7 月に久慈湾、船越湾、吉浜湾に計 6 放流群を放流した。各放流群の平均全長は 94 ~ 105 mm であった。

標識の種類は 99-釜石ではディスクタグであり、その他の群ではスパゲティタグであった。標識には放流年と

*1 岩手県水産技術センター 〒026-0001 岩手県釜石市大字平田 3-75-3 (Iwate Fisheries Technology Center, 3-75-3 Heita, Kamaishi, Iwate 026-0001, Japan).

*2 岩手県久慈地方振興局 〒028-8042 岩手県久慈市八日町 1-1 (Kuji Regional Development Bureau, 1-1 Youkamachi, Kuji, Iwate 028-8042, Japan).

*3 岩手県 (1990) 岩手県南部栽培漁業センター事業報告書

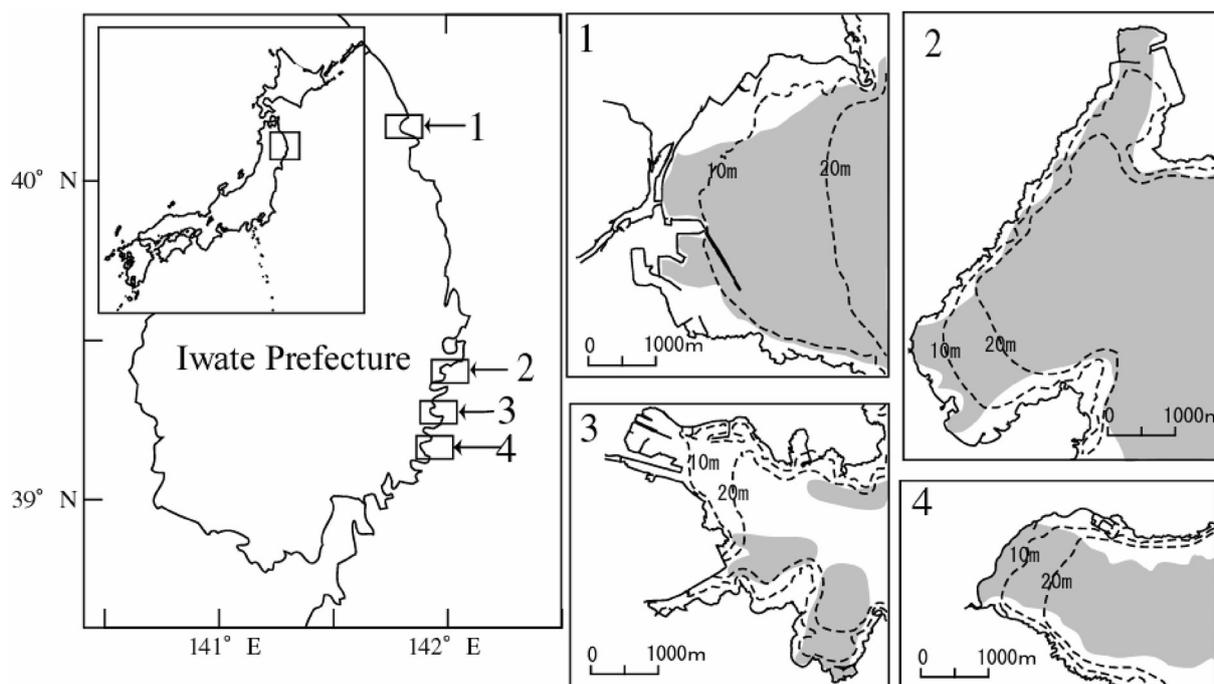


図1. マツカワの標識放流試験が行われた4つの湾の位置とそれらの地形的特徴
1: 久慈湾, 2: 船越湾, 3: 釜石湾, 4: 吉浜湾.

■: 砂質域.

表1. 標識放流実績

放流群	放流年月日	放流場所	平均全長 (mm)	放流尾数 (尾)	標識の種類
99-釜石	1999年10月22日	釜石湾	124	11,380	ディスクタグ
00-吉浜	2000年10月26日	吉浜湾	165	1,792	スパゲッティタグ
01-吉浜	2001年10月26日	吉浜湾	163	2,016	スパゲッティタグ
02-久慈	2002年7月30日	久慈湾	105	1,970	スパゲッティタグ
02-船越	2002年7月23日	船越湾	101	1,970	スパゲッティタグ
02-吉浜	2002年7月31日	吉浜湾	103	1,970	スパゲッティタグ
03-久慈	2003年7月16日	久慈湾	94	2,371	スパゲッティタグ
03-船越	2003年7月30日	船越湾	102	3,681	スパゲッティタグ
03-吉浜	2003年7月15日	吉浜湾	94	3,268	スパゲッティタグ

4桁の連番が刻印されており、その刻印によって同年の複数の放流群を識別した。各標識は、全放流魚を対象に、タギングガン (Bano'k 303X) を用いて、有眼側の背鰭基部付近に装着した。

再捕情報 岩手県沿岸にある33漁業協同組合と6魚市場 (釜石, 大船渡, 久慈, 宮古, 山田, 大槌町) および各機関*4の協力を得て、再捕時に標識の刻印番号と再捕場所を把握するとともに再捕魚の全長を測定した。

移動 移動については、放流点から再捕場所までの直線距離から推定した。

成長 成長については、再捕時の全長を用いて、ふ化後日数と全長の関係を検討した。また、再捕数が多いふ化後500～550日における各放流群の平均全長を算出し成長を評価した。ここで、種苗生産における採卵日は2月15日から3月17日の間であったことから、ふ化日は便宜上3月1日とした。

*4 (独)東北区水産研究所, (独)水産総合研究センター宮古栽培漁業センター, 北海道立函館水産試験場, 北海道立釧路水産試験場, 青森県八戸水産事務所, 青森県水産試験場, 宮城県気仙沼水産試験場, 宮城県水産研究開発センター, 福島県水産試験場, 茨城県水産試験場

回収率 回収率は、各放流群の再捕尾数と放流尾数から推定した。

結 果

移動 再捕日と放流点から再捕点までの距離を図2に示した。なお、図中の距離軸の正の値（北方向）と負の値（南方向）により、移動の南北方向を表した。久慈湾では、放流1年後の8月までは放流点周辺の海域で再捕され、9月には南方60 kmと120 kmで再捕された。また、地先漁業権（第二種共同漁業権）の範囲内である25 km以内で再捕された個体は、全再捕魚の98%（126尾）であった。船越湾では、放流1年後3月に北方90 kmで再捕され、それ以後は50 km以内で再捕された。また、全再捕魚の92%（12尾）が25 km以内で再捕された。

釜石湾では、放流1年後2月に南北方向100 kmで再捕され、5月には北方150 kmを超えて再捕された。また、全再捕魚の47%（15尾）が25 km以内で再捕された。吉浜湾では、10月放流群と7月放流群は類似した傾向を示し、放流1年後の5～6月に初めて110 kmで、また、放流2年後の5月以降には150 kmより遠方での再捕もあった。また、全再捕魚の77%（125尾）が25 km以内で再捕された。このように、移動の傾向は放流場所で異なったが、ほとんどの個体は放流点から25 km以内で再捕された（標識放流魚全体（336尾）の82%（276尾））。また、釜石湾は他の湾に比べて、放流後早期に分散する傾向を示した。移動方向は、久慈湾を除く全ての湾で、北方向へ分散する傾向を示した。なお、距離の最大は吉浜湾の221 km（放流2年後5月）であり、この再捕位置は青森県泊沖であった。

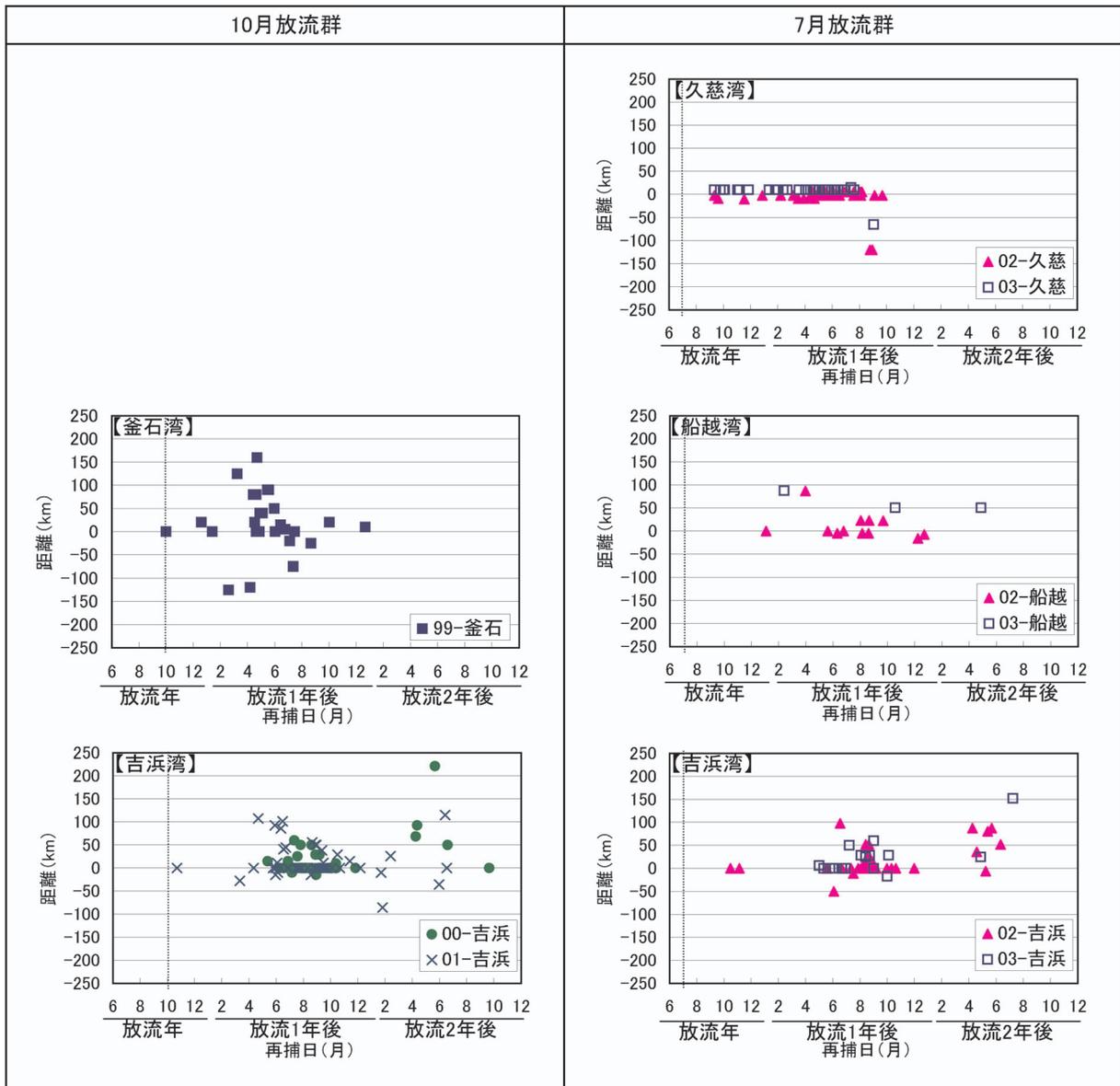


図2. 再捕日と放流点から再捕点までの距離
破線は放流日を示す

成長 ふ化後日数と再捕時の全長を図3に示した。放流群別全長は、ふ化後日数の経過とともに大きくなった。また、久慈湾と吉浜湾では、ふ化後600日には多くの個体が全長300mmに達したのに対し、釜石湾ではすべての個体が300mm以下であった。

放流群別のふ化後500～550日に再捕された標識放

流魚の平均全長を表2に示した。ふ化後500～550日に再捕された標識放流魚の平均全長は206～323mmの範囲であり放流群間で大きな差があった。放流場所別に示すと、平均全長は久慈湾では289～323mm、船越湾は265mm、釜石湾は206mm、吉浜湾は248～281mmであり、最大の久慈湾と最小の釜石湾では約100mmの

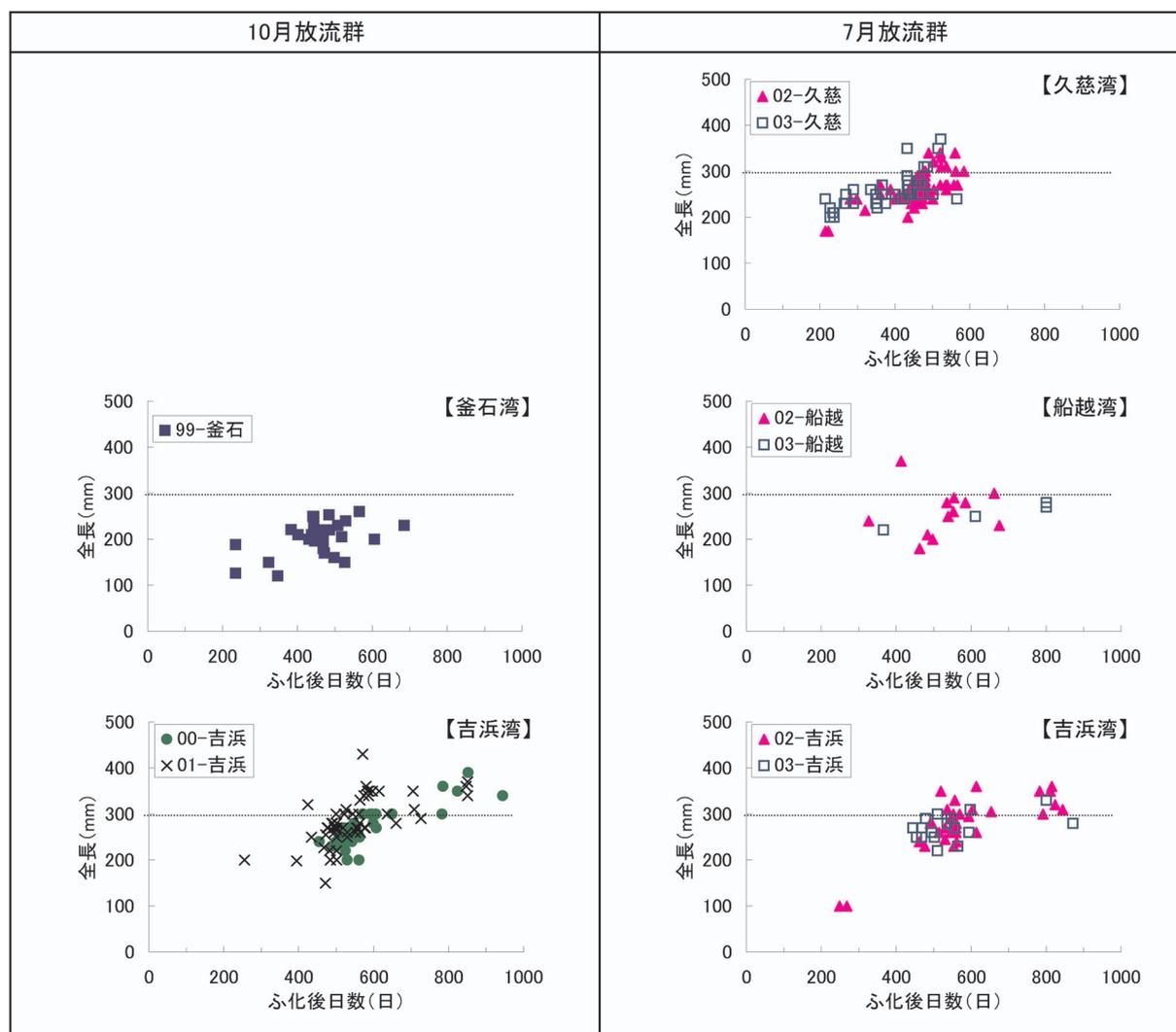


図3. ふ化後日数と再捕時の全長

表2. 各放流群のふ化後500～550日の平均全長

放流場所	放流月	放流群	ふ化後500～550日の平均全長 (mm)
久慈湾	7月	02-久慈	289 (n=11)
		03-久慈	323 (n=3)
船越湾	7月	02-船越	265 (n=2)
		03-船越	- (n=0)
釜石湾	10月	99-釜石	206 (n=4)
吉浜湾	10月	00-吉浜	248 (n=22)
		01-吉浜	263 (n=14)
	7月	02-吉浜	281 (n=9)
		03-吉浜	271 (n=8)

差があった。また、吉浜湾についてみると、平均全長は、10月に放流した00-吉浜と01-吉浜（以後、10月放流群とする。）は248～263mm、7月に放流した02-吉浜と03-吉浜（以後、7月放流群とする。）は281～271mmであり、前者は後者に比べて小さかった。

回収率 回収率と再捕時期ごとの再捕尾数を表3に示した。なお再捕期間は3ヶ月単位とした。
標識魚は放流直後（放流後3ヶ月以内）から再捕されはじめ、再捕尾数は放流1年後に最も多くなったが、2年後は少なかった。最も再捕尾数が多かった時期は、久慈湾と釜石湾では放流1年後の4-6月で、船越湾と吉浜湾では放流1年後の7-10月であった。

表3. 各放流群の回収率と再捕時期ごとの再捕尾数 (2005年12月現在)

放流場所	放流月	放流群	回収率 (%)	再捕時期										合計 (尾)
				(放流年)		(放流1年後)				(放流2年後)				
				7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	
久慈湾	7月	02-久慈	4.5	0	4	5	59	19	1	0	0	0	0	88
		03-久慈	1.8	0	11	10	18	4	0	0	0	0	0	43
船越湾	7月	02-船越	0.6	0	0	1	3	5	2	1	0	0	0	12
		03-船越	0.1	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	4
釜石湾	10月	99-釜石	0.3	-	2	4	18	6	1	1	0	0	0	32
吉浜湾	10月	00-吉浜	2.6	-	0	0	2	34	6	0	3	1	1	47
		01-吉浜	2.9	-	1	1	10	30	10	3	4	0	0	59
	7月	02-吉浜	1.9	0	2	0	2	22	5	0	6	0	0	37
		03-吉浜	0.9	0	0	0	10	14	2	0	1	1	0	28

標識魚の回収率は0.1～4.5%の範囲であり、放流群間で大きな差があった。放流場所別に示すと、久慈湾では1.8～4.5%、船越湾では0.1～0.6%、釜石湾では0.3%、吉浜湾では0.9～2.9%で、久慈湾と吉浜湾で高く、船越湾と釜石湾で低い傾向がみられた。また、吉浜湾の回収率は、10月放流群では2.6～2.9%、7月放流群では0.9～1.9%で、前者は後者より高かった。

考 察

標識放流されたマツカワの移動状況についてみると、全ての標識放流魚の82%は放流点から25 km以内で再捕された。また、県北部に位置する久慈湾放流群は南下傾向を示したのに対して、県南部に位置する釜石湾、船越湾、吉浜湾放流群は北上傾向を示した。このことは、放流魚が県海域内で移動、分散する可能性を示唆する。また、分散傾向には放流場所の地形的な特徴が関係していると考えられる。すなわち、分散傾向の小さい久慈湾と船越湾は広い砂質域を有しているのに対し、分散傾向の大きい釜石湾と吉浜湾は典型的なリアス式海岸で砂質域の規模は小さい。特に最も早期に分散する傾向を示した釜石湾は連続した砂質域を有せず小さな砂質域が点在するのみである。このように、分散傾向の違いには、砂質域の広さが影響していると考えられた。すなわち、マツカワ稚魚は他のカレイ類と同様に砂質域が最適な生息場所であると考えられることから⁹⁾、砂質域が狭い場合、稚魚は砂質域を求めて分散しやすいと推察される。以上のように、放流場所の地形的違いによって、放流効果の波及範囲は異なる可能性が示唆された。また、分散の方向についてみると、特に県南部に位置する3つの湾の放流群は北方向に移動する傾向を示した。このことは、マツカワは冷水系の魚類であることから、より低水温の環境を求めて北上したと推察される。

標識放流魚の放流後の成長は久慈湾が最も良好であり、次いで、船越湾と吉浜湾、釜石湾であった。マツカワは放流直後にはアミ類やヨコエビ類を摂餌し、成長にともなってエビジャコ等を餌料とするようになることが報告されている^{7),8)}。成長が良好であった湾は砂質域が発達していることから、餌料生物となる底生性小型甲殻類が多く生息していたと推察される。次に、成長と放流時期の関係を吉浜放流群についてみると、両群の放流サイズは7月が94～103 mm、10月が163～165 mmで、10月放流群が大きかったにもかかわらず、7月放流群の成長は、10月放流群に比べてふ化後の同時期で比較しても大きかった。このことは、放流時期が早い群ほど成長が良好であることを示唆している。同様の傾向は、厚岸湾のマツカワ⁵⁾やヒラメ^{9),10)}で報告されている。岩手県沿岸の海面生簀において、マツカワは春季から秋季にかけて成長し、冬季には停滞することが報告されていることから^{*5)}、7月放流群は10月放流群に比べて、放流後に天然海域で成長できる期間が長いから、成長が良好であったと推察される。

吉浜湾放流群の回収率についてみると、回収率は0.1～4.5%の範囲で変化し、7月放流群の回収率は10月放流群のそれに比べて低かった。両群の放流時の平均全長は、7月放流群が94～103 mm、10月放流群が163～165 mmであり、7月放流群の方が約60 mm小さかったことから、放流サイズが回収率に影響したと考えられる。ヒラメでも放流サイズが小さいほど生残率は低いことが報告されていることから¹¹⁾、本試験においても放流サイズが小さかった7月放流群は10月放流群に比べて生き残りが悪かったと推察される。

回収率は4つの湾に放流された放流群間にも差異が認められた。すなわち、久慈湾および吉浜湾放流群は高く、船越湾および釜石湾放流群では低い傾向がみられた。この結果は、前述した湾の特徴と概ね一致すること

*5) 岩手県 (1998) 岩手県水産技術センター年報

から、放流後のマツカワ種苗の生残条件として好適な環境の有無が重要であることが示唆される。しかし、回収率の多寡は標識の種類や放流サイズは勿論、海域ごとに異なる漁獲強度にも影響を受けると考えられる。したがって、放流場所と回収率の関係については、今後、放流試験の設定を精査した上で検討する必要がある。

本報告により、マツカワの移動、成長そして回収率には、放流場所の地形的特性、放流時期そして放流サイズが影響していることが明らかになった。したがって、より効率的に放流事業を進めていくためには、放流場所、放流時期および放流サイズ等の放流条件を十分に検討する必要がある。また、本研究では放流3年後の再捕個体は発見されなかったことから、3歳以降の放流魚の動向が把握できていない。そこで、今後はヒラメ等で成果が得られている ALC 標識を導入した標識放流試験を行い、長期にわたるデータを収集し、岩手県におけるマツカワ放流技術のあり方を検討する必要がある。一方、本種は放流海域の食物連鎖において上位にあると推察されことから、今後の本種の放流事業については、他魚種への影響についても検討する必要がある。

謝 辞

本事業における基礎的知見の収集には、岩手県農林水産部の久慈康支氏のご尽力を賜りました。また、本報文をまとめるにあたり、(独)水産総合研究センター宮古事業場の大河内裕之氏と藤浪雄一郎氏に資料の収集を手伝っていただきました。また、岩手県水産技術センターの山野目健氏、武蔵達也氏、後藤友明氏及び遠藤敬氏に指導していただきました。さらに、マツカワの種苗の手配については(社)岩手県栽培漁業協会の砂田一史氏に

様々なご協力をいただきました。

以上の方々に対し謝意を表します。

文 献

- 1) 疋田豊治(1934) 北日本産蝶類. 水産研究彙報, **4**, 275-278.
- 2) 尼岡邦夫・仲谷一宏・矢部 衛(1995) マツカワ. 北日本魚類大図鑑, 北日本海洋センター, 札幌, p. 306.
- 3) 三浦宏紀・松山恵二(1990) 2. ヒラメ・カレイ類養殖技術開発試験. 平成2年度北海道中央水産試験場事業報告書, 92-95
- 4) 南 卓志(1994) マツカワ. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (I). 分冊, II. 海産魚類, 水産庁, 東京, pp. 284-288.
- 5) 渡辺研一・鈴木重則・錦 昭夫(2001) 厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の移動・成長と放流効果. 栽培技研, **28 (2)**, 93-99.
- 6) 南 卓志・澤野敬一・中川 亨・渡辺研一(1994) マツカワ *Verasper moseri* 稚魚の底質選択性について. 北水研報告, **58**.
- 7) 渡辺研一・南 卓志(2003) 北海道厚岸湾に放流されたマツカワ人工生産魚の食性. 日水誌, **69 (1)**, 3-9.
- 8) 岩手県水産技術センター(2002) 平成14年度資源増大技術開発事業報告書, 魚類Cグループ, 岩手, 17-25.
- 9) 二平 章(1989) 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究サイズ別標識放流実験から推定した人工種苗ヒラメの生残. 茨城県水産試験場報告書, 昭和63年, 108-112.
- 10) 二平 章・川野辺誠・星野 悟(1992) ALC 耳石標識を装着したヒラメの放流時全長差による生残率の相違性. 茨城県水誌研報, **30**, 65-70.
- 11) 藤田恒雄・水野拓治・根本芳春(1993) 福島県におけるヒラメ人工種苗の放流効果について. 栽培技研, **22**, 67-73.

放流海域に回帰したサワラ人工1歳魚の性比と成熟状況

山崎英樹^{*1}・藤本 宏^{*2}

Sex Ratio and the Maturation Status of 1 year old Hatchery-reared Japanese Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius* which recurred in a stocking area

Hideki YAMAZAKI and Hiroshi FUJIMOTO

In order to evaluate the breeding activity of the Spanish mackerel after stocking, we investigated sex ratio and the maturation status of 1 year-old hatchery-reared Spanish mackerel which recurred in a stocking area at Harima Nada. As a result of investigation for two years in 2003 and 2004, it was revealed that the gonadal sex ratio of hatchery-reared fish was 1:1, similar to their wild counterparts. In addition, the gonad weight ratio showed similarity between wild fish and hatchery-reared ones, and more than half of the fish had already matured in both years. Therefore, it was concluded that hatchery-reared Spanish mackerel which were stocked in the eastern part of the Seto Inland sea grow and mature at a rate similar to that of wild fish, and that some individuals already contribute to reproduction at the age of 1 year.

2006年7月20日受理

瀬戸内海東部海域では1998年からサワラ人工種苗の放流が播磨灘・備讃瀬戸海域を中心に行われている。放流後の調査は主に当歳魚を対象として瀬戸内海東部海域において行われ、放流後の人工種苗の移動回遊¹⁾、成長²⁾や放流サイズ別の添加効果^{*3}などが明らかになった。その中で、人工種苗が放流の翌年に産卵海域である播磨灘・備讃瀬戸海域に回帰していることが明らかとなり¹⁾、2003年からは1歳魚の調査にも取り組み始めた。その結果、資源状態によっては1歳魚の水揚げの30%以上を放流魚で占めていることが明らかとなり^{*4}、放流による直接効果³⁾が証明されてきている。

一方、篠原⁴⁾は5月の瀬戸内海東部海域における雌のサワラは2歳でほぼ100%成熟し、1歳でも32.5%が成熟していると報告している。また、竹森・山田⁵⁾は瀬戸内海におけるサワラは資源量の減少に伴い成長が早まり、近年の1歳魚の尾叉長モードは1988年頃の2歳魚の尾叉長モードと一致することなどから1歳魚雌が産卵に参加可能と判断される割合が増加していると報告している。このようなことから、サワラの放流効果調査につ

いては、放流による直接効果のほかに、今後、放流種苗の成熟状況を把握し再生産効果³⁾についても検討することが重要と思われる。本報告では、2003年および2004年に行ったサワラ放流効果調査の中で、播磨灘海域で水揚げされたサワラ天然魚および人工種苗1歳魚の性比と成熟状況について若干の知見を得たので報告する。

材料と方法

水揚げと調査対象 材料は、播磨灘海域の岡山県日生町漁業協同組合（以下、漁協）および兵庫県五色町漁協（図1）に水揚げされたサワラ1歳魚を用いた。瀬戸内海東部海域の各漁協では春期のサワラ1歳魚はサゴシという銘柄で取り扱われ2歳魚以上のサワラとは別銘柄で扱われている。このため、漁協に委託して両漁協に水揚げされたサゴシ銘柄の個体をサワラの水揚げおよび産卵の最盛期の5月を中心にランダム採取した。両漁協では、サワラ漁が解禁となる4月20日から漁獲がほとんどなくなる6月30日までの間に2003年は3,261尾のサ

*1 独立行政法人水産総合研究センター 屋島栽培漁業センター 〒761-0111 香川県高松市屋島東町234 (Yashima Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 234 Yashimahigashi, Takamatsu, Kagawa, 761-0111 Japan)

*2 独立行政法人水産総合研究センター 小浜栽培漁業センター 〒917-0117 福井県小浜市泊26号

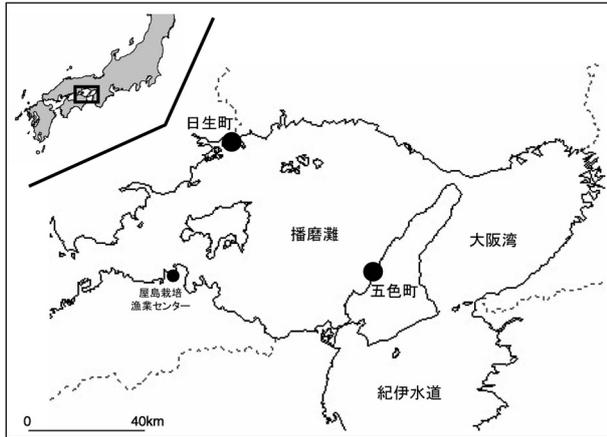


図1. 播磨灘におけるサワラ1歳魚の調査地点

ゴシ銘柄のサワラの水揚げがあり、同様に2004年は2,174尾の水揚げがあった。調査に用いたサワラは、2003年5月5日～6月5日に水揚げされた608尾（調査率18.6%）、また、2004年4月22日～6月11日に水揚げされた388尾（同17.8%）であった。なお、両漁協に水揚げされたサワラはすべてサワラ流し刺網で漁獲されたものであった。

測定と標識の確認 材料は冷凍状態で各漁協に保管後、屋島栽培漁業センターに持ち帰り、解凍後、全長(TL)、尾叉長(FL)、体重(BW)、また、解剖して生殖腺を取り出し生殖腺重量(GW)を測定するとともに生殖腺を肉眼で観察して外観が乳白色の個体を雄、発達した血管系があり卵巣卵が確認できる個体を雌とした。魚体測定後に、耳石(扁平石)を取り出し、耳石に付着した肉細片を取り除いて50%グリセリン溶液中に一時保管し、後日、耳石の輪紋による年齢の確認を行うとともに蛍光顕微鏡を用いて標識の有無を確認した。なお、サワラの誕生月は5～6月であるので、本調査では輪紋が未だ形成されていないものに輪紋数1を加えて年齢とした。また、瀬戸内海東部海域には2002年に全長40～152mmの人工種苗132,000尾、2003年は全長36～102mmの人工種苗171,000尾が放流されており、その全数にALC(アリザリンコンプレクソン)耳石標識が施してあることから、耳石調査時にALCの発色が確認できなかった個体を天然魚に、発色が確認できたものを放流魚として区別した。

性比と成熟状況の比較 2カ年ともサワラ流し刺網漁業が解禁となる4月20日から水揚げされたサワラ1歳魚を天然魚と放流魚に区別し、雌雄それぞれの尾数を旬別に合計して天然魚と放流魚間の性比を比較した。また、両年の性比の変化と水温の関係把握するため、香川県水

産試験場のホームページ上で公開されている屋島湾における水温観測地点(表層水温)の水温を旬別に平均して表した。

成熟状況は、式1より現在成熟度の表し方として最もよく用いられている生殖腺熟度指数(GSI)を求めて、放流魚と天然魚について、雌雄別に比較した。また、篠原⁴⁾に準じて式2より、成熟度指数(GI)を求めてこの指数が4以上の雌は成熟過程に入った個体として、放流魚と天然魚間の雌個体の成熟状況を比較した。

$$GSI = GW / BW * 100 \quad (式1)$$

$$GI = GW / FL^3 * 10^7 \quad (式2)$$

統計処理 調査したサワラ1歳魚の平均尾叉長と平均体重ならびにGSIの平均値の差の検定には、Student's t検定、雌雄の性比が1:1であるかの検定には二項検定、天然魚と放流魚の旬別の性比の比較にはFisherの直接確率検定、成熟過程に入ったとみられるGIが4以上の雌個体の出現率の差の検定には χ^2 検定をそれぞれ危険率5%で行った。

結 果

サワラ1歳魚の水揚げ状況 図2に2003年および2004年の4月20日～6月30日までに日生町漁協および五色町漁協に水揚げされたサゴシ銘柄の日別水揚げ尾数の推

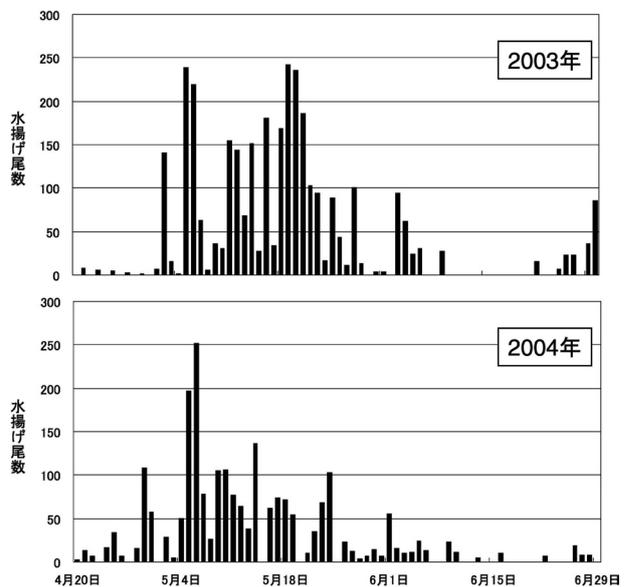


図2. 五色町漁協および日生町漁協におけるサワラ1歳魚の水揚げ尾数

- * 水揚げ尾数は、2漁協の尾数を合計した値
- * サワラ流し刺網漁業は、4月20日より解禁

^{*3} 小畑泰弘・岩本明雄・竹森弘征・山崎英樹・奥村重信・藤本 宏・山本義久・北田修一(2007) 漁獲加入までの生残から評価したサワラ人工種苗の有効放流サイズ. 日水誌. 印刷中

^{*4} 山崎英樹・竹森弘征・岩本明雄・奥村重信・藤本 宏・山本義久・小畑泰弘・草加耕司・北田修一(2007) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの種苗放流効果. 日水誌. 印刷中

表 1. サワラ 1 歳魚の調査尾数と大きさ

調査年	雌雄	標識の有無	尾数調査	尾叉長 (mm)	体重 (g)
2003 年	♂	なし (天然魚)	335	536 ± 40	1,335 ± 281
		あり (放流魚)	33	542 ± 37	1,496 ± 250
	♀	なし (天然魚)	221	550 ± 32	1,481 ± 284
		あり (放流魚)	19	554 ± 25	1,586 ± 188
2004 年	♂	なし (天然魚)	115	567 ± 25	1,468 ± 172
		あり (放流魚)	98	557 ± 19	1,442 ± 118
	♀	なし (天然魚)	100	574 ± 21	1,594 ± 166
		あり (放流魚)	75	573 ± 19	1,714 ± 146

平均値 ± 標準偏差 (Student's t 検定, * : P < 0.05)

移を示した。水揚げ尾数はいずれの年も 5 月が中心であり、6 月になると減少した。また、4 月中の水揚げは、2003 年には 20 尾のみであったが、2004 年には 201 尾となり 2003 年と 2004 年の間に 10 倍の差があった。2003 年および 2004 年に調査した 608 尾および 388 尾のサワラの耳石を調査した結果、すべてのサンプルは輪紋の形成過程であったことから 1 歳魚と判断した。また、2003 年に調査した個体のうち 52 尾の耳石に ALC 標識が確認できた。同様に 2004 年には 173 尾の個体が放流魚であることが確認できた。

調査した個体の雌雄別の平均尾叉長は、いずれの年も放流魚と天然魚間では差は認められなかった (表 1)。一方、平均体重は 2003 年の雄で天然魚 1,335 g と放流魚 1,496 g、また、2004 年の雌で天然魚 1,594 g と放流魚 1,714 g となり、この両区で放流魚と天然魚の間に有意

な差がみられ、いずれも放流魚が天然魚を優った (P < 0.05)。しかし、平均体重に統計的有意はあったものの、両漁協の魚市場内では、天然魚も放流魚も区別なく取り扱われていた。

性比 表 2, 3 に 2003 年および 2004 年のサワラ 1 歳魚の雌雄別水揚げ尾数を天然魚と放流魚に分けて示した。2003 年には、4 月中の水揚げがほとんどなかったため、サンプルは採集できなかった。その後、水揚げが増加した 5 月上旬には 124 尾の個体の雌雄判別を行ったが、水揚げされた個体がほぼ雄であったため天然魚および放流魚とも性比に有意な偏りがあった (P < 0.05)。しかし、5 月中旬以降は、雌の水揚げが増加し、天然魚、放流魚とも統計的に有意な性比の偏りは認められなくなった。一方、2004 年は解禁直後から水揚げがあったため、前年調査できなかった 4 月中にも放流魚と天然魚をあわせ

表 2. サワラ 1 歳魚の性比の変化 (2003 年)

	放流魚				天然魚			
	雄	雌	雄 / (雄 + 雌)	二項検定	雄	雌	雄 / (雄 + 雌)	二項検定
4 月下旬	0	0	—	—	0	0	—	—
5 月上旬	6	0	1.00	P < 0.05 雄 > 雌	109	9	0.92	P < 0.01 雄 > 雌
5 月中旬	24	16	0.60	P > 0.05 雄 = 雌	193	177	0.52	P > 0.05 雄 = 雌
5 月下旬	1	3	0.33	P > 0.05 雄 = 雌	18	10	0.64	P > 0.05 雄 = 雌
6 月上旬	2	0	1.00	P > 0.05 雄 = 雌	15	25	0.38	P > 0.05 雄 = 雌

表 3. サワラ 1 歳魚の性比の変化 (2004 年)

	放流魚				天然魚			
	雄	雌	雄 / (雄 + 雌)	二項検定	雄	雌	雄 / (雄 + 雌)	二項検定
4 月下旬	29	0	1.00	P < 0.01 雄 > 雌	41	1	0.98	P < 0.01 雄 > 雌
5 月上旬	32	15	0.68	P < 0.05 雄 > 雌	41	32	0.56	P > 0.05 雄 = 雌
5 月中旬	23	36	0.39	P > 0.05 雄 = 雌	21	41	0.34	P < 0.05 雄 < 雌
5 月下旬	12	16	0.43	P > 0.05 雄 = 雌	9	11	0.45	P > 0.05 雄 = 雌
6 月上旬	2	8	0.20	P > 0.05 雄 = 雌	3	15	0.17	P < 0.01 雄 < 雌

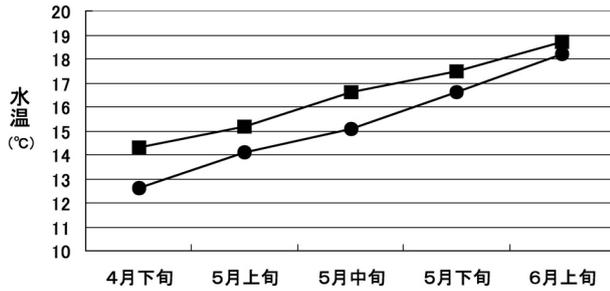


図3. 屋島湾における表層水温の推移
●● : 2003年 ■■ : 2004年

て71尾の雌雄判別を行った。その結果、雄が70尾、雌が1尾であり、2003年の5月上旬同様に、天然魚および放流魚とも統計的に有意な性比の偏りが認められた。 $(P < 0.01)$ 。しかし、5月に入ると天然魚では雌の水揚げ増加とともに、性比は5月上旬には統計的に有意な性比の偏りは認められなくなった。また、放流魚も5月中旬には統計的に有意な性比の偏りは認められなくなった。このように、いずれの年も漁期の初期に雄が水揚げされ、その後、雌の水揚げが増える傾向を示した。しかし、5月中総計の尾数では統計的に有意な性比の偏りは2003年天然魚以外では認められず $(P > 0.05)$ 、水揚げの盛期では天然魚、放流魚とも性比は1:1を示した。また、同旬別の天然魚と放流魚の性比の割合の比較でも、放流魚のサンプル数の少なかった2003年の5月下旬、6月上旬を除き、両者の間には有意な差は認められず表2、3に示すように放流魚は天然魚と同様な性比の変化を示した $(P > 0.05)$ 。

水温 図3に2003年および2004年の屋島湾における表層水温の推移を示した。屋島湾における水温は、いずれの期間においても2003年が2004年より低く、調査期間を通じて両年の間で $0.5 \sim 1.7^\circ\text{C}$ の差があった。

成熟状況 2003、2004年の2カ年で雄581尾、雌415尾の成熟状況の調査を行った。雄については、調査した個体のほとんどの精巣が乳白色で全体に弾力圧があるがやや硬く成熟が始まっている状態であったと推察された。雌については、卵巣卵中に透明卵を有する個体もみられたが、卵巣が小さく未成熟な個体もみられた。図4に生殖腺熟度指数(GSI)の旬別平均値を調査年別に求め経月変化を示した。両年とも調査期間中の雄のGSIの平均値は天然魚も放流魚も6~9の間ではほぼ一定であった。一方、雌は5月中旬から下旬にピークがありこの時期がサワラ1歳魚雌の成熟の盛期であることが推察された。さらに表4には5月中旬から下旬の天然魚と放流魚の雌雄別GSIの平均値を示したが、雌雄いずれも天然魚と放流魚との間のGSIの平均値の差に統計的な差はみられなかった $(P > 0.05)$ 。また、この期間のGSI値はいずれの年においても、雄に比べ雌のGSIの変動が大きい傾向があった。

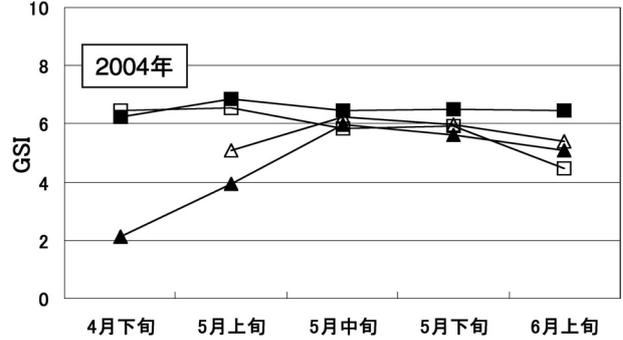
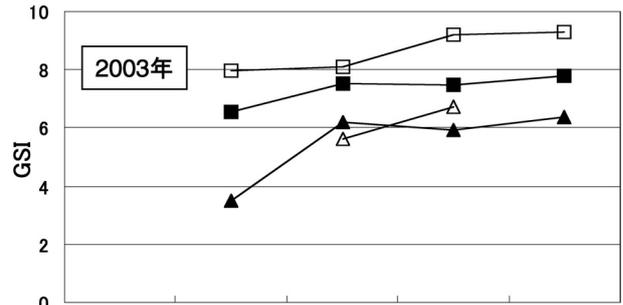


図4. サワラ1歳魚のGSI平均値の旬別変化
△△ : 放流魚雌 □□ : 放流魚雄
▲▲ : 天然魚雌 ■■ : 天然魚雄
2004年4月下旬の天然魚雌は1尾のみ
2004年6月上旬の放流魚雄は2尾のみ

表4. サワラ1歳魚の生殖腺熟度指数(GSI)の比較

調査年	区分	♂	♀
2003年	天然魚	7.5 ± 2.1	6.2 ± 3.2
	放流魚	8.1 ± 2.1	5.8 ± 3.5
2004年	天然魚	6.5 ± 2.5	5.9 ± 2.8
	放流魚	5.7 ± 1.4	6.2 ± 2.7

両年とも、5月11日～5月31日までの平均値±標準偏差

表5. サワラ1歳雌の成熟度指数(GI)4以上の出現率(%)

	天然魚	放流魚
2003年	65.3	63.2
2004年	53.6	74.6**

χ^2 検定 ** : 天然魚に対して有意差あり $(P < 0.01)$

表5には5月中にサンプルした個体のうち成熟過程に入ったと考えられる成熟度指数(GI)4以上の雌個体の割合を示した。GIが4以上の出現率は、すべての区で50%以上を示し、この中には卵巣卵が吸水して透明卵となり、最終成熟過程に移行したと思われる個体もあった。天然魚と放流魚の雌の成熟個体の出現率は、2003年には両群で差は認められなかったが、2004年に天然魚53.6%、放流魚で74.6%と有意な差が認められた $(P < 0.05)$ 。

考 察

性比 一般に資源管理を実施するにあたり、対象とする魚類の天然および放流種苗の性比を把握することは資源添加を行う上で大切である⁶⁾。瀬戸内海東部海域の天然サワラの性比については、ほぼ1:1⁷⁾であることや2歳魚以上では年齢が増すごとに雌の割合が増加する傾向がある⁸⁾ことが報告されている。また、近年の事例では、竹森・山田⁹⁾の2000、2001年の調査でも3歳および4歳魚ではほとんどの個体が雌であったと報告されている。加齢とともに性比に変化が起こる現象は、サバ科魚類ではキハダ⁹⁾やメバチ¹⁰⁾などで知られているが、これらはサワラと反対に雄の割合が増加し、その原因として雌の再生産の負担が影響していると考えられている。一方、カツオ¹¹⁾ではその性比は一生変化しないといわれているが、サワラ科のヨコシマサワラ¹²⁾では全年齢での性比は漁獲場所や漁法によって差がある場合や差がない場合があり、サバ科の魚類の中でも魚種によってまた同一魚種の中でも年齢や漁獲場所によって性比に違いがあると推察される。

今回の調査では、水揚げ盛期の5月総計の性比は2003年の天然魚以外は過去に行われた調査同様に1:1であった。2003年の天然魚の5月総計の性比が1:1を示さなかった理由については、2003年は水温の上昇が2004年に比べ遅く、雌の調査海域への移動が5月中旬頃と遅かったことが影響したものとされた。しかし、2003年の天然魚についても、調査海域への雌の移動が完了したと思われる5月中旬以降の総計の性比は1:1を示したことから、瀬戸内海東部海域におけるサワラ天然1歳魚の性比は1:1であると思われた。また、今回の調査でサワラ放流1歳魚での性比が始めて明らかとなり、その性比は天然魚同様に1:1であった。サワラ放流時の性比については未調査であるが、放流直後から1歳魚までの間の雌雄の死亡率に差がないとすれば今回の調査から1歳魚までの性比は1:1であると推察される。

一方、水揚げ時期による性比の違いをみると、いずれの年においても天然魚、放流魚とも漁期初めに水揚げされたほとんどの個体が雄であり、その後、雌が増加する傾向を示した。瀬戸内海を産卵場として外海から産卵回帰する魚類のうち産卵期に性比が偏るものにトラフグ⁹⁾が知られている。トラフグの場合、産卵場水域で産卵行動中の魚群を漁獲すると雌の出現率は0.6~10%内外であり、その性比が産卵期間中を通して雄側に大きく偏っている。藤田¹³⁾はその理由として、産卵が1産卵期1回限りであるトラフグ雌は産卵後逃散するのに対し、雄は長く止まるため、産卵群に雄が多くなるという。しかし、今回の調査結果から、産卵期のサワラ1歳魚では、性比の偏りが起きるのは漁期の初めだけであり、水揚げ盛期である5月には1:1を示していた。また、今回雄

に性比が大きく偏ったのは2003年が5月上旬、2004年は4月下旬と年により違いがあった。このような年によって違いが起こった原因として、2004年に比較して2003年の水温の上昇が10日前後遅れていたことが影響したものと推察され、サワラ1歳魚の産卵海域への移動回遊が、2歳魚¹⁴⁾以上の個体同様に水温による影響を受けることが明らかになった。また、サワラ1歳魚の産卵海域への移動時期に雌雄でずれがあり、雄が先に産卵海域である播磨灘に移動するが、多回産卵する本種の場合は、雌が産卵海域に移動後も産卵期中は他海域に移動しないことから産卵期全体を通じた性比の偏りはないことが示唆された。このように春期のサワラの性比は水揚げ時期によって違いがあることから、今後サワラの性比調査を行うにあたっては調査時期に注意する必要がある。また、今回の調査では検討しなかったがサワラの性比は漁獲方法や場所、調査年数などによって変わる可能性もあるのでこれらの項目についても十分注意する必要がある。いずれにしても、天然魚と放流魚の性比を比較した結果、漁獲時期毎の両者の性比には違いがなく(表2, 3)、放流魚は天然魚同様に水温変化の影響を受けながら雌雄とも移動回遊していることが明らかになった。また、その性比については、1歳魚までは天然魚と同じ1:1であることから、サワラについては原田・金岩¹⁵⁾の指摘するような種苗生産による人工飼育下の性比に対する影響は無いものと思われた。

なお、今回の調査では、2歳魚以上の性比については、未調査であるが、岡崎・渡辺⁸⁾は瀬戸内海東部系群のサワラ2~4歳魚の性比が偏る原因に雌雄の寿命の違いを指摘している。現在、瀬戸内海におけるサワラ流し網漁は資源回復計画によって網目規制等漁獲の制限が行われている¹⁶⁾が、漁獲の対象は資源の多かった時期の3~4歳から、現在は魚体の大型化に伴い1~2歳魚を中心に低年齢化¹⁷⁾している。今回の調査から、産卵海域におけるサワラ流し刺し網の漁獲物は、漁期の最初は雄の比率が高く、漁期を通しての1歳魚のサンプルに占める雄の比率が高かった。このように雄は雌に比べ長い間産卵海域に滞留し漁獲対象となっており、春漁では雄が雌より漁獲圧を長い間受けていると推察される。サワラの寿命は6~8歳¹⁸⁾といわれており、仮に2~4歳魚の間に雄がほとんど獲れなくなるような性比の変化が起こっているならば、春期の雌雄の行動特性の違いによる雄の間引きも性比の偏りをもたらし要因の一つと思われるが、このことを検証する資料はいまのところない。今後も放流魚を含めたサワラの産卵生態あるいは行動特性等について検討する必要がある。

成熟度 今回、天然魚と放流魚との成熟度を、一般的に用いられている生殖腺成熟度指数(GSI)を用いて比較した。その結果、雌雄いずれについても両者のGSIの平均値には統計的な差は認められなかったことから、天然魚も放流魚も同じ程度成熟していたものと思われた。今

回の調査では雄については、詳しく成熟状況について検討を行わなかったが、雄の成熟最小個体は、尾又長 45 cm¹⁹⁾、47 cm²⁰⁾あるは約 50 cm⁸⁾といわれている。今回 2 ヶ年で調査した雄 581 尾のうち、尾又長 47 cm 未満の個体は 5 尾、同 50 cm 未満の個体は 52 尾のみであった。また、調査した個体のほとんどの精巣は乳白色で全体に弾力があるがやや硬く成熟が始まっていたと思われたこと、GSI 値のバラツキも少なく調査期間で一定であったことなどから、現在の瀬戸内海東部海域におけるサワラ 1 歳魚の雄は 100% に近い個体が成熟状態に近く、再生産に関与できるものと思われる。

一方、雌については成熟過程に入ったと仮定できる成熟度指数 (GI) 4 以上の個体の出現状況について過去の知見と比較するため 5 月中に水揚げされた天然魚と放流魚で比較を行った。その結果、2003 年は差が見られなかったが、2004 年は、放流魚の方が有意に高く、いずれも 50% 以上を示し、篠原⁴⁾や竹森・山田⁵⁾が行った事例よりも高い値を示した。現在、サワラ資源状態は 1998 年を底としてやや上向き状況²¹⁾となってきたが、今回の結果から、2000 年頃よりもさらにサワラの早熟化が進んでいるものと推察された。また、サワラ 1 歳魚の成熟状況を比較した場合、天然魚と放流魚の間にはほとんど差がないことから、放流魚は少なくとも 1 歳魚までは、天然魚と変わりなく成長、成熟し、一部の個体は再生産に貢献しているものと思われる。今後、再生産に完全加入する 2 歳魚以上の天然魚と放流魚の比較を行うとともに、放流魚の成熟・産卵様式を把握するため、卵径組成や卵巣の組織学的検討を行い、引き続き放流魚の成熟状況をモニタリングする必要がある。

謝 辞

本稿を御校閲頂くとともに有益なご助言を頂いた独立行政法人水産総合研究センター屋島栽培漁業センター岩本明雄場長に深謝する。また、サワラの入手にご協力いただいた、兵庫県五色町漁業協同組合の菱池正樹氏および岡山県日生町漁業協同組合の天倉辰己氏をはじめとする関係各位にお礼申し上げる。

文 献

1) 竹森弘征・坂本 久・植田 豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流効果—I. 移動回遊について. 栽培技研, **32** (1), 25-34.

2) 竹森弘征・坂本 久・植田 豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ 0 歳魚の成長. 栽培技研, **32** (1), 35-41.

3) 北田修一 (2001) 栽培漁業と統計モデル分析. 共立出版, 東京, 335 pp.

4) 篠原基之 (1993) 瀬戸内海東部海域における回遊性魚類の資源生態調査—サワラの資源生態調査—. 6 熟度指数の季節変化と年変化, 成熟率及びよう卵数. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **61**, 124-141.

5) 竹森弘征・山田達夫 (2003) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの資源水準と成長の関係. 香水試研報, **4**, 1-9.

6) 鈴木信洋・岡田一宏・神谷直明 (1996) トラフグ生殖腺の性分化過程と性比. 南西水研報, **29**, 39-48.

7) 上田幸男・長江修身 (1990) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの資源生態調査. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **55**, 109-142.

8) 岡崎孝博・渡辺健一 (1996) 瀬戸内海東部域におけるサワラの成熟および産卵. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **67**, 206-221.

9) SCHAEFER, K.M. (1998) Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacores*) in the eastern pacific ocean. *Bull. IATTC*, **21** (5), 205-272.

10) MIYABE, N. (2003) Recent sex ratio of the bigeye tuna caught by the Japanese longline fishery in the Atlantic. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, **55** (2), 2028-2039.

11) SCHAEFER, K.M. (2001) Assessment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, **99**, 343-350.

12) CLAEREBOUDT, M.R., MCLLWAIN, J.L., AL-OUFI, A.A., AMBU-ALI (2005) Patterns of reproduction and spawning of the kingfish (*Scomberomorus commerson*) in the coastal waters of the Sultanate of Oman. *Fish. Res.*, **73**, 273-282.

13) 藤田矢朗 (1996) トラフグの生物学. さいばい, **79**, 15-18.

14) 岸田 達 (1989) 漁場の移動からみた瀬戸内海中西部域におけるサワラの分布と回遊. 南西水研報, **22**, 13-27.

15) 原田泰志・金岩 稔 (2003) 放流と漁獲. 「水産動物の性と行動生態」(中園明信編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.125-137.

16) 小林一彦 (2003) サワラ瀬戸内海系群資源回復について. 日水誌, **69** (1), 109-114.

17) 河野悌昌・花村幸生・西山雄峰・福田雅明 (1997) 瀬戸内海西部におけるサワラ資源の年齢組成の変化. 南西水研報, **30**, 1-8.

18) 岸田 達・上田和夫・高尾亀次 (1985) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの年令と成長. 日水誌, **51** (4), 529-537.

19) 濱崎清一 (1993) 東シナ海・黄海に分布するサワラの年齢と成長. 西水研報, **71**, 101-110.

20) 上田幸男・渡辺健一 (1992) 瀬戸内海東部海域における回遊性魚類の資源生態調査. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告書, **59**, 116-138.

21) 永井達樹 (2003) サワラの資源状況と資源回復計画. 日水誌, **69** (1), 99-103.

南伊豆海域におけるイセエビの プエルルス採集量の変化と黒潮流路との関係

成生正彦*1・山田博一*2・長谷川雅俊*2

Relation between the Abundance of Pueruli of *Panulirus japonicus* and the Path of the Kuroshio Current in Minamiizu Coastal Area

Masahiko NARIU, Hirokazu YAMADA and Masatoshi HASEGAWA

We collected pueruli of the spiny lobster in Shirahama and Irouzaki of the south part of the Izu Peninsula during 1989-2004 using a collector. By using the collector, a difference in the performance of the collection of pueruli was revealed. Pueruli were collected from April to November and there was a peak in appearance from July to September. The carapace length of the collected pueruli ranged from 5-8 mm. When comparing the relationship between the path of the Kuroshio Current with the A, C, and N types, and the abundance of pueruli, there was an abundance in the A and N types which come alongside the Izu Peninsula. However, a difference was seen between Shirahama and Irouzaki in the collection tendency of the B, D, and W types in that there was low appearance of frequency. It was considered that factors other than the path of the Kuroshio Current are responsible for this.

2006年8月2日受理

イセエビ *Panulirus japonicus* は、日本の黒潮流域に面する沿岸岩礁域における漁業の重要種の一つであり、全国で年間 600 ~ 1800 トン程度が漁獲されている^{1,2)}。

本種は、フィロソーマ幼生としてふ化し、浮遊生活をしながらか成長し、プエルルス幼生に変態して沿岸岩礁域に着底する。浮遊期間は、プエルルスの採集時期と飼育結果から 300 日前後と推定されている³⁾。浮遊生活期間が長いために幼生の拡散も大きく、それがプエルルスの加入機構の解明を困難にしている。

静岡県水産試験場伊豆分場（以下、伊豆分場と記述）は、1957年の設置以来イセエビの増殖に関して研究している。その一環として1975年よりプエルルス採集調査を23年間継続してきて、1982年より1991年までの採集結果は、川合ら⁴⁾によって報告された。

独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター（以下、南伊豆栽培漁業センターと記述）は、1989年の開所以来イセエビの種苗生産技術開発を継続

しているが、それと平行して人工種苗の放流を前提としたイセエビの天然生態調査を実施してきた。これは、イセエビの生態を解明することで放流技術確立に役立てるため、その一環として、プエルルス採集調査を、開所以来16年間継続している。

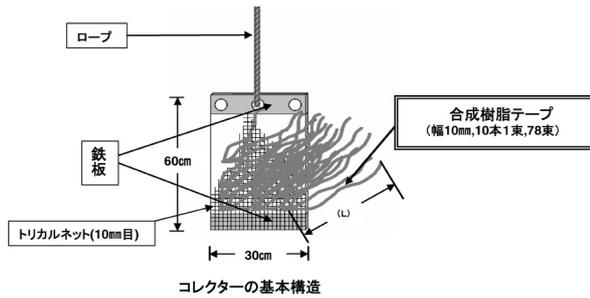
本報では、伊豆分場と南伊豆栽培漁業センターが実施した1989年から2004年までの16年間のイセエビプエルルス採集調査結果を取り纏め、採集量と黒潮流路との関係を検討した結果を報告する。

材料と方法

コレクター プエルルスのコレクターは PHILLIPS⁵⁾ のコレクターを伏見⁶⁾ が改良したものをを用いた。横 30 cm、縦 60 cm の硬質プラスチック網（トリカルネット・目合 10 mm）を基盤とし、上下に鉄板の沈子を付け、網目に長さ 60 cm の合成樹脂テープ（幅 10 mm）を、1 束 10

*1 独立行政法人水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター 〒415-0156 静岡県賀茂郡南伊豆町石廊崎 183-2 (Minamiizu Station Center, National Center for Stock Enhancement, FRA 183-2 Irouzaki Minamiizu, Kamo, Shizuoka 415-0156, Japan)

*2 静岡県水産試験場伊豆分場 〒415-0012 静岡県下田市白浜 251-1



コレクター種類	合成樹脂テープ長 (L)	使用期間
C型	60cm	1977～1994年
改良C型	80cm	1982年より
共通型	50cm	1995～2002年まで

図1. 使用した3種類のコレクター概略図

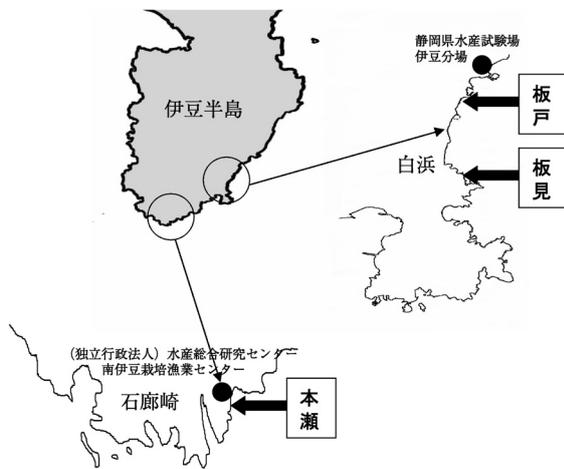


図2. コレクター調査を行っている場所

本として、一基当たり78束を平均的に結び付けたものをC型コレクターとした。

後に合成樹脂テープの長さを80cmとしたものを改良C型コレクター、50cmとしたものを共通型コレクターと呼んだ(図1)。

コレクターの設置と採集方法 南伊豆栽培漁業センターでは、石廊崎本瀬漁港(以下石廊崎と記述、図2)の岸壁に、伊豆分場では白浜の板戸漁港岸壁(以下白浜板戸と記述、図2)および板見漁港岸壁(以下白浜板見と記述、図2)に、コレクターの上辺が水面下になるように吊り下げた。毎日調査を原則として、石廊崎では午前中に、白浜の2地点では午前9時前後(1993～1998年には午後4時前後も加えて)にコレクターを引き上げ、手で振って落ちるプエルルスおよび稚エビを採集した。採集個体は頭胸甲長をノギスで0.1mm単位まで測定した。

黒潮流路の型 黒潮流路の型は、海洋速報(海上保安庁海洋情報課)および一都三県漁海況速報を元に、静岡県水産試験場が作成した表を一部改訂した黒潮流型の時系列変化の表⁷⁾を用いた。

表1. 石廊崎と白浜におけるコレクター設置数

年	石廊崎			白浜		合計	3ヶ所合計	
	本瀬		合計	板戸	板見			合計
	C型	改良C型		改良C型				
1989	5		5			0	5	
1990	5		5	4		4	9	
1991	5		5	4	2	6	11	
1992	5		5			0	5	
1993	5		5	4	4	8	13	
1994	5		5	4	4	8	13	
1995		8	4	12	7	4	11	23
1996		7	4	11	7	7	14	25
1997		7	4	11	7	7	14	25
1998		8	4	12	7	7	14	26
1999		8	4	12	7	7	14	26
2000		9	3	12	6	6	12	24
2001		10	2	12	9	6	15	27
2002		10	2	12	9	6	15	27
2003		12		12	6	5	11	23
2004		12		12	6	5	11	23

結 果

1989年から2004年までの引き上げたコレクター数、採集プエルルスおよび稚エビ個体数の旬毎の集計値を付表1に示した。

各採集点における使用コレクターは、石廊崎では1989～1994年まではC型コレクター、その後は改良C型コレクターおよび共通型コレクターの併用、白浜では改良C型コレクターであった(表1)。年々のコレクター数は、石廊崎では5～12基、白浜板戸では4～9基、白浜板見では2～7基であった。

なお、石廊崎では、1992年1月上旬から4月上旬を欠測した。白浜では1989年と1992年は採集を行わなかった。1994～1999年まではほぼ年間を通して採集を行った。その他の年では、プエルルスが採集される5月から10月までを中心に採集を行った。

石廊崎におけるコレクターの性能比較と採集個体数の補正 改良C型・共通型コレクターが併用された石廊崎における1995年以降の8年間の資料から、この2型コレクターの採集性能を比較した(表2)。比較は年毎に行った(個別比推定⁸⁾)、その理由は次の諸点である。コレクターの採集量はその年のプエルルスの来遊量と海況=来遊条件によって影響を受け、この2つの要因は年々変わると考えられるので、条件の同じ同一年で採集性能比を求める必要があると判断したこと、プエルルスの採集数は少ないが調査基数が極めて多いので、各年毎の採集性能比が意味のある数値と判断したことである。それぞれ一基当たり平均プエルルス採集個体数は、1999年を除く7年間では改良C型コレクターの採集個体数は共通型のその平均2.47倍(0.52～7.06倍)であった。共通型と改良C型コレクターの採集性能に差があ

表 2. 南伊豆栽培漁業センターでの採集コレクターの種類によるイセエビ幼生採集性能の比較

調査年	共通型			改良 C 型			プエルルス 採集指数の比 改良 C (F)/ 共通 (C)
	調査基数 (A) (回)	プエルルス 採集数 (B) (尾)	プエルルス 採集指数 (C) (B)/(A) × 100	調査基数 (D) (回)	プエルルス 採集数 (E) (尾)	プエルルス 採集指数 (F) (E)/(D) × 100	
1995	1360	4	0.29	2720	4	0.15	0.52
1996	1264	4	0.32	2212	50	2.26	7.06
1997	1412	3	0.21	2464	6	0.24	1.14
1998	1384	6	0.43	2768	25	0.9	2.09
1999	1444	0	0	2888	45	1.56	-
2000	1089	1	0.09	3267	7	0.21	2.33
2001	696	2	0.29	3480	24	0.69	2.38
2002	676	7	1.04	3360	61	1.82	1.75

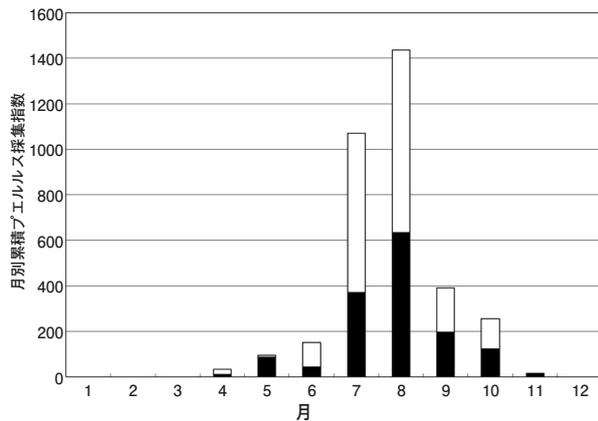


図 3. 月別のプエルルス採集状況
1989～2004年のプエルルス採集指数を月別に示す。
■：石廊崎 □：白浜

るかどうかについて帰無仮説 H_0 : 差無し, 対立仮説 H_1 : 改良 C 型の採集性能が高いとして Wilcoxon の符号順位和検定⁹⁾を行った所, 危険率 5% で改良 C 型の採集性能が高かった。そこで共通型, C 型コレクターの採集尾数を以下のように補正した。

コレクターによるプエルルスの採集機構は水中で広がった合成樹脂テープに來遊してきたプエルルスが接触し, それにしがみつくと採集されると考えられる。したがって, テープ長が長いほど水中での影響空間が大きく, 性能が良いと考えられる。改良 C 型コレクターと共通型コレクターの採集性能の比較では確かにそうになっていた。そこで, 次のようにテープ長による影響空間を見積もり, C 型コレクターの採集性能を求めた。

改良 C 型コレクターと共通型コレクターの合成樹脂テープの長さが, 前者が 80 cm, 後者が 50 cm であるので, 前者は後者の 1.6 倍にあたる。合成樹脂テープが基盤面に対して左右と上方に均等に拡がると考えると, 1.6 倍の長さは平面的には $1.6^2 = 2.6$ 倍, 立体的には $1.6^3 = 4.1$ 倍となる。この値は, 合成樹脂テープが波に揺られて動くので平面的にも立体的にも固定していないため, 影響する空間の限界を示していると考えられる。改良 C 型の採集能力が共通型のそれの 2.47 倍 ($= 1.6^{1.92}$) であることから, 平面的な空間限度に近い値であった。

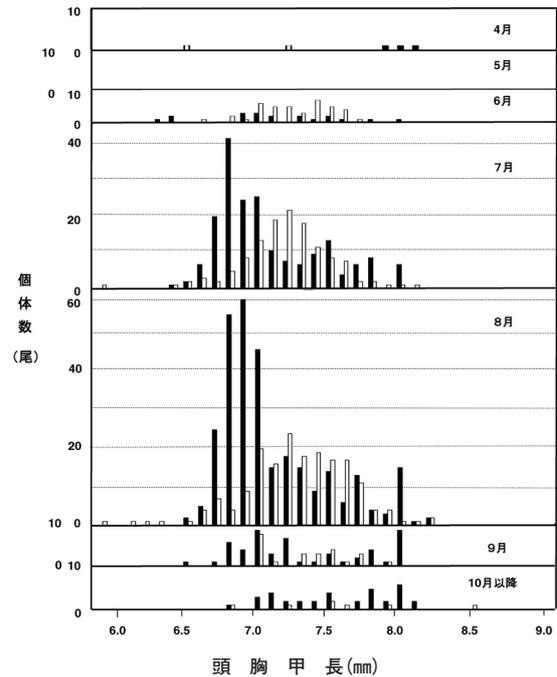


図 4. 石廊崎と白浜のプエルルス採集結果 (1989～2004 年)
■：石廊崎 □：白浜

仮に, 合成樹脂テープ長の 1.92 乗に採集能力が比例するとした場合とすると, 改良 C 型コレクターは C 型コレクターの 1.33 倍なので, 影響空間は平面的に近い $1.33^{1.92} = 1.73$ 倍となる。

付表 1 には, 採集実数を示したが, 付表 2 には, 改良 C 型として換算した一基当たりの採集個体数を 100 倍した数値をプエルルス採集指数として示した。採集指数は, 伊豆分場が継続して使用し, 南伊豆栽培漁業センターが 10 年間使用した改良 C 型コレクターを基準として, C 型コレクターの平均個体数を 1.73 倍, 共通型コレクターを 2.47 倍して換算したものである。

プエルルスの出現期間と出現量 プエルルスの出現は, 石廊崎では 4 月中旬から 11 月下旬まで, 白浜板戸では 4 月下旬から 10 月下旬まで, 白浜板見では 4 月上旬から 10 月中旬までであり, 石廊崎と白浜の両採集点では 4 月上旬から 11 月下旬までの範囲で確認された。

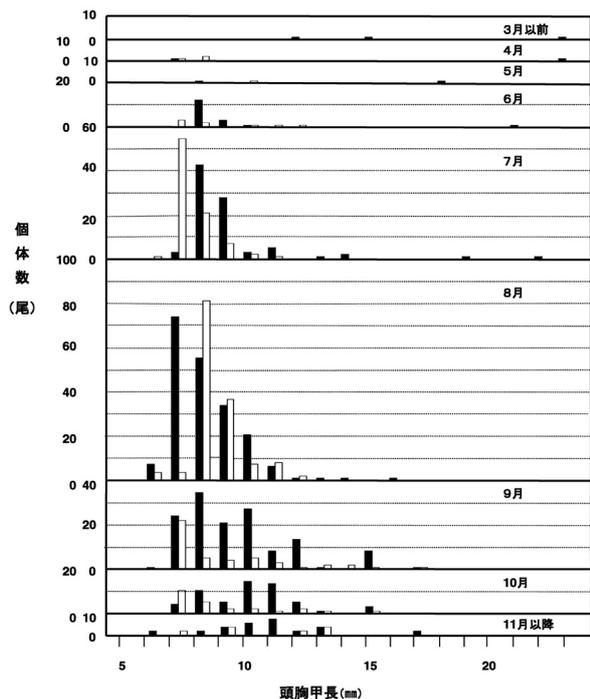


図 5. 石廊崎と白浜で月別に採集された稚エビの大きさ (1989～2004年)
 ■：石廊崎 □：白浜

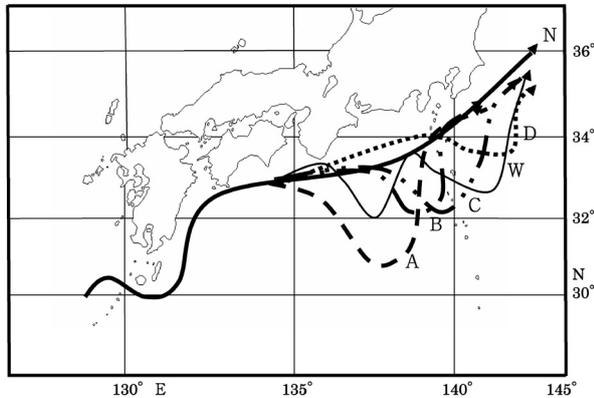


図 6. 黒潮流路の型
 — N型 - - - A型 - · - · - B型
 - · - · - C型 ····· D型 — W型
 * 神奈川県水産技術センター ホームページ「黒潮と水温の話」の中の黒潮の流れの図を改変
<http://www.agri.pref.kanagawa.jp/suisoken/Kakubu/Sigen/kuroshio/kuroshio.htm>

図 3 に石廊崎、白浜の月別のプエルルス総採集指数を示した。月別では 8 月が最も多く合計の 42% を占めた。次いで 7 月が 31%、9 月が 11%、10 月が 7% と続いた。
採集したプエルルス・稚エビの大きさ 採集したプエルルスについて稚エビへの変態を水槽内で観察したところ、石廊崎・白浜のいずれにおいても全てがイセエビであり、他種はいなかった。石廊崎と白浜のプエルルスの

頭胸甲長の測定結果を図 4 に示した。石廊崎では 6.3～8.2 mm の範囲で平均 7.0 mm であり、白浜では 5.9～8.6 mm の範囲で平均 7.2 mm であった。石廊崎では 7～8 月に、6.7～7.0 mm の比較的小型のプエルルスが採集された。

石廊崎、白浜で採集された稚エビの大きさを図 5 に示した。石廊崎で採集された個体は頭胸甲長 6.5～22.0 mm で、白浜が 6.2～17.1 mm であった。プエルルスが多く採集される 5 月から 10 月は 7～8 mm 台の稚エビが多く、9 月以降は 10 mm 以上の個体の割合が多くなり、11 月以降、最大は 17 mm であった。また、わずかであるが、石廊崎で 3 月から 7 月に 20 mm 前後の個体が採集された。

黒潮流路とプエルルス出現の関係 石廊崎、白浜とも 7 月と 8 月にプエルルスが多く採集されていることから、7 月と 8 月の黒潮流路との関係を比較した。黒潮流路は変動を繰り返すが、次に示す 6 型に分類される¹⁰⁾ (図 6)。

- ・ A 型はさきわめて大型の冷水渦が伊豆諸島西側 (遠州灘沖) に存在して、黒潮は大きくこれを迂回する。蛇行の南端が北緯 32° 以南にあるもの。
- ・ B 型は冷水渦が伊豆諸島西側 (遠州灘沖) に存在して黒潮はこの外側を迂回するが、冷水渦の規模は上記 A 型よりも小さく、蛇行の南端が概ね北緯 32° 以北にあるもの。
- ・ C 型は冷水塊が伊豆諸島の東西にまたがって存在し、黒潮はその外側を迂回している。
- ・ D 型は冷水渦が伊豆諸島の東側だけに存在し、黒潮は伊豆諸島の東側で蛇行する。
- ・ N 型は本州に接岸して流れ、黒潮と本州の間には顕著な冷水渦は存在しない。
- ・ W 型は冷水渦が 2 つ存在する。

プエルルスの出現の多い 7 月と 8 月に限って、1989 年から 2004 年の間で上記流路の出現の年数とその日数は、N 型では 12 年 (1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2002, 2003), 425 日、次いで C 型の 6 年 (1991, 1993, 1997, 1998, 2000, 2001), 225 日、A 型は 2 年 (1990, 2004), 93 日、D 型は 4 年 (1991, 1992, 1995, 1997), 53 日、W 型は 3 年 (1997, 2001, 2004), 61 日、そして B 型は 3 年 (1994, 1999, 2001), 29 日であった。

黒潮流路別プエルルス採集指数を表 3 に示したが、石廊崎では A 型 2.93, B 型 0.48, C 型 0.75, D 型 0.23, N 型 1.05, W 型 0.63 であった。一方、白浜では、A 型 2.22, B 型 2.81, C 型 0.22, D 型 0.00, N 型 2.29, W 型 4.95 であった。したがって、石廊崎では、黒潮流路別プエルルス採集指数は A → N → C → W → B → D 型、白浜では W → B → N → A → C → D 型の順に小さくなった。両採集点での黒潮流路別採集指数は、D 型が最も小さいことは共通していたが、それ以外の流路別のプエルルス採集指数の順位は一致していなかった。

表3. 夏期（7, 8）月における黒潮流路の出現と旬別プエルルス採集数

黒潮流路の型 調査海域	A 型		B 型		C 型		D 型		N 型		W 型	
	石廊崎	白浜	石廊崎	白浜	石廊崎	白浜	石廊崎	白浜	石廊崎	白浜	石廊崎	白浜
黒潮流路出現日数	93	93	29	29	225	225	61	46	425	317	53	53
改良C型に換算した プエルルス採集尾数	272.3	206.9	13.9	81.6	169	48.9	13.9	0	448.2	725.4	33.3	262.6
黒潮出現日数あたり プエルルス採集尾数	2.93	2.22	0.48	2.81	0.75	0.22	0.23	0	1.05	2.29	0.63	4.95
平均	2.58		1.65		0.48		0.11		1.67		2.79	

考 察

プエルルスの出現 野中ら¹¹⁾が1980年以前の日本各地におけるプエルルス採集を取り纏めた結果では、出現の最も早い日は4月24日であり、最も遅い日は12月21日だった。伊豆半島では、5月18日から11月5日まで採集されていた。金盛¹²⁾が1978～1982年に和歌山県の各地でコレクター調査を行った結果では、採集期間は5月17日から12月24日であった。川合ら⁴⁾の、1982～1991年までの静岡県でのコレクター調査では、プエルルスが最も早く採集されたのは4月22日、最も遅く採集されたのが11月18日であった。伊豆半島では、4月28日から10月25日まで採集されていた。吉村¹³⁾が1995～2000年の千葉県、静岡県、三重県、和歌山県、徳島県、高知県のコレクター調査結果を取り纏めた結果では、プエルルスの出現は2月を除く11ヶ月間に渡っていた。なお、1月、3月の採集は和歌山県に限られていた。田中ら¹⁴⁾によると、1982～1999年までの千葉県でのコレクター調査では、プエルルスが最も早く採集されたのは5月10日、最も遅く採集されたのが12月16日であった。

本研究で最も早く採集されたのは、白浜板戸の4月3日であり、最も遅く採集されたのは石廊崎の11月23日であった。本研究の結果を含めて日本の太平洋岸を総体的に見た場合、吉村¹³⁾が指摘したように2月を除く11ヶ月間に渡ってプエルルスが出現することが再確認された。伊豆半島に來遊する時期は、大島¹⁵⁾に下田市須崎で12月21日に採集された記録があるので、4月から12月までの9ヶ月間と推定される。なお、太平洋岸の1月、3月における採集例は和歌山県に限られているので、そのことはプエルルスの來遊機構解明の一助となる可能性として、今後検討する必要がある。

プエルルスが採集される時期を月別採集指数で見ると、石廊崎と白浜では7, 8, 9月に年間の84%を占めており、夏季にピークがあった(図3)。金盛¹²⁾は和歌山県で、プエルルスの採集盛期は8月から9月と報告している。川合ら⁴⁾は、静岡県では1982年から1991年のコレクター調査結果から、出現盛期は6月から9月で

年々変わっていると指摘している。吉村¹³⁾は、共通型コレクターでは一基当たり採集個体数で見るとピークは8月で、6月から9月の一基当たり採集個体数の合計値は全体の95%に達していること、共通型以外のコレクターでは、7月に採集尾数が多いことを報告し、プエルルスの加入はその大半が6月から9月に起こることは明らかであると述べている。田中ら¹⁴⁾が行った千葉県外房海域の調査では、6月下旬から9月下旬に出現のピークを認めている。過去の知見や本研究の結果から、千葉県から和歌山県に至る海域ではプエルルス幼生の出現の最盛期は夏季に集中していると言えよう。プエルルスの出現量の経年変化を把握するためには、夏季を中心とした期間に同一のコレクターを使用し、継続すれば良いと考えられる。

田中ら¹⁴⁾は千葉県外房海域でのプエルルス出現状況を報告しているが、彼らは千葉県型(籠内にポリエチレンフィルムを取り付けたもの)または共通型のコレクターを用い、週に1～3回コレクターを引き上げてプエルルスを採集している。野中ら¹¹⁾はプエルルスがある日を中心とする数日間に関断的に出現するので、週や月単位の採集では年間のプエルルス出現量を正確に測れないとしているが、田中ら¹⁴⁾が示している千葉県外房海域の年間の着底量水準を表す指標としての累積採集数と石廊崎、白浜の海域でのコレクター一基当たり採集指数を比較した(表4, 図7)。伊豆海域の白浜では、1999年、2002年、2004年が高水準であった。石廊崎では1989年、1990年、1994年、2004年が高水準であった。外房海域では、1982～1984年、2002年、2003年が高水準であった。田中ら¹⁴⁾が千葉県外房海域で使用したコレクターの種類や採集頻度は伊豆海域で調査した方法とは異なっていたが、伊豆海域と千葉県外房海域でも採集状況が同調しているとはいいたい(相関係数: 外房千倉—白浜0.180, 外房千倉—石廊崎0.019, いずれも危険率5%で有意でない)。また、伊豆海域でも石廊崎と白浜の採集状況は同調していない(相関係数: 白浜—石廊崎0.433, 危険率5%で有意でない)。これはイセエビの加入が隣接した地域でも共通して起こっているのではなく、地域的に起こっている可能性が高い事を示している。したがって來遊量を把握するには、ある程度の地域

表 4. 南伊豆海域と外房海域のプエルルス来遊水準の推移

年	石廊崎 プエルルス 採集指数	白浜 プエルルス 採集指数	外房千倉 プエルルス 累積採集数
	5～10月	5～10月	
1982		5.9	44.1
1983		9.9	54.7
1984		1.0	44.5
1985		1.0	28.7
1986		0	25.5
1987		2.7	25.5
1988		6.7	19.0
1989	10.5		25.5
1990	8.7	8.3	15.5
1991	6.3	1.7	39.0
1992	7.5		
1993	2.1	0.6	
1994	9.5	4.2	
1995	0.7	0	2.0
1996	3.2	0.6	20.0
1997	0.7	0.3	6.7
1998	1.9	0.7	7.3
1999	2.0	11.5	36.0
2000	0.4	0	20.0
2001	1.4	6.1	37.3
2002	3.6	16.6	41.3
2003	1.0	4.4	42.0
2004	7.8	21.9	10.0
平均	4.2	5.0	27.4

(石廊崎と白浜
が当年対比で
きるもの)

* 1982～1990年の白浜プエルルス採集指数は川合ら⁴⁾による。
91年以降は川合らに従い5月から10月までの採集指数を示した。

* 外房海域の累積採集数は田中ら¹⁶⁾のデータを利用した。

範囲を調査しなければならないだろう。

採集したプエルルス・稚エビの量 石廊崎では16年間に採集されたプエルルスは657尾、調査基数は50,348基で、1基当たりプエルルス採集個体数は0.013尾、白浜では14年間で573尾、調査基数は24,691基で1基当たりのプエルルス採集個体数は0.023尾であり、1基当たりのプエルルス採集個体数は、白浜は石廊崎より多かった。その原因として、使用したコレクターの採集性能に差があったこと、石廊崎では周年採集を行ったが、白浜はプエルルスが採集される時期に限定して調査した年があり、調査基数に差があったことが考えられる。コレクターの採集能力で補正済みの採集指数では、表4の当年対比できる14年間の石廊崎と白浜の採集指数の平均

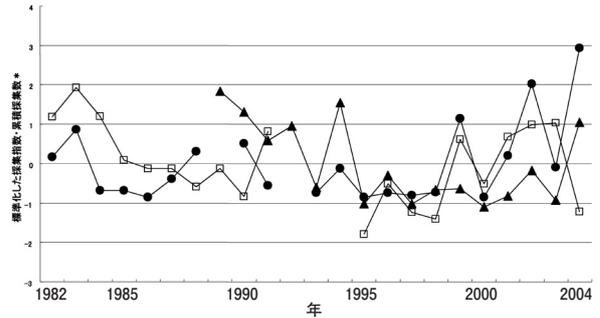


図 7. 南伊豆海域と外房海域のプエルルス来遊水準の推移

▲：石廊崎 ●：白浜 □：外房千倉

* $\frac{X_i - \mu}{\sigma}$ Xi: データ (表 4), μ : 平均, σ : 標準偏差

値は3.5と5.5であり、採集方法とともに地域により来遊の差がみられる。

川合ら⁴⁾が1982～1991年までに行った白浜板戸での調査結果では、1基当たりの平均プエルルス採集個体数が0.027尾であり、今回の白浜での調査結果とほぼ同様な値が得ている。

石廊崎と白浜の1基当たりの旬別採集指数(付表2)を比較すると、両地区の最大値では、石廊崎で104.4(1990年8月中旬)、白浜は150.0(2002年板見7月中旬)であり、白浜の方が多い。川合ら⁴⁾が行った調査では白浜の板戸の最大値は68.6(1982年板戸8月下旬)であり、本研究の白浜ではそれを超える値が1999年8月上旬白浜板戸123.9、2002年7月中旬白浜板戸127.8、白浜板見150.0、2004年7月下旬白浜板戸102.4、白浜板見112.0と出現していた。これにより1999年以降白浜地区では来遊水準の高い年にはプエルルスは大量に集中して来遊したことが明らかである。

16年間に採集された稚エビは、石廊崎が576尾、1基当たりの採集個体数は0.011尾、白浜では14年間で519尾、1基当たりの採集個体数は0.021尾、両採集点の稚エビ採集尾数と一基当たりの採集数はプエルルスとほぼ同じ値を示した。

プエルルスは最終期フィロソーマから変態した後、沿岸に来遊し海底の物体につかまって海底生活に移行することから、採集量は来遊量の目安となる。しかし、コレクターによる稚エビの採集は、プエルルスが着底して脱皮、成長した後の量を表しているの、来遊量を表すには間接的である。

採集したプエルルス・稚エビの大きさ 採集されたプエルルスの頭胸甲長の組成は、石廊崎で6mm台が54.1%、7mm台が45.7%、8mm台が0.2%、白浜で5mm台が0.3%、6mm台が14.4%、7mm台が83.5%、8mm台が1.8%であり、白浜でやや大きい傾向がある。両採集点ともSEKINE *et al.*³⁾の種苗生産によるプエルルスの頭胸甲長の範囲(6～8mm)の値とほぼ同等の値であるものの、7～8月に石廊崎で6.7～7.0mmの比較的小型のプエルルスの採集が多くなった点(図4)は特異であ

る。この理由を検討する材料はないので、ここでは指摘だけにとどめる。

石廊崎では白浜よりも大きい稚エビが採集され、また白浜では前年に来遊した稚エビの採集がないことから、石廊崎ではコレクター設置場所の近くにイセエビの棲息場所があることが窺える。NORMAN *et al.*¹⁷⁾は、千葉県で潜水観察によりプエルルス着底後の稚エビの成長を調べている。それによると8月、9月に着底後12月には平均頭胸甲長が18.5 mmに達し、翌年3～7月に頭胸甲長20～30 mmに達するとしている。本研究で3～7月に採集された頭胸甲長20 mm前後の稚エビは前年加入群、それ以外の稚エビは当年加入群と考えられる。

黒潮流路とプエルルス出現の関係 イセエビの後期フィロソーマ幼生は、黒潮流路内部と外側域で採集されることが明らかになってきた¹⁸⁾。また、変態したプエルルス幼生は黒潮流路内部と内側域で採集され、沿岸に来遊することも明らかになってきた¹⁸⁾。このことはプエルルスの沿岸への来遊と黒潮流路との関係が深いことを示唆する。田中ら¹⁶⁾は、房総半島へのプエルルスの来遊条件として、気象条件、水温、黒潮離岸距離を検討したが、いずれもプエルルス採集数とは関連が認められなかったとしているが、吉村¹³⁾は千葉県、静岡県、三重県、和歌山県、徳島県、高知県の1995～1999年におけるプエルルスの加入は黒潮離岸距離が短いほど高い事例が増え、離岸距離が100マイルを超えると殆ど加入が生じない傾向が見られると述べている。

そこで黒潮流路とプエルルス出現の関係を検討した。サンプル数が少ないことによる偏りを避けるために7月と8月に出現頻度の高いA、C、N型の時のプエルルス採集指数との関係(表3)を検討した。その結果、石廊崎ではA型が多く、白浜ではN型、A型で多く、両採集点ともC型の黒潮流路の時に採集指数が低かった。

A型、N型ではC型に比べ黒潮流路は伊豆半島に接岸している(図6)。したがって伊豆半島では黒潮流路が近づいているほどプエルルスの採集量が多く、離れているほど少ないと判断できる。例えば、7、8月がC型であった2000年には、石廊崎、白浜とも過去最低のプエルルス採集指数であった(表4、図7)。

出現頻度の少ないB型、D型、W型では、石廊崎と白浜で傾向が一致していない。例えばB型、W型では、石廊崎より白浜の採集指数がかなり高いが、D型では白浜では採れないが石廊崎では採集されている(表3)。石廊崎と白浜の採集状況が同調していない理由の一つとして出現頻度の低い黒潮流路での石廊崎と白浜の採集指数の不一致があげられる。

吉村¹³⁾は黒潮流路の離岸距離が短いほどプエルルス採集量が多い傾向があるとしているが、離岸距離が短い場合でも加入しない場合が多く、プエルルスの加入には黒潮以外の要因も影響していると考えている。本研究で

黒潮流型とプエルルス出現の関係を検討したところ、石廊崎、白浜とも出現頻度の高い流型では黒潮が接岸しているほどプエルルス採集量が多いという関係が得られた。しかし、全ての黒潮流型に渡って2地区に共通した明確な関係は得られなかった。個々の出現例を詳細に検討した結果では、例えば1999年8月上旬に白浜で大量のプエルルスが採集された時には、黒潮から分岐したかなり強い流れが伊豆半島東岸に向かっていて¹⁹⁾事例などがある。今後は、黒潮の影響を流型以外の離岸距離や分枝流の状況等で検討すると共に、黒潮以外の要因の検討も必要である。

謝 辞

論文の作成にあたって両機関の調査に携った関係者に謝意を表すとともに、2機関の総合的な取り纏めに御指示と御指導をいただいた東京水産大学名誉教授野中忠氏に謝意を表す。さらに、この論文作成に理解と御助力をいただいた静岡県水産試験場浜名湖分場長津久井文夫氏、2機関の取り纏めに御尽力をいただいた独立行政法人水産総合研究センター業務企画部桑田博研究開発コーディネーターと多くの御助言をいただいた独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター場長榮健次氏に謝意を表す。

文 献

- 1) 野中 忠(1988)イセエビの漁獲量。水産増殖, **36**, 213-220.
- 2) 農林水産省統計情報部(1987～2003) 昭和61年～平成13年 漁業・養殖業生産統計年報.
- 3) SEKINE, S., Y. SHIMA., H. FUSHIMI, and M. NONAKA (2000) Larval period and molting in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* under laboratory conditions. FISHERIES SCIENCE, **66**, 19-24.
- 4) 川合範明・長谷川雅俊・幡谷雅之・勝又康樹・野中 忠(1994)静岡県におけるイセエビプエルルスの連続採集と漁況予測。静岡県水産試験場研究報告, **29**, 7-17.
- 5) B.F. PHILLIPS (1970) A semi-quantitative collector of the puerulus larvae of the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* GEORGE (Decapoda, Palinuridea). Crustaceana **22**, 144-154.
- 6) 伏見 浩(1976)南伊豆地区におけるイセエビの生態—研究上の問題点と今後の課題。ベントス研連誌, **15/16**, 60-66.
- 7) 東北区水産研究所(2004)我が国周辺水域における近年の海洋環境の特徴, 我が国周辺海域の漁業資源評価。平成16年, 213-223.
- 8) COCHRAN W. G. (1977) Sampling techniques. Wiley, New York, pp. 129-134.
- 9) 応用統計ハンドブック編集委員会(1978)応用統計ハンドブック。養賢堂, 東京, 68-70.
- 10) 川合英夫(1972)黒潮と親潮の海況学。海洋物理II。東海大学出版会, 東京, pp.129-321.
- 11) 野中 忠・伏見 浩・影山佳之・佐々木正(1980)イセエビ属プエルルスの採集についての二・三。静岡県水産試験場研究報告, **14**, 43-52.

- 12) 金盛浩吉 (1988) 和歌山県紀南海域におけるイセエビの資源生態と漁業管理の研究. 昭和 61 年度, 和歌山県水産試験場事業報告, 109-209.
- 13) 吉村 拓 (2000) コレクター調査と潜水調査に基づくイセエビの着底から底生生活初期における生態的特長. 平成 7 ~ 11 年度放流技術開発事業総括報告書, イセエビ放流基礎技術の開発に関する研究, 67-73.
- 14) 田中種雄・金子信一・石田 修・赤羽 徹 (2001) 千葉県外房海域におけるイセエビプエルルス幼生の出現状況と親子関係の検討. 千葉水試研報, **57**, 191-204.
- 15) 大島泰雄 (1948) イセエビの変態期間と年齢に関する一考察. 日本水産学会誌, **13**, 210-212.
- 16) 田中種雄・内野加奈子・岡本 隆 (2005) 外房千倉町地先でのイセエビプエルルス幼生着底量と親エビ資源量および房総沖黒潮離岸距離の関係. 千葉水研研報, **4**, 41-48.
- 17) NORMAN, C.P., YAMAWAKA, and T.YOSHIMURA (1994) Habitat selection, growth rate and density of juvenile *Panulirus japonicus* (Von Siebold, 1824) (Decapoda, Palinuridae) at Banda, Chiba Prefecture, Japan. *Crustaceana*, **66**, 366-383.
- 18) YOSHIMURA, T., H. YAMAKAWA and E. KOZASA (1999) Distribution of final stage phyllosoma larvae and free-swimming pueruli of *Panulirus japonicus* around the Kuroshio Current off southern Kyusyu, Japan. *Marine Biology*, **133**, 293-306.
- 19) 静岡県 (2000) 平成 7 ~ 11 年度事業実績報告. 平成 7 ~ 11 年度放流技術開発事業総括報告書, イセエビ放流基礎技術の開発に関する研究. 9-21.

付表 1-1. 旬別コレクター基数と採集個体数 数値はコレクター基数 (プエルルス・稚エビ)

月	旬	年及びコレクターの種類									
		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	改良C型		共通
		石廊崎									
		C型									
	上	30 (0・0)	50 (0・0)	35 (0・0)		50 (0・0)	50 (0・0)	64 (0・0)	50 (0・0)	32 (0・0)	
	中	40 (0・0)	50 (0・0)	35 (0・0)		50 (0・0)	50 (0・0)	64 (0・0)	50 (0・0)	32 (0・0)	
	下	40 (0・0)	50 (0・0)	55 (0・0)		50 (0・0)	55 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)		
	上	40 (0・0)	50 (0・0)	40 (0・0)		45 (0・0)	50 (0・0)	48 (0・0)	24 (0・0)		
	中	25 (0・0)	45 (0・0)	40 (0・0)		40 (0・0)	40 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)		
	下	35 (0・0)	40 (0・0)	25 (0・0)		40 (0・0)	40 (0・0)	64 (0・1)	32 (0・0)		
	上	40 (0・0)	45 (0・0)	50 (0・0)		45 (0・0)	50 (0・0)	80 (0・1)	40 (0・0)		
	中	50 (0・0)	40 (0・0)	40 (0・0)		50 (0・0)	50 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)		
	下	55 (0・0)	50 (0・0)	55 (0・0)		55 (0・0)	55 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)		
	上	45 (0・0)	45 (0・0)	45 (0・0)		50 (0・0)	50 (0・1)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	中	50 (0・0)	50 (0・0)	40 (0・0)	50 (1・0)	50 (0・1)	50 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	下	35 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (2・0)	40 (0・0)	50 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	上	35 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・1)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	中	40 (0・0)	45 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)		
	下	30 (0・0)	45 (0・0)	55 (0・0)	55 (0・1)	50 (0・0)	50 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	上	40 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	45 (0・0)	45 (0・0)	50 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	中	40 (1・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・1)	50 (0・0)	50 (2・1)	72 (0・0)	36 (0・0)		
	下	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (2・0)	45 (0・0)	50 (3・0)	80 (1・0)	40 (0・0)		
	上	30 (0・0)	50 (2・3)	50 (1・1)	50 (16・1)	50 (0・0)	50 (1・2)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	中	45 (4・1)	35 (1・0)	50 (0・0)	50 (0・3)	50 (4・0)	50 (4・3)	80 (0・1)	40 (0・0)		
	下	40 (4・1)	55 (3・0)	50 (0・0)	55 (0・0)	55 (2・1)	55 (1・4)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	上	50 (26・10)	50 (0・2)	50 (2・1)	50 (1・2)	50 (0・1)	50 (19・1)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	中	45 (0・9)	45 (27・4)	50 (1・1)	50 (3・4)	50 (2・1)	50 (6・9)	72 (0・0)	36 (0・0)		
	下	35 (2・5)	55 (6・6)	55 (2・2)	55 (0・1)	55 (1・8)	55 (0・7)	80 (0・2)	40 (0・0)		
	上	50 (2・3)	50 (1・7)	50 (10・10)	50 (5・0)	50 (1・3)	50 (4・6)	72 (0・0)	36 (0・0)		
	中	45 (0・0)	50 (0・5)	50 (4・4)	50 (0・4)	50 (0・3)	50 (6・6)	64 (2・1)	32 (4・0)		
	下	50 (0・3)	50 (0・13)	50 (6・5)	50 (3・4)	50 (0・3)	50 (0・3)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	上	45 (2・6)	50 (4・15)	50 (2・5)	50 (6・3)	50 (0・0)	50 (2・0)	80 (0・1)	40 (0・0)		
	中	40 (5・0)	50 (0・1)	50 (5・0)	50 (1・1)	45 (0・0)	50 (2・0)	80 (0・1)	40 (0・0)		
	下	50 (0・0)	55 (0・1)	55 (0・1)	50 (2・1)	50 (1・1)	55 (0・1)	88 (1・2)	44 (0・0)		
	上	45 (0・1)	50 (0・0)	50 (0・1)	50 (1・2)	50 (1・1)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	中	50 (2・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・2)	50 (0・0)	50 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)		
	下	35 (0・0)	50 (0・0)	45 (0・4)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	上	50 (0・4)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・1)	50 (0・0)	50 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)		
	中	45 (0・0)	45 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	50 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)		
	下	50 (0・0)	45 (0・0)	55 (0・0)	50 (0・0)	55 (0・0)	55 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)		
	年合計	1520 (48・43)	1740 (44・57)	1725 (33・35)	1310 (43・31)	1765 (12・23)	1800 (50・45)	2720 (4・10)	1360 (4・0)		

*空欄は欠測を示す。

付表 1-2. 旬別コレクター基数と採集個体数 数値はコレクター基数 (プエルルス・稚エビ)

月	旬	年及びコレクターの種類 石廊崎							
		1996		1997		1998		1999	
		改良C型	共通	改良C型	共通	改良C型	共通	改良C型	共通
1	上	49 (0・0)	28 (0・0)	42 (0・0)	24 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	中	35 (0・0)	20 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	下	7 (0・0)	4 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)
2	上	42 (0・0)	24 (0・0)	63 (0・0)	36 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)
	中	35 (0・0)	20 (0・0)	56 (0・0)	32 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	下	49 (0・0)	28 (0・0)	56 (0・0)	32 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)
3	上	63 (0・0)	36 (0・0)	63 (0・0)	36 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	中	49 (0・0)	28 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)
	下	77 (0・0)	44 (0・0)	56 (0・0)	32 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)
4	上	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	中	56 (0・0)	32 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	下	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	56 (0・0)	28 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
5	上	63 (0・0)	36 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	56 (0・0)	28 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	中	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	下	77 (0・0)	44 (0・0)	77 (0・0)	44 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)
6	上	56 (0・0)	32 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (3・5)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	中	63 (0・0)	36 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	64 (0・0)	32 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	下	49 (0・0)	28 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (5・2)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
7	上	49 (0・0)	28 (0・0)	70 (0・0)	40 (1・0)	80 (8・0)	40 (3・0)	80 (1・0)	40 (0・0)
	中	70 (2・0)	40 (0・0)	70 (1・0)	40 (0・1)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (12・1)	40 (0・0)
	下	77 (0・0)	44 (0・0)	70 (1・0)	40 (0・0)	88 (7・5)	44 (3・1)	88 (1・6)	44 (0・1)
8	上	49 (0・0)	28 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (2・0)	40 (0・0)	80 (4・7)	40 (0・1)
	中	70 (39・2)	40 (4・0)	70 (0・1)	40 (2・0)	80 (0・1)	40 (0・1)	80 (19・13)	40 (0・3)
	下	77 (7・3)	44 (0・0)	77 (2・0)	44 (0・0)	88 (0・1)	44 (0・0)	88 (4・7)	44 (0・0)
9	上	70 (0・1)	40 (0・0)	70 (1・0)	40 (0・0)	80 (0・3)	40 (0・0)	80 (0・1)	40 (0・0)
	中	70 (0・1)	40 (0・0)	70 (1・0)	40 (0・0)	72 (0・1)	36 (0・0)	80 (1・2)	40 (0・0)
	下	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (2・0)	40 (0・0)
10	上	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)	80 (0・1)	40 (0・0)
	中	70 (2・1)	40 (0・0)	70 (0・1)	44 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・1)	40 (0・0)
	下	77 (0・0)	44 (0・0)	77 (0・0)	44 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)
11	上	63 (0・0)	36 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	中	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・1)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	下	63 (0・0)	36 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)	80 (1・0)	40 (0・0)
12	上	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	72 (0・0)	36 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	中	70 (0・0)	40 (0・0)	70 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
	下	77 (0・0)	44 (0・0)	77 (0・0)	44 (0・0)	88 (0・0)	44 (0・0)	80 (0・0)	40 (0・0)
年合計		2212 (50・8)	1264 (4・0)	2464 (6・2)	1412 (3・2)	2768 (25・18)	1384 (6・2)	2888 (45・39)	1444 (0・5)

付表 1-3. 旬別コレクター基数と採集個体数 数値はコレクター基数 (プエルルス・稚エビ)

月	旬	年及びコレクターの種類 石廊崎									
		2000		2001		2002		2003		2004	
		改良C型	共通	改良C型	共通	改良C型	共通	改良C型	共通	改良C型	共通
1	上	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)
	下	99 (0・0)	33 (0・0)	110 (0・0)	22 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	108 (0・0)
2	上	81 (0・0)	27 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	70 (0・0)	14 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	90 (0・0)	18 (0・0)	96 (0・0)	96 (0・0)	72 (0・0)	72 (0・0)
	下	81 (0・0)	27 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	84 (0・0)	84 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)
3	上	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)
	中	81 (0・0)	27 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)
	下	99 (0・0)	33 (0・0)	110 (0・0)	22 (0・0)	70 (0・0)	14 (0・0)	132 (0・0)	132 (0・0)	132 (0・0)	132 (0・0)
4	上	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	60 (0・0)	16 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)	96 (0・0)	96 (0・0)
	下	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)
5	上	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)
	下	99 (0・0)	33 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	132 (0・0)	132 (0・0)	132 (0・0)	132 (0・0)
6	上	90 (0・1)	30 (0・0)	100 (0・2)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)
	下	90 (3・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (1・6)	120 (0・0)
7	上	90 (1・0)	30 (0・0)	60 (0・0)	12 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・3)	120 (0・3)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	90 (0・0)	18 (0・0)	100 (44・1)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	120 (16・3)	120 (16・3)
	下	99 (2・0)	33 (1・0)	110 (16・0)	22 (2・0)	100 (10・31)	20 (0・6)	132 (11・0)	132 (11・0)	132 (15・6)	132 (15・6)
8	上	90 (0・5)	30 (0・0)	100 (5・0)	20 (0・0)	100 (0・5)	20 (0・5)	84 (2・2)	84 (2・2)	120 (9・13)	120 (9・13)
	中	90 (0・2)	30 (0・0)	100 (1・4)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	120 (2・23)	120 (2・23)	120 (69・14)	120 (69・14)
	下	90 (0・6)	30 (0・0)	110 (0・4)	22 (0・0)	100 (4・10)	20 (0・2)	132 (1・10)	132 (1・10)	72 (45・22)	72 (45・22)
9	上	90 (1・0)	30 (0・0)	90 (2・3)	18 (0・1)	100 (1・4)	20 (0・3)	120 (4・6)	120 (4・6)	120 (0・0)	120 (0・0)
	中	99 (0・7)	33 (0・1)	100 (0・7)	20 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・1)	96 (0・2)	96 (0・2)	120 (3・10)	120 (3・10)
	下	90 (0・1)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (0・1)	20 (0・0)	96 (0・0)	96 (0・0)	120 (0・6)	120 (0・6)
10	上	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・1)	20 (0・0)	100 (0・1)	20 (0・0)	120 (0・1)	120 (0・1)	84 (0・1)	84 (0・1)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	100 (1・1)	20 (0・0)	96 (0・1)	96 (0・1)	72 (0・0)	72 (0・0)
	下	99 (0・0)	33 (0・0)	110 (0・0)	22 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	132 (0・2)	132 (0・2)	108 (0・3)	108 (0・3)
11	上	90 (0・0)	30 (0・0)	90 (0・0)	18 (0・0)	100 (1・1)	20 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	96 (0・2)	96 (0・2)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	90 (0・0)	18 (0・0)	80 (0・1)	16 (0・0)	120 (0・1)	120 (0・1)	108 (0・0)	108 (0・0)
	下	90 (0・0)	30 (0・0)	90 (0・0)	18 (0・0)	90 (0・0)	18 (0・0)	120 (0・0)	120 (0・0)	96 (0・1)	96 (0・1)
12	上	90 (0・0)	30 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	84 (0・0)	84 (0・0)	120 (0・1)	120 (0・1)
	中	90 (0・0)	30 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	84 (0・0)	84 (0・0)	108 (0・0)	108 (0・0)
	下	90 (0・0)	30 (0・0)	80 (0・0)	16 (0・0)	100 (0・0)	20 (0・0)	60 (0・0)	60 (0・0)	84 (0・0)	84 (0・0)
年合計		3267 (7・22)	1089 (1・1)	3480 (24・21)	696 (2・1)	3360 (61・56)	676 (7・17)	4044 (20・48)	4044 (20・48)	3960 (158・91)	3960 (158・91)

付表 1-4. 旬別コレクター基数と採集個体数 数値はコレクター基数 (プエルルス・雑エビ)

月	旬	年							
		1989	1990	1991	1992	1993	1994		
		板戸	板戸	板見		板戸	板見	板戸	板見
1	上							28 (0・0)	16 (0・0)
	中							68 (0・0)	32 (0・0)
	下							60 (0・0)	28 (0・0)
2	上							60 (0・0)	24 (0・0)
	中							44 (0・0)	20 (0・0)
	下							39 (0・0)	20 (0・0)
3	上							62 (0・0)	32 (0・0)
	中							36 (0・0)	16 (0・0)
	下							64 (0・0)	24 (0・0)
4	上							44 (0・0)	20 (0・0)
	中							64 (0・0)	28 (0・0)
	下	24 (0・0)						52 (0・0)	28 (0・0)
5	上	28 (0・0)	20 (0・0)					44 (0・0)	16 (0・0)
	中	40 (0・0)	36 (0・0)					60 (0・0)	28 (0・0)
	下	40 (0・0)	36 (0・1)					56 (0・0)	7 (0・0)
6	上	28 (0・0)	32 (0・0)					39 (0・0)	18 (0・0)
	中	24 (0・0)	28 (0・0)					39 (0・0)	18 (0・0)
	下	12 (0・0)	24 (0・0)					54 (0・0)	24 (0・0)
7	上	28 (0・16)	36 (0・0)	4 (0・0)				42 (0・0)	21 (0・0)
	中	32 (0・2)	36 (0・0)	4 (0・0)				51 (0・0)	18 (0・0)
	下	44 (5・0)	36 (0・0)	4 (0・0)				54 (0・0)	21 (0・0)
8	上	24 (0・0)	24 (0・0)	6 (2・0)				45 (0・0)	24 (0・0)
	中	26 (12・8)	28 (0・0)	4 (0・0)				54 (3・1)	21 (1・2)
	下	40 (18・3)	35 (2・5)	8 (0・5)				30 (0・0)	15 (2・4)
9	上	28 (1・0)	16 (0・0)	6 (0・0)				55 (0・1)	28 (0・2)
	中	16 (0・0)	8 (0・0)	4 (1・0)				68 (0・4)	36 (0・2)
	下	12 (0・0)	8 (0・0)	8 (0・0)				64 (0・1)	28 (0・1)
10	上	20 (2・0)	28 (0・0)	28 (0・0)				32 (0・0)	20 (0・0)
	中	12 (0・0)	16 (0・0)	8 (4・0)				52 (0・1)	24 (0・0)
	下	3 (0・0)	40 (0・2)	6 (0・0)				64 (0・1)	36 (1・1)
11	上	3 (0・0)	4 (0・0)	4 (0・0)				64 (0・0)	36 (0・0)
	中			2 (0・1)				60 (0・0)	28 (0・0)
	下			4 (0・1)				60 (0・1)	28 (0・0)
12	上			16 (0・1)				56 (0・0)	28 (0・1)
	中			1 (0・0)				52 (0・0)	24 (0・0)
	下			1 (0・0)				36 (0・0)	20 (0・0)
年合計		484 (38・30)	513 (2・10)	58 (7・6)		1167 (3・10)	564 (4・13)	1893 (10・21)	854 (49・15)

*空欄は欠測を示す。

付表 1-5. 旬別コレクター基数と採集個体数 数値はコレクター基数 (プエルルス・稚エビ)

月	旬	年 白浜									
		1995		1996		1997		1998		1999	
		板戸	板見	板戸	板見	板戸	板見	板戸	板見	板戸	板見
1	上	32 (0・0)	16 (0・0)	56 (0・0)	28 (0・0)	35 (0・0)	21 (0・0)	63 (0・0)	35 (0・0)	21 (0・0)	21 (0・0)
	中	56 (0・0)	24 (0・0)	84 (0・0)	28 (0・0)	28 (0・0)	7 (0・0)	63 (0・0)	28 (0・0)	49 (0・0)	42 (0・0)
	下	59 (0・0)	32 (0・0)	105 (0・0)	49 (0・0)	91 (0・0)	42 (0・0)	70 (0・0)	28 (0・0)	35 (0・0)	28 (0・0)
2	上	60 (0・0)	24 (0・0)	98 (0・0)	49 (0・0)	42 (0・0)	21 (0・0)	91 (0・0)	35 (0・0)	35 (0・0)	28 (0・0)
	中	56 (0・0)	20 (0・0)	77 (0・0)	21 (0・0)	84 (0・0)	35 (0・0)	59 (0・0)	21 (0・0)	35 (0・0)	28 (0・0)
	下	48 (0・0)	12 (0・0)	98 (0・0)	35 (0・0)	77 (0・0)	21 (0・0)	34 (0・0)	24 (0・0)	35 (0・0)	35 (0・0)
3	上	71 (0・0)	20 (0・0)	84 (0・0)	28 (0・0)	84 (0・0)	35 (0・0)	91 (0・0)	28 (0・0)	56 (0・0)	49 (0・0)
	中	48 (0・0)	20 (0・0)	84 (0・0)	14 (0・0)	84 (0・0)	7 (0・0)	77 (0・0)	7 (0・0)	35 (0・0)	35 (0・0)
	下	64 (0・0)	16 (0・0)	98 (0・0)	42 (0・0)	98 (0・0)	14 (0・0)	84 (0・0)	42 (0・0)	28 (0・0)	21 (0・0)
4	上	48 (0・0)	24 (0・0)	98 (0・0)	28 (0・0)	105 (0・0)	28 (0・0)	84 (0・0)	49 (0・0)	21 (0・0)	18 (0・0)
	中	60 (0・0)	20 (0・0)	91 (0・0)	21 (0・0)	63 (0・0)	28 (0・0)	63 (0・0)	28 (0・0)	28 (0・0)	24 (0・0)
	下	48 (0・0)	20 (0・0)	70 (0・0)	28 (0・0)	98 (0・0)	42 (0・0)	63 (0・0)	35 (0・0)	42 (0・0)	38 (0・0)
5	上	40 (0・0)	20 (0・0)	70 (0・0)	28 (0・0)	70 (0・0)	35 (0・0)	35 (0・0)	13 (0・0)	14 (0・0)	14 (0・0)
	中	44 (0・0)	24 (0・0)	84 (0・0)	35 (0・0)	84 (0・0)	28 (0・0)	91 (0・0)	35 (0・0)	20 (0・0)	10 (0・0)
	下	60 (0・0)	20 (0・0)	98 (2・0)	28 (2・1)	112 (0・0)	49 (0・0)	70 (0・0)	28 (0・0)	20 (0・0)	20 (0・0)
6	上	48 (0・0)	20 (0・0)	77 (0・0)	35 (0・0)	91 (0・0)	35 (0・0)	70 (0・0)	42 (0・0)	21 (0・0)	21 (0・0)
	中	74 (0・0)	18 (0・0)	70 (0・0)	21 (0・0)	70 (0・0)	35 (0・0)	77 (0・0)	35 (0・0)	28 (0・0)	20 (0・0)
	下	98 (0・2)	10 (0・0)	70 (0・0)	21 (0・0)	63 (0・0)	21 (0・0)	80 (0・0)	21 (0・3)	49 (0・0)	27 (0・0)
7	上	84 (0・0)	28 (0・0)	98 (0・0)	14 (0・0)	105 (0・0)	35 (0・0)	70 (0・0)	49 (0・0)	28 (0・0)	14 (0・0)
	中	112 (0・0)	56 (0・1)	77 (0・2)	21 (1・0)	77 (0・0)	35 (0・0)	45 (0・0)	7 (0・0)	35 (0・0)	35 (0・0)
	下	98 (0・0)	49 (0・1)	112 (0・1)	56 (0・2)	70 (0・0)	28 (0・0)	75 (0・1)	63 (9・2)	56 (6・3)	49 (1・2)
8	上	112 (0・0)	28 (0・0)	77 (0・1)	35 (0・0)	70 (0・3)	7 (0・0)	25 (0・0)	21 (0・0)	46 (57・2)	35 (16・2)
	中	84 (0・0)	28 (0・0)	70 (2・3)	14 (0・1)	77 (1・3)	14 (1・1)	45 (0・0)	49 (0・1)	36 (9・9)	49 (21・9)
	下	126 (0・0)	35 (0・0)	98 (0・1)	42 (0・0)	77 (1・0)	28 (0・0)	25 (0・0)	35 (0・0)	36 (0・5)	25 (0・6)
9	上	56 (0・0)	28 (0・0)	63 (0・3)	21 (0・0)	91 (0・3)	21 (2・3)	6 (0・0)	7 (0・0)	18 (0・0)	42 (0・3)
	中	63 (0・0)	14 (0・0)	91 (4・0)	26 (0・0)	27 (0・0)	14 (0・1)	12 (0・0)	14 (0・0)	24 (0・3)	14 (0・1)
	下	84 (0・0)	14 (0・4)	28 (0・0)	13 (0・0)	70 (0・0)	27 (0・0)	18 (0・0)	21 (0・0)	30 (0・0)	28 (1・1)
10	上	84 (0・0)	28 (0・0)	48 (0・1)	10 (0・0)	63 (0・0)	35 (0・0)	18 (0・0)	21 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)
	中	112 (0・0)	42 (0・0)	78 (0・0)	23 (1・1)	49 (0・0)	7 (0・0)	36 (0・0)	36 (0・0)	18 (0・0)	21 (0・0)
	下	84 (0・1)	21 (0・1)	105 (0・0)	40 (0・1)	98 (0・0)	35 (0・0)	6 (0・0)	6 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)
11	上	84 (0・0)	35 (0・2)	67 (0・0)	35 (0・0)	56 (0・0)	21 (0・0)	24 (0・0)	28 (0・0)	24 (0・0)	28 (0・0)
	中	70 (0・0)	14 (0・1)	42 (0・0)	7 (0・0)	91 (0・0)	28 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)
	下	98 (0・0)	42 (0・2)	63 (0・0)	14 (0・0)	70 (0・0)	35 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)
12	上	77 (0・0)	42 (0・0)	70 (0・0)	21 (0・0)	112 (0・0)	49 (0・0)	30 (0・0)	35 (0・0)	30 (0・0)	35 (0・0)
	中	112 (0・0)	35 (0・1)	70 (0・0)	35 (0・0)	84 (0・0)	35 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)	12 (0・0)	14 (0・0)
	下	77 (0・0)	21 (0・0)	28 (0・0)	7 (0・0)	42 (0・0)	21 (0・0)	1013 (72・22)	842 (9・6)	924 (39・24)	
年合計		2631 (0・3)	920 (0・13)	2797 (8・13)	945 (4・6)	2708 (2・9)	944 (3・5)	1628 (0・1)	842 (9・6)	1013 (72・22)	924 (39・24)

*空欄は欠測を示す。

付表 1-6. 旬別コレクター基数と採集個体数 数値はコレクター基数 (プエルルス・稚エビ)

月	旬	年														
		2000			2001			2002			2003			2004		
		板戸	板見		板戸	板見		板戸	板見		板戸	板見		板戸	板見	
1	上 中 下															
2	上 中 下															
3	上 中 下															
4	上 中 下	90 (0・0)	82 (0・0)				9 (0・0)	5 (1・0)								
5	上 中 下	67 (0・0)	67 (0・0)				36 (0・0)	6 (0・0)								
6	上 中 下	98 (0・0)	89 (0・0)				27 (1・1)	6 (0・0)								
7	上 中 下	109 (0・0)	105 (0・0)				36 (0・1)	6 (0・0)								
8	上 中 下	106 (0・1)	99 (0・4)				9 (0・0)	6 (0・0)								
9	上 中 下	89 (0・0)	92 (0・1)				36 (0・0)	18 (2・0)								
10	上 中 下	62 (0・0)	60 (0・0)				18 (0・0)	6 (1・1)								
11	上 中 下						18 (0・0)	12 (18・0)								
12	上 中 下						62 (11・22)	30 (10・8)								
年合計		621 (0・1)	594 (0・5)	695 (37・26)	304 (19・28)	402 (38・86)	149 (40・37)	507 (16・22)	229 (15・25)	531 (96・45)	368 (62・47)					

*空欄は欠測を示す。

付表 2-1. 旬別ブエルス採集指数 (石廊崎)

月	旬	年及びコレクターの種類											
		1989 C型	1990 C型	1991 C型	1992 C型	1993 C型	1994 C型	1995 改良C型	1995 共通型				
1	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	0	0	0		0	0	0	0				
	下	0	0	0		0	0	0	0				
2	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	0	0	0		0	0	0	0				
	下	0	0	0		0	0	0	0				
3	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	0	0	0		0	0	0	0				
	下	0	0	0		0	0	0	0				
4	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	0	0	0	3.5	0	0	0	0				
	下	0	0	0	7.0	0	0	0	0				
5	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	0	0	0		0	0	0	0				
	下	0	0	0		0	0	0	0				
6	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	4.4	0	0		0	0	0	0	7.0	0	0	
	下	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	
7	上	0	7.0	3.5		0	0	0	0				
	中	15.5	5.0	0	55.7	0	0	0	0	13.9	3.5	0	0
	下	17.4	9.5	0	0	6.3	0	0	0	0	3.2	0	0
8	上	90.5	0	7.0		0	0	0	0				
	中	0	104.4	3.5	10.4	7.0	0	0	0	66.1	0	0	0
	下	9.9	19.0	6.3	0	3.2	0	0	0	20.9	0	0	0
9	上	7	3.5	34.8		0	0	0	0				
	中	0	0	13.9	17.4	3.5	0	0	0	13.9	0	0	0
	下	0	0	20.9	10.4	0	0	0	0	20.9	3.1	0	30.9
10	上	7.7	13.9	7.0		0	0	0	0				
	中	21.8	0	17.4	20.9	0	0	0	0	7.0	0	0	0
	下	0	0	0	3.5	3.5	0	0	0	0	1.1	0	0
11	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	7	0	0	3.5	3.5	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	上	0	0	0		0	0	0	0				
	中	0	0	0		0	0	0	0				
	下	0	0	0		0	0	0	0				
年平均		5.5	4.4	3.3	5.7	1.2	4.8	0.1	0.7				

付表 2-2. 旬別ブルブル採集指数 (石廊崎)

月	旬	年及びコレクターの種類							
		1996		1997		1998		1999	
		改良C型	共通型	改良C型	共通型	改良C型	共通型	改良C型	共通型
1	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0
2	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0
3	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0
4	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0
5	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0
6	上	0	0	0	0	0	0	3.8	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	6.3	0
7	上	0	0	0	6.2	10.0	18.5	1.3	0
	中	2.9	0	1.4	0	0	0	15.0	0
	下	0	0	1.4	0	8.0	16.8	1.1	0
8	上	0	0	0	0	2.5	0	5.0	0
	中	55.7	24.7	2.9	12.4	0	0	23.8	0
	下	9.1	0	1.4	0	0	0	4.5	0
9	上	0	0	1.3	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	1.3	0
	下	0	0	0	0	0	0	2.5	0
10	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	2.9	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0
11	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	1.3	0
12	上	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0
年平均		2.3	0.8	0.2	0.5	0.9	1.1	1.6	0

付表 2-3. 旬別ブルブルス採集指数 (石廊崎)

月	旬	年											
		2000		2001		2002		2003		2004			
		改良C型	共通型	改良C型	共通型	改良C型	共通型	改良C型	共通型	改良C型	共通型		
1	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	61.8	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	24.7	0	0	0	0	0
6	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
7	上	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	44.0	0	0	0	0	13.3
	下	2.0	7.5	14.5	22.5	10.0	0	0	0	8.3	11.4	0	0
8	上	0	0	5.0	0	0	0	0	0	2.4	7.5	0	0
	中	0	0	1.0	0	0	0	0	0	1.7	57.5	0	0
	下	0	0	0	0	4.0	0	0	0	0.8	62.5	0	0
9	上	1.1	0	2.2	0	1.0	0	0	0	3.3	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	上	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
年平均		0.2	0.2	0.7	0.7	1.8	2.6	0.5	0.5	4.0	4.0	0	0

付表 2-4. 旬別プエルルス採集指数 (白浜)

月	旬	年及び調査場所															
		1989		1990		1991		1992		1993		1994		1995			
		板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸	板戸
1	上																
	中																
	下																
2	上																
	中																
	下																
3	上																
	中																
	下																
4	上																
	中																
	下																
5	上					0											
	中					0											
	下					0											
6	上					0											
	中					0											
	下					0											
7	上					0											
	中					0											
	下					11.4											
8	上					0											
	中					46.2											
	下					45.0											
9	上					3.6											
	中					0											
	下					0											
10	上					10.0											
	中					0											
	下					0											
11	上					0											
	中					0											
	下					0											
12	上					0											
	中					0											
	下					0											
年合計						7.9										0.4	12.1
																0.3	0.7
																0.5	5.7
																0	0

付表 2-5. 旬別プエルルス採集指数 (白浜)

月 旬	年及び調査場所											
	1996			1997			1998			1999		
	板戸	板見		板戸	板見		板戸	板見		板戸	板見	
1	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
2	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
3	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
4	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
5	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	2.0	7.1	0	0		0	0		0	0	
6	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
7	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	4.8	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0	14.3	10.7	2.0	
8	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	2.9	0	1.3	7.1		0	0		123.9	45.7	
	下	0	0	1.3	0		0	0		25.0	42.9	
9	上	0	0	0	9.5		0	0		0	0	
	中	4.4	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	3.6	
10	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	4.3	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
11	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
12	上	0	0	0	0		0	0		0	0	
	中	0	0	0	0		0	0		0	0	
	下	0	0	0	0		0	0		0	0	
年合計	0.3	0.4	0.1	0.3		0	1.1	7.1		4.2		

南伊豆海域に来遊した イセエビ幼生の漁獲への加入状況^{*1}

山田博一^{*2}・長谷川雅俊^{*2}・成生正彦^{*3}

The Relation of Recruited Larvae of Japanese Spiny Lobster *Panulirus japonicus* to By-catch in the Southern Izu Coastal Area

Hirokazu YAMADA, Masatoshi HASEGAWA and Masahiko NARIU

Pueruli and juveniles of Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* were collected by collectors at Shirahama and Irouzaki in the southern part of the Izu Peninsula from 1989 to 2004. Pueruli and juveniles were abundant in 1990, 1994, 1999, 2002, and 2004. Larvae grew into young lobsters, reaching about 45 mm carapace length in the next year. In particular, catch of young lobsters increased in the autumn of the following year of 1994, 1999, and 2002, reaching 30–50 mm carapace length. This is apparently the case in the catch of spiny lobster affected by abundance of recruitment.

2006年8月3日受理

イセエビ *Panulirus japonicus* は千葉県以南の太平洋沿岸で主に漁獲され、静岡県においては重要な磯根漁業の対象種となっている¹⁾。これまで本種の増殖を図るため種苗生産技術の開発、漁場造成、ならびに資源管理が行われており、その中でイセエビの生態に関する基礎的な知見の収集も行われてきた。本種の産卵期は夏期であり、その後約1年間のフィロソーマ期を経てプエルルスに変態し、沿岸に来遊することが知られている^{2,3)}。来遊したプエルルスは港の岸壁などから人工海藻によるコレクターで比較的容易に採集できることから、静岡県水産試験場伊豆分場（以降、伊豆分場と略す）では下田市白浜海域において1982年から連続採集を基本とするプエルルスの採集を行い、その来遊時期、来遊条件、来遊量からの漁獲量予測などを検討してきた⁴⁻¹⁰⁾。プエルルスの採集については独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター（以降、南伊豆栽培漁業センターと略す）においても1989年の開所以来、プエルルスと稚エビの来遊量を把握し、資源に加入する過程を検討することを目的¹¹⁾に南伊豆町石廊崎海域において継続

的な採集が行われてきた。

本報では両機関の採集結果の内1989～2004年のプエルルスおよび稚エビの採集状況からイセエビ幼生の来遊水準を比較するとともに、その後の漁獲への加入状況について検討を試みたので報告する。

材料と方法

コレクターによるプエルルスおよび稚エビの採集 図1にコレクターによる採集点を示した。コレクターは、1本の長さ1.6 mの合成樹脂テープ（幅10 mm 緑色）を2つ折りにしてそれを10本束ねたものを1束とし、ステンレス板で補強した塩化ビニル製ネット（トリカルネット板、縦0.6×横0.3 m）の両面に合計78束取り付けたものである。それをチェーンまたはロープに結び付け、コレクターの下部が海底に接するように岸壁から垂下した⁴⁾。伊豆分場で使用したコレクターの合成樹脂テープの長さは80 cmであり、この長さのコレクターを改良C型コレクターと呼んでいる。南伊豆栽培漁業セン

*1 静岡県水産試験場伊豆分場研究報告第141号

*2 静岡県水産試験場伊豆分場 〒415-0012 静岡県下田市白浜251-1 (Shizuoka Prefectural Fisheries Experiment Station, Izu Branch, 251-1 Shirahama Shimoda, Shizuoka 415-0012, Japan)

*3 独立行政法人水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター 〒415-0156 静岡県賀茂郡南伊豆町石廊崎183-2

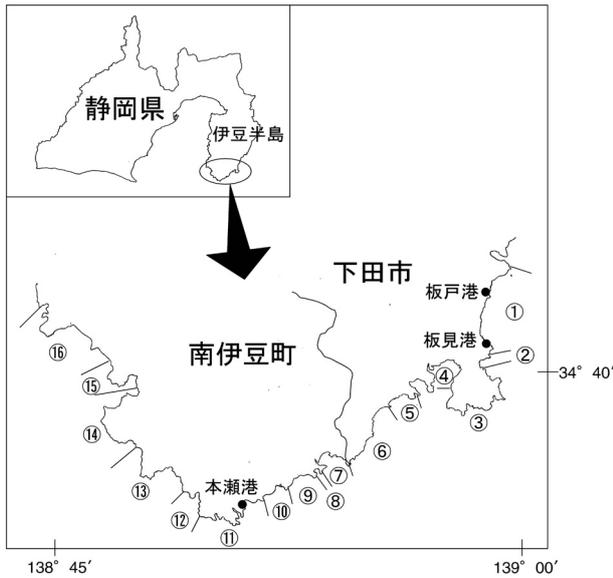


図1. 調査海域とコレクター採集点
 ①白浜②外浦③須崎④下田⑤吉佐美⑥田牛⑦湊⑧竹麻
 ⑨下流⑩大瀬⑪石廊崎⑫三坂⑬入間⑭妻良⑮子浦⑯伊浜
 ●：コレクター採集点

ターでは年により合成樹脂テープの長さが変わっており、1989～1994年までは合成樹脂テープの長さが60cmのC型コレクター、1995～2002年までは改良C型コレクターと合成樹脂テープの長さが50cmの共通型コレクターの併用、そして、2003年以降は改良C型コレクターが使用されている。コレクターの設置数は、下田市白浜の板戸港と板見港ではほぼ毎年4～15基、石廊崎本瀬で毎年5～12基であり、1989～2004年の調査期間中はほぼ毎日コレクターを引き上げてプエルルスおよび稚エビの採集を行った。

コレクターで採集された稚エビ（平均頭胸甲長：白浜8.5mm、石廊崎9.2mm）はその大きさから同年に来遊したプエルルスが変態したものであると考えられる⁷⁾ことから標本数を増やすためプエルルスと稚エビの採集個体数の合計でイセエビ幼生の来遊水準を判断することにした。そして、白浜と石廊崎のそれぞれにおいて改良C型コレクター1日1基当りのプエルルスおよび稚エビの採集個体数の100倍値（以降、採集指数と称す）を求めた。

石廊崎におけるコレクターの性能比較と採集個体数の補正 石廊崎の調査では年によりコレクターの合成樹脂テープの長さが変わっており、1995～2002年においては合成樹脂テープの長さの異なる改良C型コレクターと共通型コレクターが併用されていた。この2つのコレクターでプエルルスの採集指数に有意な差が認められたことから、改良C型コレクターを基準としてC型コレクターおよび共通型コレクターで採集された個体数をそれぞれ1.73倍および2.47倍とする換算値が求められている¹²⁾。稚エビの採集指数についても改良C型コレクターと共通型コレクターで差が認められるのかどうかを成

生ら¹²⁾と同様の方法で検定を試みた結果、有意水準5%で有意な差は認められなかったことから、稚エビについては実際に採集された個体数を用いることとした。以上のことから石廊崎のプエルルスと稚エビの採集個体数は、換算したプエルルスの採集個体数と実際の稚エビの採集個体数の和とした。

制限体長以下のイセエビ漁獲個体数 昭和39年に制定された静岡県漁業調整規則によりイセエビの制限体長は13cm（頭胸甲長で45mm程度、体重にすると約80g）と定められており、それ以下のイセエビが漁獲された場合、漁協の支所単位で漁獲個体数が記録された後、放流することになっている。そこで下田市漁協磯根漁獲統計（季節物月報）および南伊豆町漁協磯根漁獲統計よりそれぞれの海域ごとに漁獲規制サイズ以下のイセエビ（以下子エビとする）の漁獲個体数（9月から翌年5月まで）を集計した。

漁獲イセエビの頭胸甲長組成 伊豆分場と南伊豆栽培漁業センターでは1989年から伊豆半島南部の田牛、下流、大瀬、石廊崎、妻良の5海域においてイセエビ刺網で漁獲されたイセエビの測定を分担して行っている（図1）。伊豆分場では田牛と下流の2海域、南伊豆栽培漁業センターでは大瀬、石廊崎、妻良の3海域において測定を行っている。測定時期は春漁期の禁漁直前と秋漁期の解禁直後（静岡県漁業調整規則により5月15日～9月15日まで禁漁となっている）にそれぞれ1～4日、雌雄別に頭胸甲長をノギスにより1mm単位で測定した。

結 果

イセエビ幼生の来遊水準 1989～2004年の各年の白浜と石廊崎におけるプエルルスと稚エビの採集個体数の関係を図2に示した。白浜、石廊崎の相関係数はそれぞれ有意水準1%で共に有意となり、各海域ともプエルルスの採集の多い年に稚エビの採集も多く、稚エビはプエルルスと同年群であるといえよう。

白浜（板見港と板戸港での採集）と石廊崎でのプエル

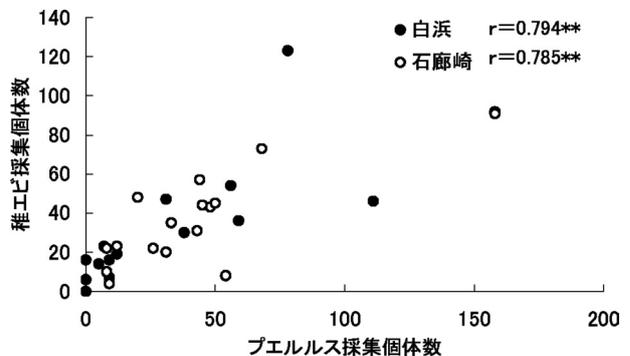


図2. 白浜と石廊崎におけるプエルルスと稚エビの採集個体数の関係（1989～2004年）
 注）*有意水準5%で有意、**有意水準1%で有意

ルスおよび稚エビの採集において両海域で共通に採集を行うことのできた5～10月の採集指数の推移を図3に示した。白浜における採集指数は、1990年の14.9から低下傾向となり、1994年に6.7と上昇したが1995～1998年まで1前後と低調であった。1999年に16.4と急激に上昇し、2002年には43.1と最も高くなった。また、2004年においても34.7と比較的高くなった。一方、石廊崎における採集指数は、1989年と1990年については15.5、15.1と最も高く、以降1993年まで低下し、1994年には14.3と再び上昇した。しかし、それ以降2001年まで低調に推移した。また、低調な中でも1996、1999年には、わずかに上昇した。2002年には6.9と上昇し、2003年には低下するものの2004年には再び12.1と上昇した。両海域における採集指数は、高低はあるものの、1990、1994、1999、2002、ならびに2004年で共通したピークが認められ、これらの年は来遊水準が高かったと判断された。両海域での採集指数の推移は一致しており、この海域へのプエルスの来遊量の動向を反映しているといえることができる。

採集指数と子エビの漁獲個体数およびイセエビ漁獲量との関係 白浜、石廊崎での5～10月の採集指数と同海域における9月から翌年5月までの子エビの漁獲個体数の推移を図4、5にそれぞれ示した。

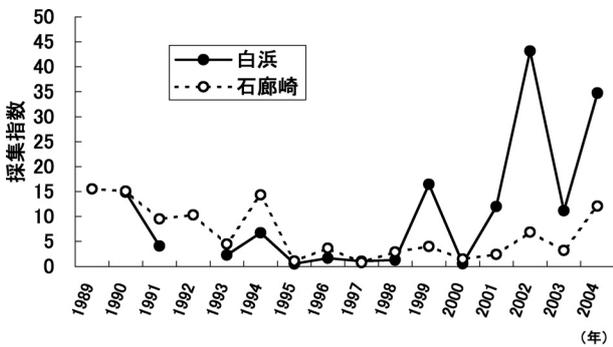


図3. 白浜（板見港と板戸港での採集）、石廊崎における採集指数（5～10月）の推移
*白浜では1989、1992年はコレクター採集を行っていない

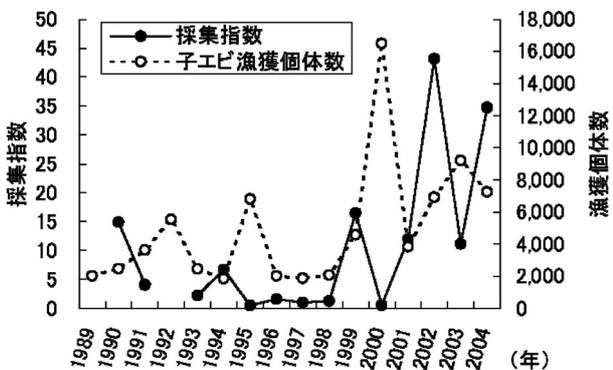


図4. 白浜における採集指数（5～10月）と子エビの漁獲個体数（9月～翌年5月）の推移
*1989、1992年にコレクター採集を行っていない

白浜の採集指数において前年より上昇した年は、1994、1999、2001、2002、ならびに2004年であった。子エビの漁獲個体数は、1989年から増加して1992年には約5,500個体となった。1993～1994年には減少するものの、1995年に約6,800個体に増加した。翌年の1996年には再び減少し、以後1998年まで2,000個体前後で推移した。1999年には約4,600個体と再び増加し、2000年には急激に増加して約16,500個体となった。翌年には約3,800個体と急減するものの、以後2003年の約9,200個体まで徐々に増加し、2004年にはやや減少した。このように採集指数が上昇した年の翌年には子エビの漁獲個体数が増加する傾向を示した。

石廊崎の採集指数で前年より増加した年は1992、1994、1996、1998、1999、2001、2002、ならびに2004年であった。子エビの漁獲個体数は、1989年から徐々に増加して1992年に約7,400個体となった。1993～1994年にかけて減少するものの、1995年に約8,000個体に増加し、以後1996～1999年まで4,300～11,400個体の間で減少と増加を繰り返した。2000年には約22,600個体と急激に増加し、翌2001年には急減するものの、以後2003年まで増加傾向を示し、2004年には再び減少した。以上のように、石廊崎は白浜と同様の傾向を示したが、その関係は白浜に比べて明瞭ではなかった。

以上のことから両海域で共通して、1993年以降ある年の採集指数が上昇するとその翌年の子エビの漁獲個体数が増加する関係が認められた。

ある年の採集指数（5～10月）と翌年の子エビ漁獲個体数（9月～翌年5月）との関係を図6に示した。

白浜では、採集指数が上昇すると、その翌年の子エビ漁獲個体数が増加する傾向が認められた。また、相関係数は0.577であり、有意水準5%で有意となった。

石廊崎での相関係数は-0.314で有意ではなかった。本海域では2つの関係が認められ、採集指数がおおよそ10までの、採集指数が上昇すると翌年の子エビ漁獲個体数が急増する場合と、採集指数が10を超えると翌年の子エビ漁獲個体数があまり増加しない場合であった。

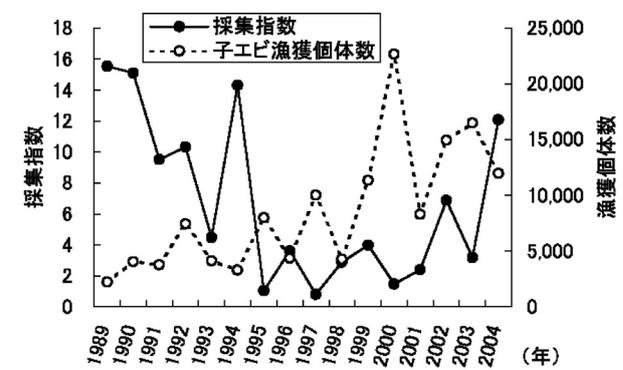


図5. 石廊崎における採集指数（5～10月）と子エビの漁獲個体数（9月～翌年5月）の推移

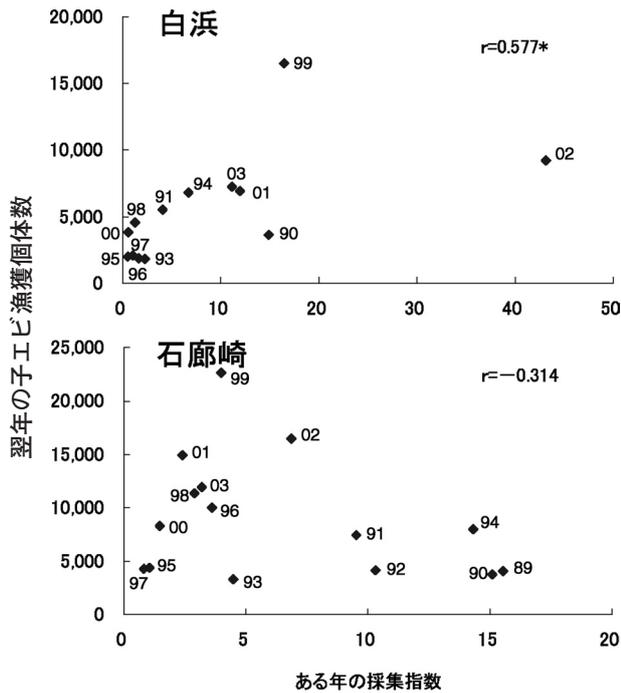


図 6. ある年の採集指数（5月～10月）と翌年の子エビ漁獲個体数（9月～翌年5月）との関係
 注）各点に記した数値は西暦の下2桁を示す
 *有意水準5%で有意, **有意水準1%で有意

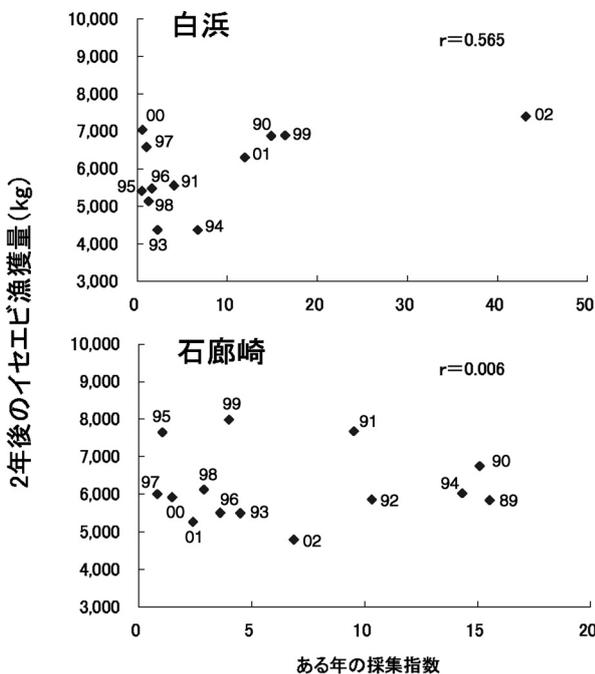


図 7. ある年の採集指数（5月～10月）と2年後のイセエビ漁獲量（9月～翌年5月）との関係
 注）各点に記した数値は西暦の下2桁を示す
 *有意水準5%で有意, **有意水準1%で有意

ある年の採集指数（5～10月）と2年後のイセエビ漁獲量（9月～翌年5月）との関係を図7に示した。両者の間の相関係数は、白浜で0.565、石廊崎では0.006となり有意水準5%でもともに有意ではなかった。

下田市の6海域（白浜、外浦、須崎、下田、吉佐美、田牛）（図1）、南伊豆町の10海域（湊、竹麻、下流、大瀬、石廊崎、三坂、入間、妻良、子浦、伊浜）（図1）におけるそれぞれの子エビ漁獲個体数を図8に示した。多くの海域で1989年から2004年にかけて子エビ漁獲個体数の増加傾向がみられた。増加傾向の中で、1991年に下田、吉佐美で漁獲のピークが認められ、1992年においては下田、吉佐美、湊、入間、妻良を除く全ての海域でピークが認められた。1993年には妻良でピークが認められた。また、1995年には量は少ないながらも白浜、外浦、須崎、竹麻、下流、大瀬、石廊崎、入間で漁獲のピークが認められた。同様に1997年には量は少ないながらも須崎、竹麻、下流、大瀬、石廊崎、三坂、入間、妻良、子浦、伊浜で漁獲のピークが認められた。その後、下田、湊、妻良以外の全ての海域で2000年に漁獲の大きなピークが認められ、この年以降多くの海域で子エビの漁獲が多くなった。下田、妻良では翌2001年も多かったが、湊では漁獲のピークはなく2004年にかけて単調に増加していた。なお、2003年に子エビ漁獲のピークが認められる海域として、白浜、外浦、須崎、下田、吉佐美、田牛、竹麻、石廊崎、三坂、入間が挙げられる。以上から、南伊豆海域における子エビ漁獲水準は2000年に上昇し、それ以降高い水準を維持しているとみなせる。また、前項で来遊水準が高いと判断した1994、1999、ならびに2002年の翌年には多くの海域で子エビ漁獲個体数の増加が認められ、これらの年は卓越であったと考えられた。しかし、1990年についてはほとんどの海域で翌年に子エビの漁獲個体数の増加は認められなかった。

漁獲されたイセエビの頭胸甲長組成 南伊豆海域の北部に位置する田牛と南部に位置する大瀬において頭胸甲長組成を雌雄別に図9、10に示した。1994年、1999年、ならびに2002年の卓越加入群がその後の漁獲物組成にどのように反映されているか、組成に表れたモードに着目しながら検討した結果を以下に示した。

1. 1994年加入群 田牛の雄で頭胸甲長のモードをみると、1995年秋には1994年加入群と考えられる頭胸甲長（以下CLと称す）40～45mmにモードが認められ、以降モードは1996年春はCL45～50mm、1996年秋はCL50～55mm、1997年春はCL60～65mm、1997年秋はCL60～65mm、1998年春はCL65～70mmとなり、モードを示す頭胸甲長は順次大きくなった。同海域の雌で頭胸甲長のモードをみると、1995年秋にCL40～45mmに小モードが認められ、1996年春にはモードが認められなかったが、1996年秋にCL45～55mmでモードが認められ、以降モードは1997年春はCL55～60

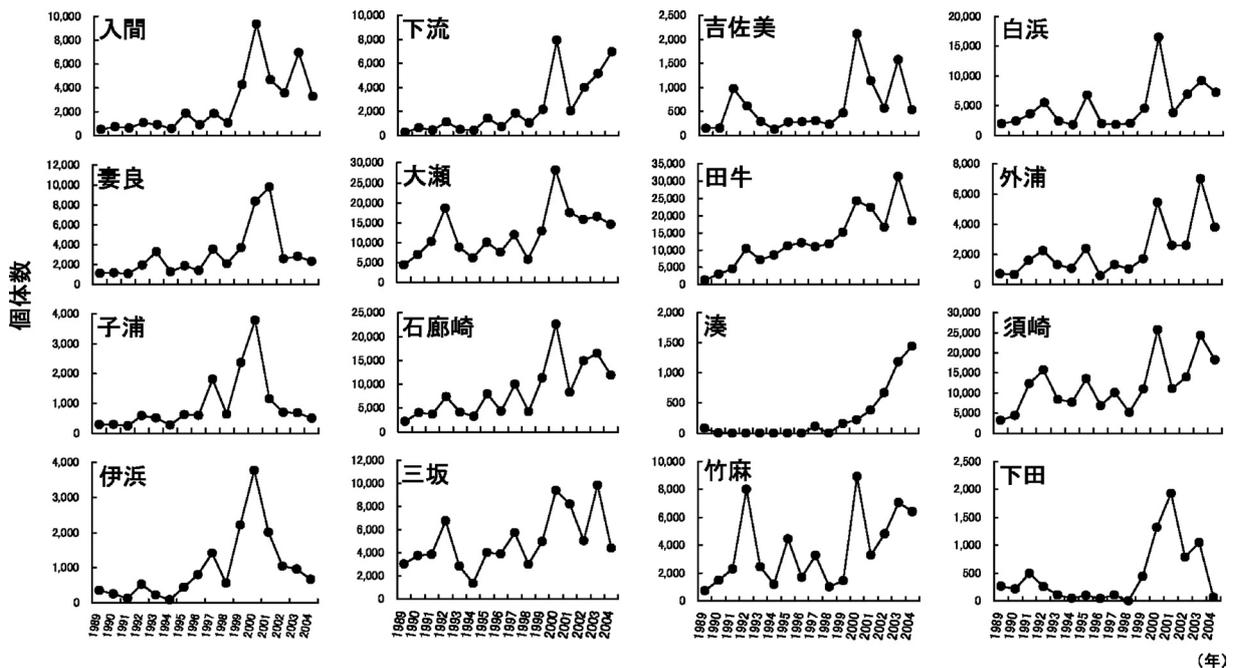


図 8. 南伊豆海域の子エビ漁獲個体数
*漁獲個体数は漁期である9月から翌年5月を集計した。

mm, 1997 年秋は CL50mm 台, 1998 年春は CL55 ~ 65 mm となり, モードを示す頭胸甲長は順次大きくなった (図 9)。

大瀬の雄で頭胸甲長のモードをみると, 1995 年秋に CL40 ~ 45 mm にモードが認められ, 以降モードは 1996 年春は CL40 ~ 45 mm, 1996 年秋は CL55 ~ 60 mm, 1997 年春は CL60 ~ 65 mm となり, モードを示す頭胸甲長は順次大きくなった。同海域の雌では 1995 年秋に CL35 ~ 40 mm に小モードが認められ, 1996 年春にはモードは認められなかったが, 1996 年秋には CL50 ~ 55 mm, 1997 年春にも CL50 ~ 55 mm にモードが認められた (図 10)。

2. 1999 年加入群 田牛の雄で頭胸甲長のモードをみると, 2000 年秋に 1999 年加入群と考えられる CL45 ~ 50 mm にモードが認められ, 以降モードは 2001 年春は CL45 ~ 50 mm, 2001 年秋は CL55 ~ 60 mm, 2002 年春は CL50 mm 台, 2002 年秋は CL60 ~ 65 mm, 2003 年春は CL60 ~ 65 mm となり, モードを示す頭胸甲長は順次大きくなった。同海域の雌では 2000 年秋と 2001 年春には CL40 mm 台前後でモードが見られなかったが, 2001 年秋には CL55 ~ 60 mm で, 2002 年春には CL60 ~ 65 mm でモードが認められた (図 9)。

大瀬の雄で頭胸甲長のモードをみると, 2000 年秋には CL40 ~ 45 mm でモードが認められ, 以降モードは 2001 年春は CL40 ~ 45 mm, 2001 年秋は CL50 ~ 55 mm, 2002 年春は CL55 ~ 60 mm となり, モードを示す頭胸甲長は順次大きくなった。同海域の雌では, 2000

年秋にはモードが認められなかったが, 2001 年春に CL40 ~ 45 mm で小モードが認められ, 以降モードは 2001 年秋は CL50 ~ 55 mm, 2002 年春は CL55 ~ 60 mm となり, モードを示す頭胸甲長は順次大きくなった (図 10)。

3. 2002 年加入群 田牛の雄では, 2003 年秋には春に比べ CL40 mm 台の出現割合が増加するもののモードは認められず, 2004 年春においてもモードは認められなかったが, 同年秋には 2002 年加入群と考えられる CL55 ~ 60 mm のモードが認められた。同海域の雌では CL50 mm 台でしかモードが認められず, 明瞭なモードの移行は認められなかった (図 9)。

大瀬の雄では, 2003 年秋には CL35 ~ 40 mm のモードが認められ, 以降モードは 2004 年春は CL45 ~ 50 mm, 2004 年秋は CL55 ~ 60 mm となり, モードを示す頭胸甲長は順次大きくなった。同海域の雌では, 2003 年秋には CL35 ~ 40 mm に小さなモードが認められ, 2004 年春にはモードは見られなくなったが, 2004 年秋には CL50 ~ 55 mm にモードが認められた (図 10)。

以上から加入群は来遊した翌年秋に刺網で漁獲されていた。また, 各海域ともモードの出現状況は 1994, 1999, 2002 年の加入群で大きな違いは認められなかった。すなわち, 加入して 1 年後の秋におおよそ CL40 mm 台で漁獲され, 2 年後の秋にはおおよそ CL50 mm 台で漁獲されていた。また, 雌に比べ雄で明瞭なモードの変化が確認できた。

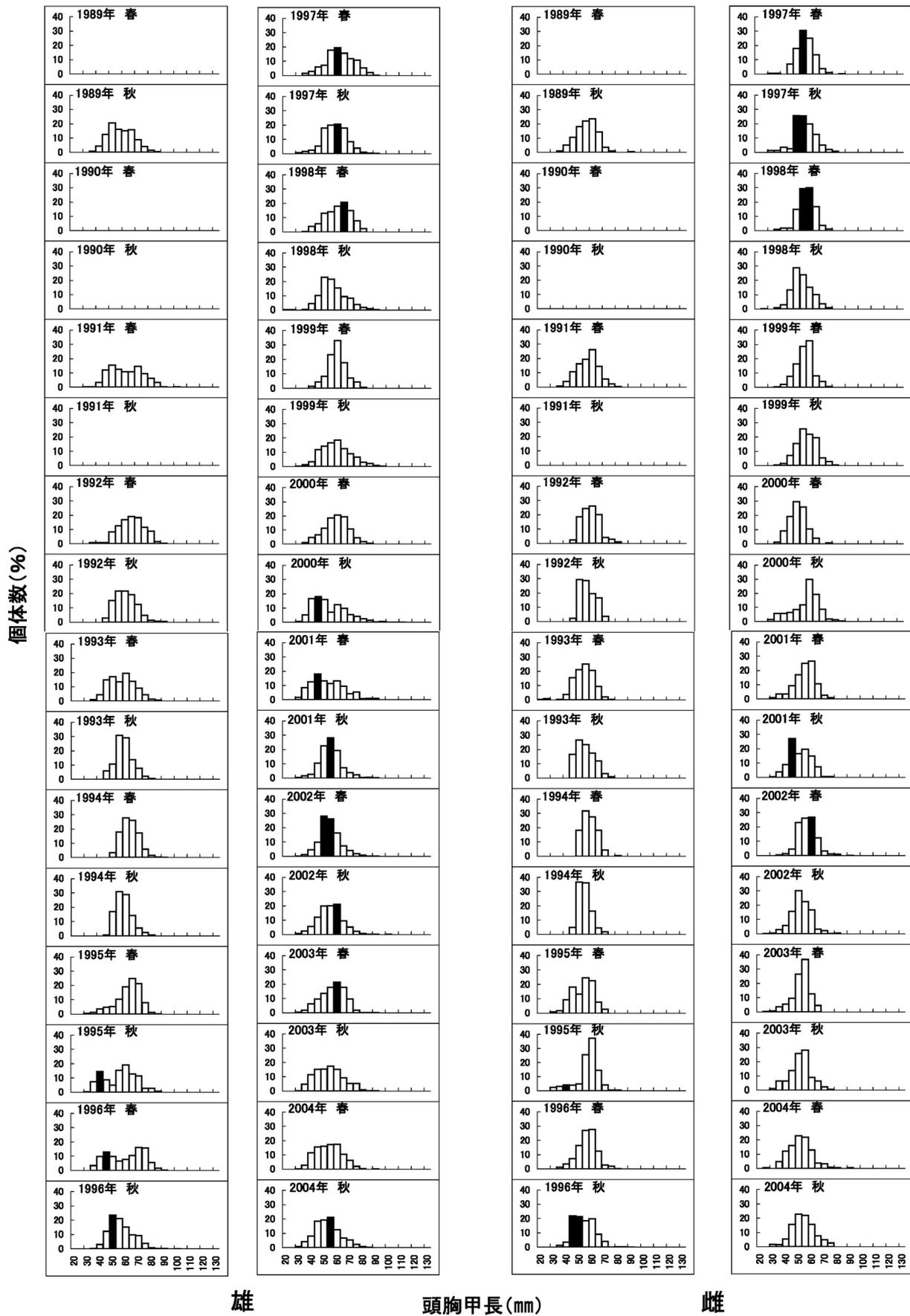
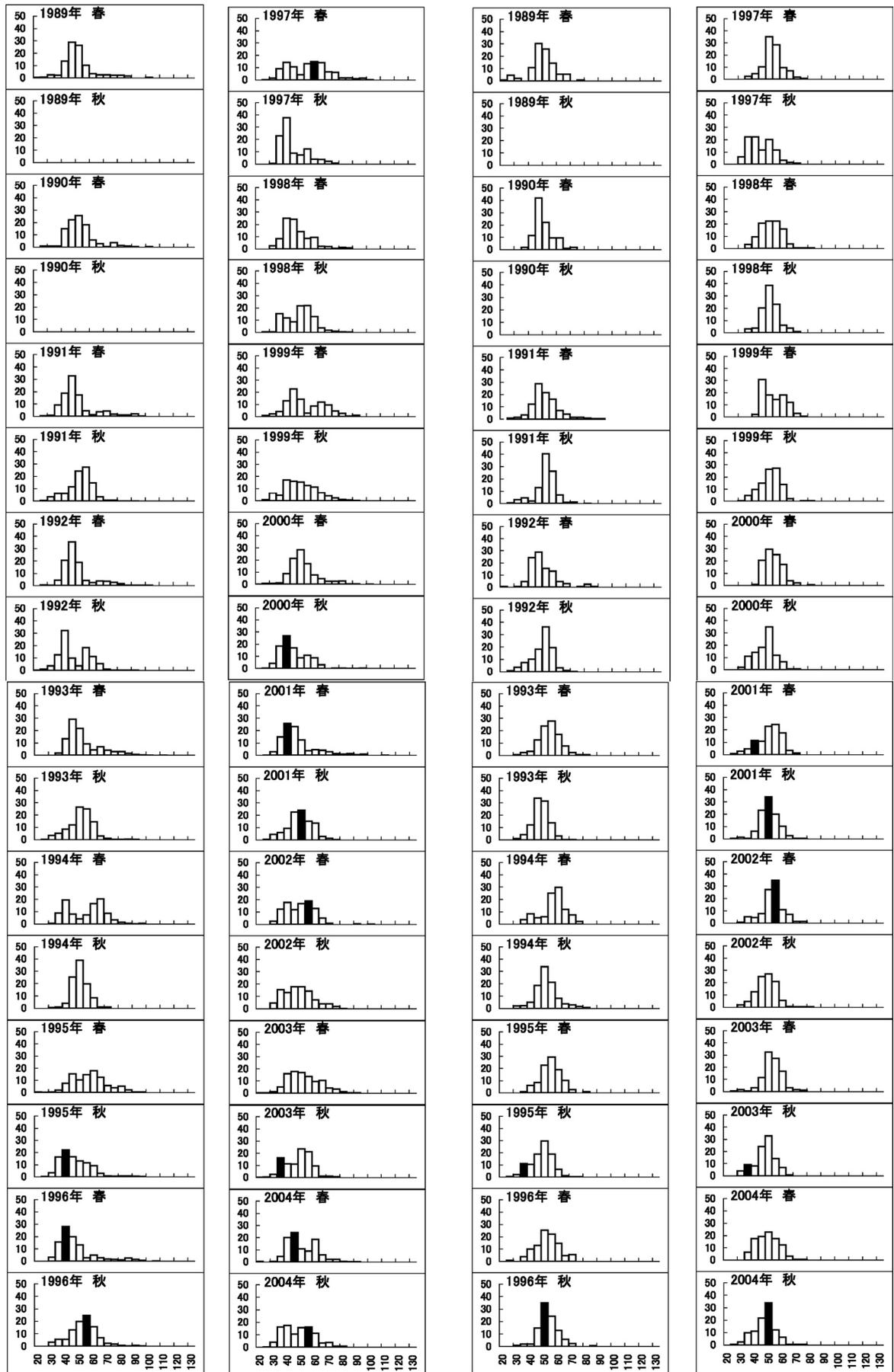


図9. 田牛におけるイセエビ漁獲物組成
 *1989年春, 1990年春, 秋, ならびに1991年秋は測定しなかった

個体数 (%)



雄

頭胸甲長(mm)

雌

図 10. 大瀬におけるイセエビ漁獲物組成
*1989年秋および1990年秋は測定しなかった

考 察

急激に来遊水準が上昇した特定年（1994年、1999年、2002年）の翌年秋以降の子エビの漁獲個体数が前年より大きく増加しており（図4、5）、CL30～40 mm台に明らかなモードを持つ群が顕著に漁獲されていたことが分かった（図9、10）。そして、その後の頭胸甲長組成のモードの推移を追うことができた（図9、10）。実際に来遊した幼生が翌年の秋に子エビサイズに成長しているのかどうかについては、潜水調査による採集個体の測定からプエルルス着底後翌年の8月にCL35～40 mm¹³⁾、頭胸甲長組成データの解析から翌年10月にCL40 mm前後¹⁴⁾、飼育により翌年7月にCL30 mm¹¹⁾、翌年9月にCL30 mm¹⁵⁾になることが報告されている。天然での成長に比べ飼育個体の成長は劣っているようであるが、既往の報告より海域に着底したプエルルスは翌年の9月ないし10月にはCL40 mm台に達すると判断して妥当であろう。

来遊水準が高いと判断した2002年加入群に関しては漁獲物組成において明瞭なモードとして認められない海域もあった（図9、10）。このことは近年の高い資源状況によりモードが表れにくくなっていることが考えられる。また、雌に比べ雄の漁獲物組成で明瞭なモードの移行が確認できた（図9、10）。南伊豆海域の大瀬、石廊崎、ならびに妻良海域のイセエビ漁獲物の雌雄比は、子エビサイズでは雄の比率が高く、CL50 mmサイズで雌雄の比率が同程度となり、さらに大型になると雄の比率が高くなることから¹⁶⁾、雌では小型サイズでモードが認められにくいのかもかもしれない。

来遊水準の高い群は卓越加入群であり、その後の漁獲まで影響を与えるので、その要因が解明されれば、漁況予測に役立つと考えられる。南伊豆海域のイセエビの漁況予測については、川合ら⁴⁾、岡本¹⁰⁾、鈴木¹⁷⁾の報告がある。川合らは白浜海域のコレクター採集結果から同海域の翌年の子エビの漁獲尾数と2年後のイセエビ漁獲量を予測している⁴⁾。また、岡本と鈴木は南伊豆海域全体の子エビ漁獲尾数から同海域の翌年のイセエビ漁獲量、ならびに白浜海域のコレクター採集結果から2年後の南伊豆海域全体のイセエビ漁獲量予測を行っている^{10,17)}。本報では川合ら⁴⁾と同じ手法である海域毎の漁況予測を検討したところ、白浜ではある年の採集指数と翌年の子エビ漁獲個体数で有意な相関が認められたが、2年後のイセエビ漁獲量では有意な相関が認められなかった（図6、7）。また、石廊崎では両者とも有意な相関は認められなかった（図6、7）。石廊崎のある年の採集指数と翌年の子エビ漁獲個体数との関係では単なる直線関係ではなく、漁獲の上限と下限を表していることが考えられ、プエルルスが着底した後の生残の変動や環境要因が影響した可能性を検討する必要がある。また、2年

後のイセエビ漁獲量で有意な相関が認められなかったことに関しては、漁獲物の年齢構成を考えると子エビは単一年級群で構成されるが、イセエビ漁獲物は複数年級群で構成されるため、そのことが影響した可能性が考えられる。この問題を解決するには、漁獲物組成を年級群に分離しての解析あるいは重回帰分析等の適用が考えられる。一方、川合ら⁴⁾は白浜板戸ではプエルルスの出現数と翌年の子エビの漁獲個体数、2年後の漁獲量の間に相関が見られたが、駿河湾南西部に位置する相良町坂井平田では相関は見られなかったことを示し、両海域の漁獲強度、資源量と漁獲量の関係に原因があることを示唆している。

各海域における卓越加入群のモードの出現状況に年による大きな違いは認められなかった（図9、10）。このことは、野中^{1,3)}が述べている海域毎にイセエビの去来が定まっていることの表れであろう。海域毎のイセエビの去来や移動を量的に明らかにするためには、頭胸甲長組成を年級群分離した結果からコホート解析を行い、卓越加入群の初期資源量や漁獲への影響を明らかにし、漁況予測の検討などを行う必要がある。

謝 辞

本論文の作成するにあたり、御指導と多くの御教示を賜った東京水産大学名誉教授野中忠氏と独立行政法人水産総合研究センター業務企画部研究開発コーディネーター桑田博氏に深甚なる謝意を表す。また、本論文を作成する機会を与えていただくとともに、御校閲をいただいた独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター場長榮健次氏と静岡県水産試験場浜名湖分場場長津久井文夫氏に謝意を表す。イセエビの漁獲物測定を便宜を図っていただいた下田市田牛および南伊豆町下流、大瀬、石廊崎、妻良の漁業者および漁協職員の方々に謝意を表す。

文 献

- 1) 野中 忠 (1982) 漁獲に表われたイセエビ資源の性状. 静岡水試研報, **16**, 31-42.
- 2) 伏見 浩 (1978) 南伊豆におけるイセエビの生活 - 研究上の問題点と今後の課題 -. ベントス研連誌, **15/16**, 60-66.
- 3) 野中 忠 (1996) 増殖 - 特にイセエビを例として, エビ・カニ類の増養殖 - 基礎科学と生産技術. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 204-225.
- 4) 川合範明・長谷川雅俊・幡谷雅之・勝又康樹・野中 忠 (1994) 静岡県におけるイセエビプエルルスの連続採集と漁況予測. 静岡水試研報, **29**, 7-17.
- 5) 静岡県 (2000) イセエビ放流基礎技術の開発に関する研究. 放流技術開発事業総括報告書 (基礎技術開発グループ). 平成7～11年度, 9-21.
- 6) 静岡県水産試験場伊豆分場 (2003) 平成13年度資源増大技術開発事業報告書. 静岡1-静岡10.

- 7) 静岡県水産試験場伊豆分場 (2003) 平成 14 年度資源増大技術開発事業報告書. 静岡 1- 静岡 9.
- 8) 静岡県 (2004) 平成 15 年度栽培資源ブランド・ニッポン推進事業環境調和型 (甲殻類グループ) 栽培漁業技術開発事業報告書. 静岡 1- 静岡 14.
- 9) 静岡県 (2005) 平成 16 年度栽培資源ブランド・ニッポン推進事業環境調和型 (甲殻類グループ) 栽培漁業技術開発事業報告書. 静岡 1- 静岡 17.
- 10) 岡本一利 (1995) 下田・南伊豆におけるイセエビ漁獲量の 2 年後までの予測. 伊豆分場だより, **261**, 2-6.
- 11) 島 康洋 (1994) 平成 4 年度日本栽培漁業協会事業年報, 291-294.
- 12) 成生正彦・山田博一・長谷川雅俊 (2006) 南伊豆海域におけるイセエビのプエルルス採集量の変化と黒潮流路との関係. 栽培技研, **34**, 13-32.
- 13) NORMAN, C. P., H. YAMAKAWA, and T. YOSHIMURA (1994) Habitat selection, growth rate and density of juvenile *Panulirus japonicus* (Von Siebold, 1824) (Decapoda, Palinuridae) at Banda, Chiba Prefecture, Japan. *Crustaceana*, **66**, 366-383.
- 14) 山川 卓 (1997) 体長組成法. 「水産動物の成長解析」(日本水産学会監修, 赤嶺達郎・麦谷泰雄編) 水産学シリーズ 115, 恒星社厚生閣, 東京, pp.39-51.
- 15) 田中種雄・金子信一・石田 修 (1985) 飼育によるイセエビの成長. 千葉水試研報, **43**, 51-57.
- 16) (社)日本栽培漁業協会南伊豆事業場 (2003) 平成 14 年度資源増大技術開発事業報告書. 南伊豆 1- 南伊豆 22.
- 17) 鈴木朋和 (2002) イセエビの漁獲量予測手法. あたらしい水産技術, **387**, 静岡県農林水産部, 6pp.

トラフグ放流効果調査におけるイラストマー標識の適用

田中寿臣^{*1}・中西尚文^{*2}・阿知波英明^{*3}・町田雅春^{*4}・大河内裕之^{*5}

Application of the Elastomer-Marking system to the Survey of Stocking Effectiveness of Ocellate Puffer (*Takifugu rubripes*)

Toshiomi TANAKA, Naofumi NAKANISHI, Hideaki ACHIHA,
Masaharu MACHIDA and Hiroyuki OKOUCHI

We applied the Elastomer-Marking system to the survey of stocking effectiveness of Ocellate Puffer (*Takifugu rubripes*) juveniles, and conducted technological improvement concerning marking and finding methods. As a result, it was seen that an effective Elastomer-Marking color was limited to fluorescent colors, and that the finding of the Elastomer-Marking of non-fluorescent color was difficult. As for visibility, marking the base of the pectoral fin was more effective than marking its lower side. To extract satisfactory group discernment performance from Elastomer-Marking, it is necessary to devise good usage and survey methods. When using Elastomer-Marking, prior examination, including costs is necessary.

2006年8月2日受理

静岡県, 愛知県, 三重県(以下, 東海三県)海域におけるトラフグ *Takifugu rubripes* の種苗放流は, 愛知県と三重県では1986年から¹⁾, 静岡県では1987年から始められ²⁾, 1999年までに計369万尾が放流された。並行して実施された放流効果調査では, 大別して2種類の標識が用いられた。即ち, 放流魚の移動・回遊を把握する目的で導入された外部標識(スパゲティ型アンカータグ等)と, 回収率の推定を目的とした体部分標識(鼻孔隔皮欠損, 鰭条の乱れ; 尾鰭変形)である。前者は再捕報告調査法により定性的な情報を与え, 後者は市場調査法による定量情報を与えて一応の目的を達成したが, 脱落の多い外部標識と, 群識別ができない体部分標識から得られた情報を組み合わせても, 県間あるいは地域間の移動を定量的に把握するには至らなかった。

2000年から始まった東海三県海域での共同放流調査では, 懸案であった「海域間の移動の定量化」を図る目的で, 米国のNorthwest Marine Technology Inc. (以下, NMT社)のイラストマー標識を新規に導入した。この

標識は着色されたシリコン樹脂を注射器によって一尾ずつ皮下に装着していく標識であり, トラフグ³⁾やサクラマス *Salmo masou*⁴⁾, クルマエビ *Penaeus japonicus*^{5,6)}等の飼育試験によってその有効性が報告されている。したがって, 導入当初は, 定量調査に適した持続性および視認性と, 多彩な標識色を生かした群識別性能をあわせ持つ標識と期待されたが, 調査の実施にあたって標識装着技術が未確立であるうえ, 持続性や視認性についても検討を要する課題が多々あることが分かった。一方では, 標識色による群識別性能が優れていることも確認されたため, 本共同調査では, 使用する標識の変更ではなく, イラストマー標識の問題点を克服するための技術改善を行いながら, 放流効果調査を継続することとした。

本稿では, 2000, 2001年に放流されたイラストマー標識魚の追跡調査と, これに付随した大量標識作業を通して得られた知見を紹介し, この標識の適用条件を明らかにする。

*1 静岡県水産試験場 〒425-0033 静岡県焼津市小川汐入3690

(Shizuoka Prefectural Fisheries Experimental Station, 3690 Kogawashioiri, Yaizu, Shizuoka, 425-0033 Japan).

*2 三重県科学技術振興センター水産研究部鈴鹿水産研究室 〒510-0243 三重県鈴鹿市白子1-6277-4

*3 愛知県水産試験場 〒443-0021 愛知県蒲郡市三谷町若宮97

*4 独立行政法人水産総合研究センター宮津栽培漁業センター 〒626-0052 京都府宮津市小田宿野1721

*5 独立行政法人水産総合研究センター宮古栽培漁業センター 〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1

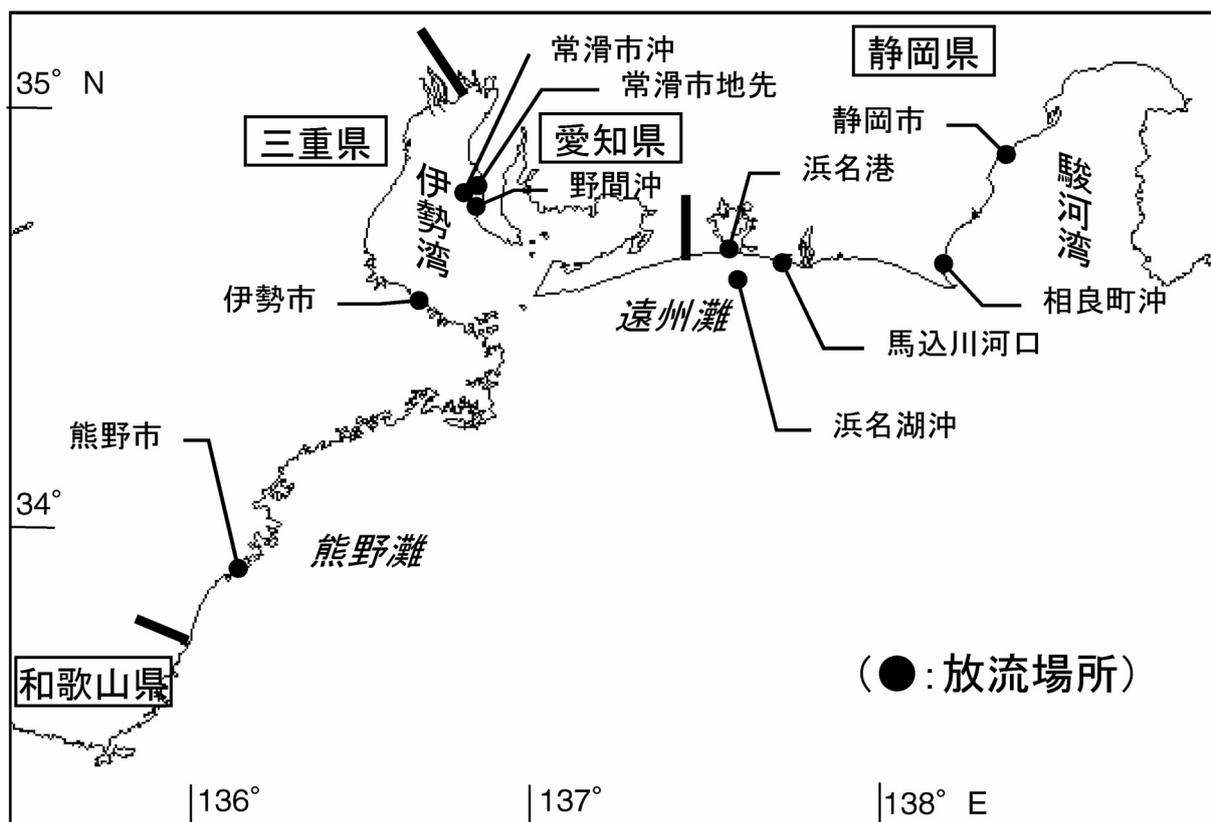


図1. 東海三県の海域とイラストマー標識魚放流場所

材料と方法

標識放流 標識放流に供したトラフグ種苗は、静岡県の遠州灘海域で漁獲された天然親魚由来の卵を用い、独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター（以下、南伊豆栽セ）で種苗生産されたものである。種苗放流は、各年とも静岡県、愛知県、三重県の各県地先、および南伊豆栽セでイラストマー標識を装着し、中間育成を実施して放流した（図1）。

放流群は標識色によって三県および南伊豆栽セの計4群を識別することとし、静岡県には蛍光オレンジ色（以下、蛍光橙色）と非蛍光の青色（以下、青色）の2色、愛知県には蛍光赤色（以下、蛍光赤色）と非蛍光の茶色（以下、茶色）の2色、三重県には蛍光緑色（以下、蛍光緑色）、南伊豆栽セには蛍光黄色（以下、蛍光黄色）の計6色を割り当てた。さらに、標識の装着部位を変えて各県内の複数の放流群も識別することとし、2000年は左右の胸鰭下部、左右の胸鰭基部、頭部の5か所に、2001年は胸鰭基部の左右2か所に標識を打ち分けた（図2）。標識装着作業にはNMT社製イラストマー標識空気駆動埋め込みシステム（以下、エアージェクター）を使用した。一部、市販の注射器を用いて手作業でも行った（写真1）。

放流は汀線あるいは船上から行い、同じ海域内であっても、放流場所の水深や放流時の潮位を変えた場合は異

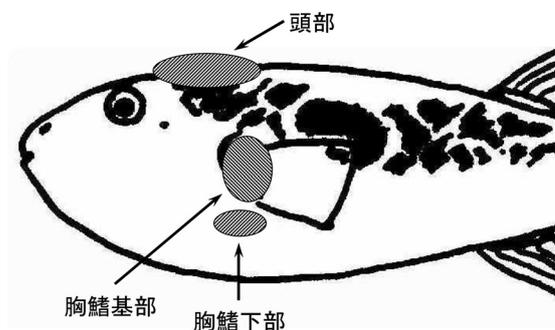


図2. イラストマー標識の装着部位

なる放流群として識別した。これらの結果、2000年は計9群：147.1千尾、2001年は計6群：106.0千尾、合計15群：253.1千尾のイラストマー標識魚を放流した（表1）。

本報告では、これらのうち6群の追跡調査結果を用いて標識の発見率および持続性の向上に関する検討を、各群の標識装着作業の結果を用いて装着方法の改善および作業能率の検討を行った。

LEDライトによる発見率向上効果の検討 装着時には十分な視認性を確保できたと考えられるイラストマー標識でも、市場調査時に発見した標識の多くは1mm以下の「点」として確認できるのみであった（写真2）。特に照度の低い魚市場では、標識の見落としが多くなると懸念された。そこで蛍光色の確認に効果があるという



写真1. エアーインジェクターによる標識作業風景

表1. 東海三県におけるトラフグのイラストマー標識放流の概要 (2000, 2001年)

放流年	放流群	実験群名	標識の概要		放流尾数 (千尾)	平均全長 (mm)
			色	装着部位		
2000	00 - A	-	蛍光橙	胸鰭下部 LR	9.7	76.4
	00 - B	-	〃	胸鰭基部 L	10.0	66.5
	00 - C	-	〃	胸鰭下部 R	12.8	79.2
	00 - D	基部 / 非蛍光	青	胸鰭基部 L	21.0	65.4
	00 - E	下部 / 非蛍光	茶	胸鰭下部 L	34.4	60.3
	00 - F	基部 / 蛍光	蛍光赤	胸鰭基部 L	10.0	66.7
	00 - G	下部 / 蛍光	蛍光黄	胸鰭下部 L	17.7	69.2
	00 - H	-	〃	頭部	21.5	42.4
	00 - I	-	蛍光緑	胸鰭基部 L	10.0	64.4
合計および平均					147.1	63.3
2001	01 - J	-	蛍光橙	胸鰭基部 L	18.6	58.4
	01 - K	蛍光 I	〃	胸鰭基部 R	6.5	81.1
	01 - L	蛍光 II	蛍光黄	胸鰭基部 R	7.6	81.1
	01 - M	-	〃	胸鰭基部 L	19.0	70.0
	01 - N	-	蛍光赤	胸鰭基部 L	19.2	68.3
	01 - O	-	蛍光緑	胸鰭基部 L	35.1	55.6
合計および平均					106.0	64.4
総計および平均					253.1	63.7

NMT社製のLEDライト(以下、ライト)とサングラス(写真3)を導入し、標識発見率の向上効果を検討した。以下、ライトを用いた調査時にはサングラスを常用した。

対象とした放流群は、2001年に静岡県浜名港で放流し、0歳漁期のサンプル購入調査によって脱落個体の有無を確認した01-K群(以下、蛍光I群)および01-L群(同、蛍光II群)である(表1)。放流時の標識装着状態は、放流当日の2001年8月10日に放流群の一部をランダムに抽出して確認した。漁獲加入後の0歳漁期の標識保持状態は、2001年10~12月に静岡県浜名湖内の小型定置網で漁獲され、鷲津市場に水揚げされた0歳魚を購入して確認した。さらに、購入サンプルのうちイラストマー標識が確認されなかった個体については、胸鰭付近を解剖し、埋没した標識の有無を確認した。

標識の装着状態および保持状態はA、A'、B、Cの4段階で評価した。即ち、自然光で容易に標識を確認できる個体をA、自然光では確認できないがライトを使用すれば容易に確認できる個体をA'、ライトを使用すればかろうじて確認できる個体をB、外部からでは全く確認できない個体をCとした(表2)。従って、ライトを使わない状態ではAのみが標識を確認できるが、ライトを使えばA'およびBでも確認可能となる(写真4)。

有効な装着部位と標識色(蛍光、非蛍光)の検討 装着部位については左右の識別ができ、市場調査で確認しやすいと考えられた胸鰭基部と胸鰭下部の2か所、標識色については個別の色ではなく蛍光色と非蛍光色の2種類を比較するため、胸鰭基部に蛍光色(赤色)を装着した00-F群(以下、基部/蛍光群)、胸鰭下部に蛍光色(黄色)を装着した00-G群(同、下部/蛍光群)、胸



写真2. 放流時と市場調査時（1歳魚）の標識の状態（左：蛍光緑色，右：蛍光赤色）



写真3. NMT社製のライトとサングラス

表2. 標識の装着状態および保持状態の評価基準

標識の状態	評価基準
A	自然光で容易に確認できる
A	自然光では確認できないが、ライトを当てれば容易に確認できる
B	ライトを当てればかろうじて確認できる
C	確認不可能

鰭下部に非蛍光色（茶色）を装着した00-E群（同、下部/非蛍光群）の3群を、それぞれの装着部位/標識色（蛍光、非蛍光）を代表する実験群として、0歳および1歳漁期の標識発見率を推定した。これらは、2000年6～7月に全長60.3～69.2mmで伊勢湾に放流された群である。一方、同じ海域には胸鰭基部と非蛍光色を組み合わせた放流群がないため、非蛍光色（青色）を基部に装着して遠州灘に放流された00-D群（同、基部/非蛍光群）の標識確認データを、この条件での1歳漁

期の保持状態の参考とした（表1）。

0歳漁期の調査は、2000年（放流当年）の10月～12月に伊勢湾内で小型底曳網により漁獲された0歳魚を購入して実施した。1歳漁期については、遠州灘海域からの漁獲物が水揚げされる静岡県の舞阪、遠州、地頭方、御前崎、焼津の5市場における2001年10月～2002年2月の市場調査からデータを得た。これらの調査時期と海域は、各年齢の漁獲盛期および主漁場にあたる。

0歳漁期のサンプルについては、初めにライトを用いた目視観察によって各標識の発見個体数 $Nd_{0,j}$ を把握し、次に、目視で標識が確認されなかった個体の胸鰭付近を解剖して各標識の埋没個体 $Ns_{0,j}$ を確認した。ここで、 j は3つの比較対象群00-E、00-F、00-Gを示す添字（ $j=E, F, G$ ）である。後述するように、イラストマー標識は皮膚の破損によって脱落しても、体内には少量の標識片が残る例が確認されている。従って、解剖観察によって脱落個体の大部分が確認可能と考えられるので、0歳漁期における各群の標識発見率 $\hat{D}_{0,j}$ は、

$$\hat{D}_{0,j} = Nd_{0,j} / N_{0,j} \quad (j=E, F, G)$$

と推定される。ここで、 $N_{0,j} = Nd_{0,j} + Ns_{0,j}$ であり、概ねサンプル中の各群の生残尾数を表す。なお、 $N_{0,E} : N_{0,F} : N_{0,G}$ の比が放流尾数の比に等しい場合は、各群の添加効率⁷⁾に差はなかったと判断される。

一方、1歳魚は単価が高くサンプル購入が難しいので、得られるデータは市場での各標識の発見個体数 $Nd_{1,j}$ のみである。0歳漁期以降は各群の生残率に差はなく、各群の生残尾数比率 $N_{0,j} / \sum_j N_{0,j}$ は変化しないと考えれば、

1歳漁期における各群の相対的な標識発見率は、

$$\hat{DR}_{1,j} = Nd_{1,j} / N_{0,j} / \sum_j N_{0,j} \quad (j=E, F, G)$$

となる。各群の $\hat{DR}_{1,j}$ を任意の群の値で除すと、その群

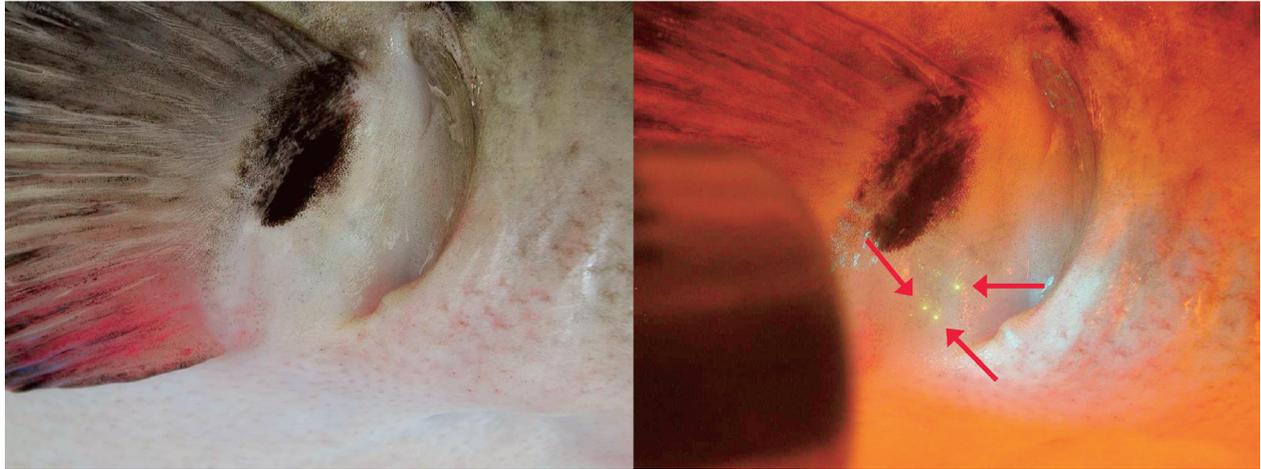


写真4. ライトとサングラスの使用で確認可能な標識の状態（蛍光黄色）

の発見率を1とした場合の相対値に変換される。

装着（注入）状態の観察 0歳および1歳魚のサンプルを購入し、標識の残存状態が低下したA', B, C個体を中心とした解剖観察を実施した。サンプルは、2001年10～12月に浜名湖内で漁獲された0歳魚と、2001年10月～2002年2月に遠州灘で漁獲された1歳魚である。0歳魚については、LEDライトの有効性試験に使用した蛍光I, II群の購入サンプルを共用した。1歳魚は2000年放流群全体を対象として、イラストマー標識が確認できた個体と、標識は確認できないが尾鰭変形や鼻孔隔皮欠損が確認でき、イラストマー標識が埋没している可能性が高いと思われる個体を中心に購入した。

装着器具の改良 イラストマー標識の装着には、NMT社製のエアージェクターを用いるのが効率的と考えられるが、大量標識作業によって付属する純正シリンジ、針、プランジャー（ピストン）に不具合が生じたため、これらの器具の改良を行った。ここでは、器具の良好な作動状態が得られるまでの作業経過を主に記述した。

作業能率と必要経費 NMT社のエアージェクターを使用した2000年、2001年の主な標識装着作業を対象として、作業員一人が1時間あたりに標識を装着した尾数を算出し、これを作業能率（尾/時/人）とした。また、イラストマー標識が標識材あるいは製品としてではなく、エアージェクターの作動回数として販売されているという特殊性を考慮して、この標識を導入するために必要な経費を算出した。

結 果

LEDライトによる発見率向上効果の検討 蛍光I群は125尾、蛍光II群は116尾を抽出して放流時の装着状態を確認した結果、蛍光I群ではA:A':B:C = 75.2 (94尾) : 14.4 (18) : 10.4 (13) : 0 (0)、蛍光II群では

96.6 (112尾) : 0 (0) : 3.4 (4) : 0 (0)であった。いずれもAが大部分を占めており、標識の脱落個体は確認されなかった。一方、放流後3～5か月目に当たる0歳漁期のサンプル289個体からは、蛍光I群38尾、蛍光II群30尾が発見され、標識の脱落個体は確認できなかった。これらの保持状態は、蛍光I群が42.1 (16尾) : 42.1 (16) : 15.8 (6) : 0 (0)、蛍光II群が3.3 (1尾) : 73.3 (22) : 23.3 (7) : 0 (0)となり、ライトを使わずに確認できるAの比率は蛍光I群で42.1%、蛍光II群では3.3%まで低下した。両群の低下状況の差が標識色に起因するのか、その他の原因によるのかは現段階では不明であるが、ライトを使用しない条件では、短期間のうちに著しく発見率が低下する可能性があると考えられた(図3)。

有効な装着部位と標識色（蛍光、非蛍光）の検討 0歳漁期のサンプルとして、愛知県豊浜市場に水揚げされた68尾を確保した。目視では基部/蛍光群が2尾確認され、さらに解剖によって下部/蛍光群1尾、下部/非蛍光群6尾が追加確認された(表3)。標識魚の確認尾数は計9尾と少ないが、この時点での標識発見率は、胸鰭下部に装着した2群が0%、基部/蛍光群は100%となった。サンプル中の尾数比率は基部/蛍光:下部/蛍光:下部/非蛍光 = 22.2 (2尾) : 11.1 (1) : 66.7 (6)となり、放流尾数の比率16.1 (10,000尾) : 28.4 (17,665) : 55.5 (34,455)に近い値となった(表3)。

1歳魚の市場調査では合計11,847尾について標識の有無を確認し、基部/蛍光群76尾、下部/蛍光群4尾の計80尾を発見した。下部/非蛍光群は全く確認されなかったが、参考とした基部/非蛍光群は10尾が確認された(表3)。1歳漁期における3群の発見尾数の比率は、基部/蛍光:下部/蛍光:下部/非蛍光 = 95.0 (76尾) : 5.0 (4) : 0 (0)となった。発見個体が最も多かった基部/蛍光群を100とした場合の各群の相対的な発見率は、下部/蛍光群が3.0、下部/非蛍光群は0と推定

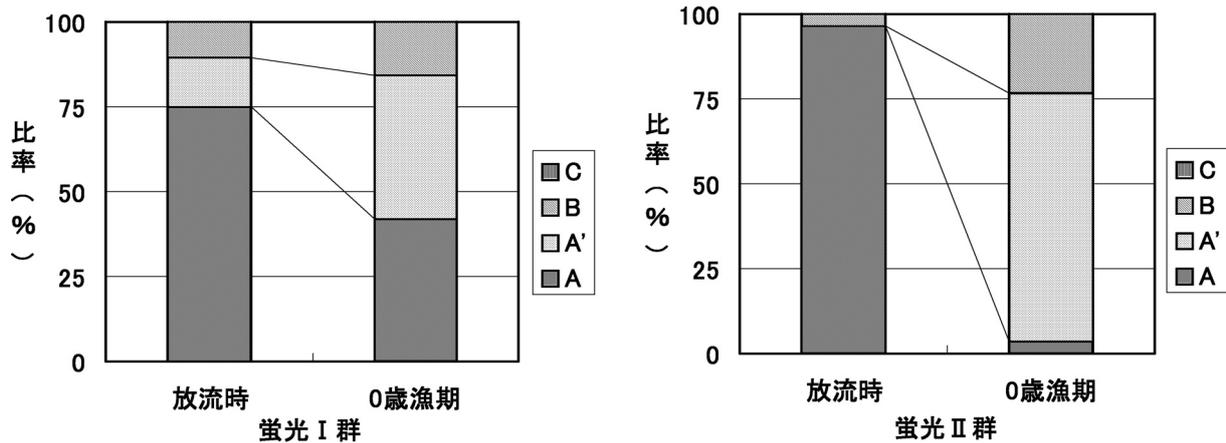


図3. 放流時と0歳漁獲加入後の標識の状態の変化

される(表3)。なお、基部/非蛍光群の添加効率を他の3群(伊勢湾海域への放流群)と同程度と仮定すると、基部/非蛍光群の発見率は6.3となり、胸鰭下部に装着した2群より高い値となった(表3)。

装着(注入)状態の観察 0歳魚289尾, 1歳魚46尾についてイラストマー標識の装着状態を観察した。A'およびBの皮下の標識の状態は、イラストマーの量が多いのに表皮直下ではなく筋肉中に注入されている場合と、表皮直下に注入されているもののイラストマーの量が少ない場合が多くを占めていた。0歳魚のサンプルからは、細かく散ったイラストマーが胸鰭基部に点在している個体が確認された。これは、表皮直下に表皮が極端に膨らむほどの大量のイラストマーを注入した結果、その後の移槽などのハンドリングにより表皮が擦り切れ、標識の中心部分のみが脱落した痕であることが分かった。

装着器具の改良 作業初年である2000年は、エアーインジェクターに付属する純正シリンジ, 針, プランジャー(ピストン)を用いて標識装着作業を行ったが(写真5), 作業中, ほぼ全てのシリンジで針が目詰まりし, 標識が打てなくなるトラブルが発生した。針が細過ぎて標識の装着に時間が掛かり, 標識が硬化してしまうことが原因であることが分かったが, 純正の針はシリンジと一

体になっていて, 針だけを交換できない。そこで2001年の作業では, シリンジ自体をテルモ社製のツベルクリン用1mlに変更し, 同じくテルモ社製の26G×1/2"(外径0.45mm, 内径0.27mm, 長さ13mm)の注射針を用いた結果(写真5), イラストマー標識の目詰まりは全く起こらなくなった。なお, これより太い25G×5/8"(外径0.50mm, 内径0.32mm, 長さ16mm)の針を用いると, 注入したイラストマーが硬化する前に針を刺した穴から流出する場面が見られた。

一方, テルモ社製シリンジを用いると, シリンジの内径が若干太くなるため, 純正のプランジャーはそのままでは使用できない。対処として, イラストマー標識の手动装着キットに付属するシリンジのパッキンを装着できるようプランジャーを改良した結果(写真5), 作業上のトラブルはほとんどなくなった。

作業能率と必要経費 各県・各機関がエアーインジェクターを用いてそれぞれの装着部位に7千~3万5千尾(平均全長42.4~81.1mm)の標識付け作業を行った際の平均的な作業能率は101~208尾/時/人, 平均155尾/時/人であった(表4)。

エアーインジェクターを使用する場合の標識の価格は, イラストマー標識材の使用量ではなく, エアーインジェクターの作動回数で決まるシステムとなっている。

表3. 装着部位と標識色(蛍光/非蛍光)が異なる放流群の標識発見率

放流群	放流海域	部位/色の設定	放流尾数(尾)	放流尾数比率(%)	0歳漁期の標識魚確認尾数(尾)		0歳漁期の標識発見率 $\hat{D}_{0,j}$	0歳漁期の生残尾数比率 $N_{0,j} / \sum_j N_{0,j}$ (%)	1歳漁期の標識魚確認尾数(尾)	1歳漁期の相対的な標識発見率 $\widehat{DR}_{1,j}$ (%)
					目視で確認	解剖で確認				
00-F	伊勢湾	基部/蛍光	10,000	16.1	2	0	100	22.2	76	100
00-G	伊勢湾	下部/蛍光	17,665	28.4	0	1	0	11.1	4	3.0
00-E	伊勢湾	下部/非蛍光	34,455	55.5	0	6	0	66.7	0	0
00-D	遠州灘	基部/非蛍光	21,000	-	-	-	-	-	10	6.3*

* 添加効率を他の3群と同じレベルと仮定した場合の標識発見率の試算値



写真5. 使用したシリンジ、針、プランジャー
(上:2000年, 中:2001年, 下:2002年)

表4. エアーインジェクター使用時の作業能率

放流群	標識尾数 (尾)	平均全長 (mm)	作業能率 (尾/時/人)
00 - A	9,683	76.4	101
00 - C	12,791	79.2	208
00 - E	34,455	52.0	150
00 - G	17,665	69.2	134
00 - H	21,492	42.4	199
01 - J	18,587	58.4	133
01 - K	6,562	81.1	169
01 - L	7,638	81.1	169
01 - N	19,206	68.3	139
01 - O	35,073	55.6	150
平均			155

具体的には、トークンと呼ばれるクレジットを事前にNMT社から購入し、これをエアーインジェクターに読み込ませることで支払金額相当の作動回数が得られる。イラストマー標識とその硬化剤、シリンジ等の消耗品を全て含んだトークンの価格は、年により変動するが9～13円/回であった。一方、実際の作業では動作確認などのメンテナンスで生じる空打ちや、誤作動、標識の打ち損じ等が発生するため、標識装着尾数とエアーインジェクターの作動回数は必ずしも一致しない。2001年の静岡県における作業の結果、26,946尾の標識装着尾数に対し、エアーインジェクターの作動回数はその約1.07倍の28,722回となった。よって、種苗1尾あたりの装着コストは、トークンの価格の約1.1倍の約15円となった。なお、エアーインジェクターの価格は2000年の時点で1台約70万円であり、大きな設備投資が必要である。本調査では各県・各機関が数台ずつ購入し、互いに融通しながら利用しているので、単純に一尾あたり単価に置き換えることが難しく、今回の計算には含めないこととした。

考 察

標識の発見率および持続性の向上 イラストマー標識の保持状態の変化を追跡した結果、Aの比率は放流後数か月で低下していたことから(図3)、この標識を用いた市場調査では、ライトを用いないと発見率が大幅に低下する可能性があると考えられた。併用したサングラスの効果については具体的に検討していないが、使用すると標識の発光がより鮮明に見えるので、発見率の向上にプラスの効果はあると考えられる。標識色の検討において蛍光色の視認性が非蛍光色に優っていたのは、ライトとサングラスの使用を前提としたことも一因と考えられる。実用的には蛍光色が有効な標識色と考えられたため、本共同調査では2年目以降に非蛍光色の使用を取り止めている(表1)。

装着部位の検討では、基部/非蛍光色群が他の3群と比較できなかったが、その後の調査から、伊勢湾に放流された群は、遠州灘や駿河湾、熊野灘等へ放流された群よりも回収率が高い、即ち添加効率が高いと推定された⁸⁾。従って、遠州灘の馬込川河口に放流された基部/非蛍光色群の添加効率は、伊勢湾に放流された3群より低いと考えるのが妥当であり、参考値として表示した基部/非蛍光群の標識発見率は6.3(表3)よりさらに高いと考えられる。これらの結果から、蛍光色、非蛍光色ともに、標識の発見率は胸鰭基部の装着群が下部より優れていたと判断される。なお、頭部に標識を装着した群は、早期に識別困難となったため検討対象とはしなかった。

標識の皮下の状態を解剖観察した結果、注入されたイラストマーが微量でも、表皮直下に注入されていれば写真2の様にライトとサングラスを使用することで確認できるが、筋肉内に入った場合は、注入したイラストマーの量に関係なく、ライトとサングラスを使用しても確認が難しくなることが分かった。また、表皮が極端に膨らむほどの多量のイラストマーを注入すると、表皮の破損による脱落が起きることも確認された。イラストマー標識の注入は、表皮直下に、表皮が極端に膨らまない程度の量(写真6)が目安と考えられる。

装着方法の改善および装着能率 イラストマー標識による大量標識作業では、エアーインジェクターの使用は必須と考えられるが、システムに含まれる純正機器では正常に作業を行えない状況であった。根本的な原因は純正の注射針が細過ぎる点にあり、本報告で扱ったトラフグ種苗では、針の太さは26Gが最適と判断された。なお、エアーインジェクターは北米の定格電圧120Vの仕様なので、日本の定格電圧100Vで使用すると「パワーダウン」というエラーが発生し易くなる。あらかじめ変圧器を用意して、電圧を115～120V程度に上げて使用した方がよい。



写真6. イラストマー標識の適正な注入量（左：適正，右：注入過多）

標識の作業能率は、作業人員の習熟度や種苗のサイズ、施設の違い（陸上中間育成か、海上小割生け簀での中間育成か等）によっても異なるが、クロソイの鱗抜去標識やヒラメの焼印標識の350～360尾/時/人*に比べて作業能率は約半分であった（表4）。この標識の作業能率は機械トラブルや標識材の補充効率に依存する部分が大いなので、これらの解決が作業能率を向上させる上で重要と考えられる。また、今回の試験では胸鰭基部への装着可能な最小サイズの検討は特に行っていないが、平均全長42.4 mmの00-H群では胸鰭基部への装着が難しかったために頭部へ装着したことや、01-O群は平均全長55.6 mmの種苗の胸鰭基部へ装着していることなどから（表1）、胸鰭基部への装着可能な最小サイズは全長50 mm前後と考えられた。

他の標識方法との比較 これまでに市場調査法で成果をあげた標識は、ヒラメの無眼側黒化⁹⁾やマダイの鼻孔隔皮欠損¹⁰⁾に代表される放流魚特有の形質を利用するものと、クロソイの腹鰭抜去¹¹⁾やクルマエビの尾肢切除¹²⁾に代表される体部分標識にほぼ限られ、放流群の識別は前者では困難、後者でも2群が限界であった。これらと比較して、イラストマーの標識色による群識別能力は特筆すべき性能と考えられる。本検討によって非蛍光色は発見率が低下しやすいと考えられたが、少なくとも蛍光色は有効であり、これを市場調査で確認できるという長所には変わりはない。使用に際しては前述したような技術面での注意が必要であるが、本報告によって標識色や装着器具など、ある程度の使用条件は整理されたと考えられる。また、経費面では、1尾あたりの装着経費はアンカータグに代表される装着型の外部標識とほぼ同じと考えられるが、大量標識を行う場合はエアージェクターが必要と考えられ、これに係る設備投資が負担になると予想される。機器の融通など連携体制の構築が必要と考えられる。

本報告では、イラストマー標識の視認性を確保して発見率を高めるための方法論を紹介したが、標識の見落としによる回収率の過小推定の可能性は残されている。こ

の問題については、別途検討されている¹³⁾。

謝 辞

標識作業にご協力いただいた静岡県、愛知県、三重県、南伊豆栽培漁業センター、静岡県温水利用研究センター、三重県栽培漁業センター、三重県尾鷲栽培漁業センター、浜名漁業協同組合、地頭方漁業協同組合、豊浜漁業協同組合、日間賀島漁業協同組合、篠島漁業協同組合の職員、臨時職員および漁業者の皆様、市場調査およびサンプルの入手にご協力いただいた浜名漁業協同組合、遠州漁業協同組合、御前崎漁業協同組合、地頭方漁業協同組合、焼津漁業協同組合、豊浜漁業協同組合の市場関係者および漁業者の皆様へ感謝する。また、本稿をまとめるにあたり、貴重なご意見を頂いた三重県科学技術振興センター水産研究部中島博司総括研究員、愛知県水産試験場漁業生産研究所甲斐正信主任研究員、静岡県水産試験場浜名湖分場小泉康二主任研究員に深謝する。なお、本研究は水産庁資源増大技術開発事業（回帰型回遊性種グループ）の一環として実施した。

文 献

- 1) 水産庁・社団法人日本栽培漁業協会(1988)昭和61年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国). 401pp.
- 2) 静岡県水産試験場(1992)平成3年度事業報告. 75-84
- 3) 宮木廉夫・新山 洋・安元 進・池田義弘・多部田修(1997)トラフグ *Takifugu rubripes* 幼魚におけるイラストマー蛍光標識の有効性について. 長崎水試研報, **23**, 27-29.
- 4) 崔美 敬・山崎文雄(1996)イラストマー蛍光タグによるサクラマス幼稚魚の標識法について. 水産育種, **23**, 41-50.
- 5) 長崎県(1995)平成6年度重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書(エビグループ). 長1-長24.
- 6) 井口雅陽・五十嵐隆(2000)イラストマータグによるクルマエビの標識. 山形水産研報, **1**, 7-10.
- 7) 須田 明(1989)栽培漁業技術についての考え方. 栽培資源調査検討資料, **1**, 18pp.
- 8) 静岡県・愛知県・三重県(2003)平成14年度資源増大技術

* 「市場調査を中心とした放流効果解析手法に関する実技研修会」講義資料

- 開発事業報告書回帰型回遊性種（トラフグ）、静岡県・愛知県・三重県共通。
- 9) 岩本明雄・大河内裕之・津崎龍雄・福永辰広・北田修一 (1998) 魚市場の全数調査に基づく宮古湾のヒラメ種苗放流効果の推定. 日水誌, **64**, 830-840.
- 10) 山崎明人 (1998) マダイにおける胸鰭変形および鼻孔隔皮欠損による人工種苗放流魚と天然魚識別の有用性. 栽培技研, **26**, 61-65.
- 11) 中川雅弘・大河内裕之 (2001) 水槽実験によるクロソイ小型種苗の腹鰭拔去標識の有効性. 栽培技研, **29**, 9-11.
- 12) 谷田圭亮・池脇義弘・青山英一郎・奥山芳生・野坂元道・藤原宗弘 (2003) 瀬戸内海東部海域におけるクルマエビの放流効果. 栽培技研, **31**, 31-34.
- 13) 大河内裕之・町田雅春・田中寿臣・小泉康二・阿知波英明・甲斐正信・中西尚文・中島博司 (2006) トラフグの長期飼育試験から推定したイラストマー標識の脱落率とその補正法. 栽培技研, **34**, 53-58.

トラフグの長期飼育試験から推定した イラストマー標識の脱落率とその補正法

大河内裕之^{*1}・町田雅春^{*2}・田中寿臣^{*3}・小泉康二^{*4}
阿知波英明^{*5}・甲斐正信^{*6}・中西尚文^{*7}・中島博司^{*8}

Shedding rates for Elastomer-Marking on Ocellate Puffer, *Takifugu rubripes*,
estimated through long-term rearing experiments and correction methods

Hiroyuki OKOUCHI, Masaharu MACHIDA, Toshiomi TANAKA, Koji KOIZUMI,
Hideaki ACHIHA, Masanobu KAI, Naofumi NAKANISHI and Hiroshi NAKAJIMA

We examined correcting methods of return rate, which had been underestimated because of the shedding of elastomer marking performed on released ocellate puffer (*Takifugu rubripes*) juveniles, using rearing experiments. We observed the retention conditions of elastomer marking for three years after marking. It was seen that the retention rate of marking under initial excellent conditions is high, and we have found that there is a remarkable decrease in the opposite case. We assumed five cases of initial conditions of marking and calculated the correction rate of each case. In each case where initial conditions were good, correction of return rate would not be required in three years after marking. However, where it was poor, a 2.3-fold rate of correction was necessary.

2006年8月7日受理

放流効果を把握するには放流魚に標識を付け、天然魚と区別できるようにしておく必要がある。これまでに開発された標識は、装着型の外部標識（アンカータグ、ダートタグ等）を始めとして、埋め込み型の内部標識（金線標識、コードットワイヤータグ等）、染色型の内部標識（アリザリンコンプレクソン等）、体部分標識（鰭の切除・抜去、焼印標識等）、さらには人工種苗に特有の形態や色素を利用する方法など様々なタイプと種類に及んでいる¹⁾。しかし、これらの標識には視認性や持続性などの性能に一長一短があり、あらゆる目的に適合する万能標識は存在しない。従って、魚種や調査目的に応じて

必要な標識を選択する必要がある²⁾。

2000年から始まった東海三県（静岡県、愛知県、三重県）のトラフグ共同放流調査は、各県が放流したトラフグの移出入を市場調査によって定量的に把握することを目的としている。使用する標識には、市場で識別可能な視認性、定量評価に必要な持続性に加え、複数の放流群を識別する性能が必要である。イラストマー標識（米国 Northwest Marine Technology Inc., 以下 NMT 社）は、着色シリコンを皮下に注入して外部から識別する標識であり、豊富なカラーバリエーションによる群識別性能に優れた標識としてこの共同調査に導入された。しかし、

*1 独立行政法人水産総合研究センター宮古栽培漁業センター 〒027-0097 岩手県宮古市崎山 4-9-1 (FRA National Center for Stock Enhancement, Miyako Station, 4-9-1 Sakiyama Miyako Iwate, 027-0097 Japan).

*2 独立行政法人水産総合研究センター宮津栽培漁業センター 〒626-0052 京都府宮津市小田宿野 1721

*3 静岡県水産試験場 〒425-0033 静岡県焼津市小川汐入 3690

*4 静岡県水産試験場浜名湖分場 〒431-0214 静岡県浜松市舞阪町弁天島 5005-1

*5 愛知県水産試験場 〒443-0021 愛知県蒲郡市三谷町若宮 97

*6 愛知県水産試験場漁業生産研究所 〒470-3412 愛知県知多郡南知多町大字豊浜字豊浦 2-1

*7 三重県科学技術振興センター水産研究部鈴鹿水産研究室 〒510-0243 三重県鈴鹿市白子 1-6277-4

*8 三重県科学技術振興センター水産研究部 〒517-0404 三重県志摩市浜島町大字浜島 3564-3

実際に使用した結果、群識別には有効であったが視認性と持続性に問題があり、見落としや脱落・埋没の発生が確認された。その後の技術改善³⁾によって脱落・埋没の軽減および発見率の向上が図られたが、回収率が過小推定されているとの懸念は払拭されなかった。この偏りを除くためにはイラストマー標識の脱落率を把握し、既に得られた、あるいは今後得られる回収率を補正する方法が考えられる。

本研究では、トラフグの長期飼育試験によってイラストマー標識の保持状態の変化を経時的に把握し、標識の脱落によって生じる回収率の過少推定分を補正する方法を検討した。

材料と方法

飼育魚および標識の装着 飼育試験に用いたトラフグ種苗は、2002年4～7月にかけて(独)水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター(以下、南伊豆栽セ)で種苗生産され、同年7月29日～8月2日に平均体長94.0 mmでイラストマー標識を装着した2002年度伊勢湾放流群の一部である。標識作業には5日間で延べ63人が参加し、蛍光の赤色イラストマーを2.1万尾、蛍光の黄色イラストマーを1.7万尾、計3.8万尾に装着した。標識の装着部位は、視認性が最も高いと考えられる胸鰭基部(図1)である³⁾。

飼育期間と飼育尾数 飼育期間は、標識の装着を完了した7日後の2002年8月9日から2005年7月7日の35ヵ月間である。開始時の平均体長は93.6 ± 6.3 mm、飼育尾数は蛍光の赤色を装着した群(以下、Red)が129尾、蛍光の黄色を装着した群(以下、Yellow)が125尾である。これら全数の背部筋肉中にピットタグを打ち込み個体識別した上で、南伊豆栽セの角形RC 50 kl水槽2面に標識色別に収容して飼育を開始した。

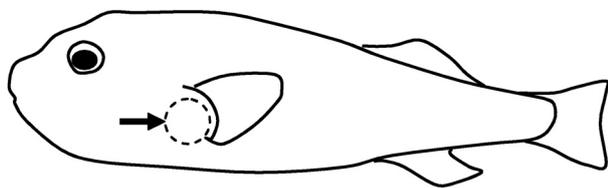


図1. イラストマー標識の装着部位(胸鰭基部)

標識の装着状態および保持状態の観察 飼育開始時に1回目の観察を実施し、これを標識の装着状態(放流前の状態に相当)とした。以降は、2004年9月までの25ヵ月間はおよそ2ヵ月間隔で12回、35ヵ月目(試験終了時)に1回の計13回の観察を実施し、この結果を標識の保持状態(市場調査時の状態に相当)とした。装着状態および保持状態は個体別に記録した。これらの観察は基本的には南伊豆栽セの職員が実施したが、試験開始時、試験開始後1, 7, 13, 19, 25ヵ月目および試験終了時については静岡、愛知、三重の3県の担当者が参加し、観察基準等を確認しながら実施した。

標識の装着状態はA, A', B, Cの4段階で、保持状態はa, b, cの3段階で評価した(表1)。装着状態のA'およびBの確認に用いたLEDライト(以下、ライト)はNMT社が開発したもので、蛍光色の確認に効果がある³⁾。実際の市場調査では常時ライトを使用しており、AおよびA'は区別されないの、保持状態の評価はこれらをまとめてaランクとした。なお、試験途中で死亡した個体については直前の観察結果を記録した。

脱落補正の基準月 本共同放流調査の対象海域である伊勢湾および遠州灘を中心とする東海海域では、トラフグの主漁期は9月下旬から始まり、12月～翌年2月頃まで継続する。本研究では漁期単位の脱落補正を念頭に置き、各年齢の9月時点の保持状態をその後続く漁期全体の補正率に反映させることとした。従って、0歳漁期の補正率は標識装着後1ヵ月目の保持状態から、1歳漁期は13ヵ月目、2歳漁期は25ヵ月目の保持状態からそれぞれ推定した。3歳漁期は試験を終了した7月(35ヵ月目)の保持状態から推定した。

死亡個体における標識保持状態の推定 本試験では、結果で述べるように4ヵ月目以降に急激な生残率の低下がみられ、生残個体から十分なデータが得られるのは標識後1ヵ月目のみとなった。補正データを得る13, 25, 35ヵ月目の保持状態を推定するには、途中で死亡した個体の観察データも利用する必要があると考えられた。そこで、ある時点で観察された保持状態が、その後改善される(再び見易くなる)ことはないという前提で、12ヵ月以内に死亡した個体については死亡時期に関係なく、死亡直前の観察結果をそのまま13ヵ月目の保持状態とした。14→24ヵ月の期間中の死亡個体についても、同じ方法で25ヵ月目の保持状態を推定した。

死亡個体の観察データは、本来は死亡後初めての基準

表1. 標識の装着状態および保持状態の評価基準

装着状態	保持状態	評価基準
A	a	自然光で容易に確認できる
A'		自然光では確認できないが、ライトを当てれば容易に確認できる
B	b	ライトを当てればかろうじて確認できる
C	c	確認不可能

月の保持状態を推定するに止めるべきである。しかし、後述するように、本試験では保持状態の低下が顕著な個体が飼育初期に死亡しているため、これらのデータを除外すると2歳以降の漁期で保持状態が改善される逆転現象が起きる。また、13ヵ月目の保持状態を固定し、2歳および3歳漁期まで変化しないと仮定すると、脱落率は大幅に過小推定される。そこで、13ヵ月目以前に死亡し、14→25ヵ月の観察データが全くない個体群に関しては、この期間の生残個体と同じ比率でランクの変化があったとみなし、2歳および3歳漁期の保持状態を推定することとした。例えば、13ヵ月目でaランクだった生残個体のうち、25ヵ月目にaランクを維持した個体、bあるいはcランクに低下した個体の尾数比率をそれぞれ求め、これを13ヵ月目に同ランクだった死亡個体の尾数に乗じて25ヵ月目の保持状態（ランク別尾数）を推定した。同様にbランクについても生残個体のb、cランクへの変化率を求めて推定した。25→35ヵ月の保持状態の変化も同様に推定した。

以上の2通りの手順で、全ての死亡個体の標識保持状態を35ヵ月目まで推定した。

標識脱落率および補正率の推定 イラストマー標識の脱落率は、習熟した職員が確実に胸鰭基部に打ち込む場合と、不慣れた者が作業する場合とで大きく異なる。従って、本飼育試験から得られた脱落率を、異なる条件で標識付けされた他の放流群にそのまま当てはめるのは適当ではない。これまでの大量標識作業を通して、作業者の技術の差が初期の装着状態に現れることが確認されているので、これを指標とした補正方法が実用的と考えられる。

まず、標識の装着状態によって飼育魚をA、A'、B、Cの4つのグループに分け、それぞれについて各年齢漁期における保持状態a、b、cランクの尾数を求める。cランクを標識脱落尾数として、 i 歳漁期($i=0, 1, 2, 3$)における各グループの標識脱落率 \hat{S}_{ij} は、

$$\hat{S}_{ij} = \frac{N_{ij}^{(c)}}{N_j} \quad (j=A, A', B, C) \quad (1)$$

と表せる。ここで、

N_j : グループjの合計尾数

$N_{ij}^{(c)}$: グループjのうち、 i 歳漁期の保持状態がcランクであった尾数

である。なお、 $\hat{S}_{ic} = 1$ である。

i 歳における放流群全体の標識脱落率 S_i は、標識の装着状態により変動する。即ち、AやA'の尾数が多ければ脱落率は低く、逆にB、Cが多ければ高くなると予想される。 S_i に装着状態を反映させるために、(1)式で推定した各グループの年齢別脱落率 \hat{S}_{ij} を、放流群全体に占めるそれぞれのグループの尾数の比率 p_j ($\sum p_j = 1$)で加重して合計し、

$$\hat{S}_i = \sum_j \hat{p}_j \cdot \hat{S}_{ij} \quad (i=0, 1, 2, 3) \quad (2)$$

として推定する。なお、標識色により差が生じることも考えられるので、RedとYellowは別々に脱落率を推定する。

標識の脱落によって過小推定された年齢別回収尾数 Y_i を、(2)式で求めた i 歳漁期の標識脱落率の推定量 \hat{S}_i を用いて補正する。即ち、

$$\hat{Y}_{i,correct} = \frac{\hat{Y}_i}{(1-\hat{S}_i)} \quad (3)$$

ここで、 $\hat{Y}_{i,correct}$ は補正された回収尾数である。補正率は $1/(1-\hat{S}_i)$ であり、脱落率が高いほど大きくなる。

結 果

飼育魚の生残と成長 標識後3ヵ月までは順調な飼育状態であったが、これ以降に死亡が増加し、13ヵ月までの生残率はRedが38.8%、Yellowが32.8%まで低下した。その後も死亡が継続し、25ヵ月目の生残尾数(生残率)は、Redが16尾(12.4%)、Yellowが20尾(16.0%)となった(図2)。主な死亡原因は夏季から秋季に発生した口白症と呼ばれる疾病である。生残率はともに低かったが、群間に差はみられなかった($p=0.42$)。

飼育魚の平均体長/体重は、試験開始後1ヵ月では112 mm/52 g、13ヵ月では288 mm/737 g、25ヵ月では346 mm/1,050 g、35ヵ月では382 mm/1,836 gであった。これらを全長に読み替えると25ヵ月で410 mm、35ヵ月では450 mmとなり、本海域の天然魚⁴⁾と比較して35ヵ月(3歳)で3 cm程度小型であったものの、25ヵ月(2歳)までは遜色のない成長であった。各群の成長もほぼ一致していた。

標識の装着状態および保持状態 イラストマー標識の装着状態は、RedがA:A':B:C=98:22:7:2(尾)≐76:17:5:2(%), Yellowは56:58:11:0(尾)≐

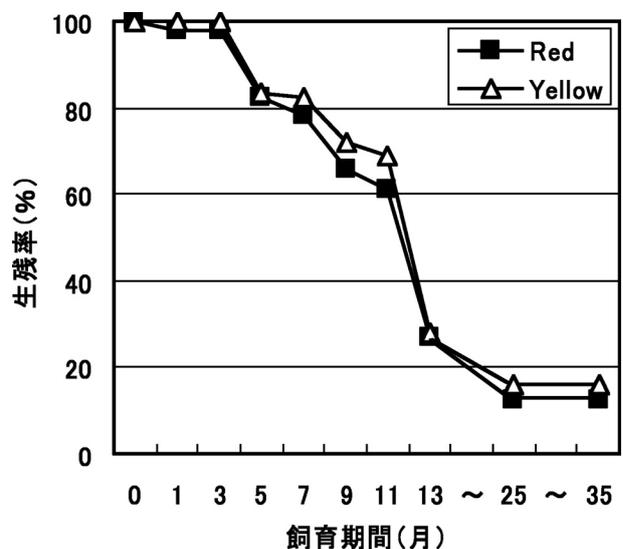


図2. トラフグ飼育群の生残率の推移

表 2. 飼育群の装着状態および保持状態の推移

飼育群	装着状態	尾数	保持状態	尾数			
				1 ヶ月	13 ヶ月	25 ヶ月	35 ヶ月
Red	A	98	a	98	94	93	92
			b	0	3	1	2
			c	0	1*	4	4
	A'	22	a	21	19	13	7
B	7	b	7	6	0	0	
		c	0	1	7	7	
C	2	c	2	2	2	2	
Yellow	A	56	a	56	51	49	49
			b	0	5	2	2
			c	0	0	5	5
	A'	58	a	57	43	39	24
			b	0	11	4	14
			c	1*	4	15	20
	B	11	b	11	10	0	0
			c	0	1	11	11
C	0	c	0	0	0	0	

* 確認作業のハンドリングによって標識が脱落したと考えられる個体

45 : 46 : 9 : 0 (%) であった (表 2)。B, C ランクは共に少なかったが, Red と比較して Yellow は A' の比率が高く, 装着状態が劣っていたと判断される。

標識色に着目して保持状態の推移を見ると, 標識後 1 ヶ月目では, Red, Yellow とともに初めの状態をほぼ維持しており, 保持状態のランクが低下したのは各区とも 1 尾のみであった。しかし, 1 → 13 ヶ月目にランクが低下した個体は Red が 7 尾なのに対して Yellow が 20 尾と多く, 同様に 13 → 25 ヶ月でも Red の 19 尾に対して Yellow が 32 尾, 25 → 35 ヶ月でも Red が 7 尾なのに対して Yellow では 15 尾のランク低下がみられた (表 2)。なお, 飼育中に保持状態が改善された (ランクが上がった) 個体は確認されなかった。

13 ヶ月目の保持状態が b, c ランクとなった個体の尾数比率は, この時点での生残個体群では Red : 0%, Yellow : 14.2% であったのに対し, 既に死亡していた個体群は Red : 14.4%, Yellow : 26.9% と明らかに高かった。

表 3. 推定された標識色別・装着状態別の標識脱落率

標識色	装着状態	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳
蛍光赤	A	0.0	0.0*	4.1	4.1
	A'	0.0	0.0	13.6	13.6
	B	0.0	14.3	100.0	100.0
	C	100.0	100.0	100.0	100.0
蛍光黄	A	0.0	0.0	8.9	8.9
	A'	0.0*	6.9	25.9	62.0
	B	0.0	9.1	100.0	100.0
	C	100.0	100.0	100.0	100.0

* ハンドリングによる脱落個体を除外した比率

た。これは, 装着状態が悪化した個体に偏って死亡が発生したことを示しており, 死亡個体の保持状態のデータを使用しないと, 脱落率は過小推定されると考えられた。

装着状態 (グループ) 別の脱落率 A グループの脱落率は Red, Yellow とともに低く, 3 歳漁期でも 10% 未満と推定されたが, A' では脱落率に差が生じ, Red は 3 歳でも 13.6% だったのに対して Yellow は 2 歳で 25.9%, 3 歳では 62.0% まで上昇した (表 3)。B グループの脱落率は, 標識色に関係なく 2 歳までに全て 100% となった。C グループは作業ミスによる標識の付け忘れや標識直後の脱落個体と考えられ, 脱落率は飼育期間を通して 100% であった。

補正率の推定 グループ別標識脱落率 (表 3) から補正率を推定するには, 各グループの尾数比率 p_i を与える必要がある。そこで, C グループの比率をゼロと置き, A, A', B の各グループの比率を任意に与えて 5 つのケースを想定した (表 4)。Case 1 は全て A の場合で最も装着状態がよい。Case 2 ~ 4 では $A \geq A'$, $A \geq B$ の関係を保ちつつ, 徐々に A' と B の比率を高くした。Case 5 では 3 つのグループを等比率とした。なお, Case 2 は飼育実験の Red に, Case 4 は Yellow にそれぞれ近い設定となっている。

推定された補正率は, 標識色および Case に関係なく 1 歳漁期までは低く推移し, 2 歳漁期以降に高くなった (図 3, 4)。蛍光赤色の補正率は, Case 1, 2 では 3 歳漁期でも 1.04, 1.06 倍と非常に低かったが, Case 3, 4 では 1.37, 1.65 倍まで上昇した。一方, 蛍光黄色の補正率は

表 4. 補正率の試算に用いた標識の装着状態

ケース	装着状態の比率 (%)			
	A	A'	B	C
Case 1	100	0	0	0
Case 2	80	20	0	0
Case 3	60	30	10	0
Case 4	40	40	20	0
Case 5	33	33	33	0

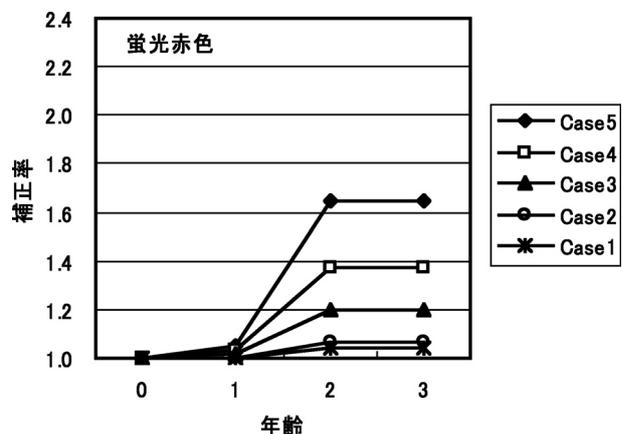


図 3. イラストマー標識の脱落補正率 (蛍光赤色)

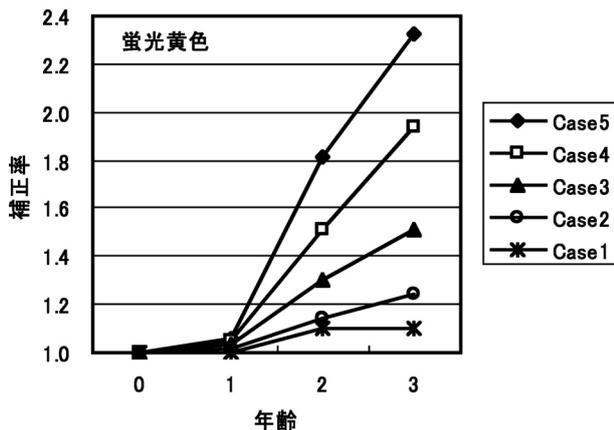


図 4. イラストマー標識の脱落補正率 (蛍光黄色)

は赤色に比べて全般に高く、2歳漁期で1.10～1.82、3歳漁期では1.10～2.32倍となった。

考 察

標識色による持続性の差 蛍光赤色の補正率は全般に低く、装着状態が良好であれば3歳漁期でも補正が不要な水準であった。これに比べて黄色の補正率は明らかに高く、標識色による持続性の差が明瞭であった。グループ別の観察結果から、両色の保持状態はA'のみで差があり、黄色の保持状態はこのグループが多いほど低下することが分かった。従って、注意深く標識付けを行ってAグループの比率を高めれば、黄色にも赤色と同等の持続性が期待できることになる。一方、飼育群の装着状態は、黄色を装着したYellowが明らかに劣っていた。Red, Yellowともにほぼ同じメンバーが標識付けを行っており、技術的な差はないのに装着状態に差が生じた原因は、作業時の視認性にあると考えられる。ライトを使う市場調査では赤色と黄色の視認性は同等だが、目視のみの装着作業では、黄色のイラストマーは赤色より見づらいために、軽微な打ち損じが多くなる可能性がある。実用的には、黄色の持続性は赤色より劣るという前提で利用する必要があると考えられた。

本共同放流調査では、ここで取り上げた蛍光赤色と黄色の他に、蛍光緑色と蛍光オレンジ色も使用している。この2色に関する長期飼育試験は実施していないが、南伊豆裁セが実施した短期飼育試験の結果(未発表)と、市場で標識魚を確認した3県の担当者の見解は一致しており、緑色とオレンジ色の持続性は黄色に近いと考えられた。このため本共同調査では、この2色の補正には黄色の試験データを用いている。

脱落率の過小推定と実用上の問題 本試験では、生残率の低下による飼育個体数の不足を補うために、途中死亡魚についても、2通りの方法でその後の保持状態の変化を推定した。死亡時の保持状態を次の基準月の状態とした方法では、早い時期に死亡した個体ほど更に脱落が進

行した可能性が残っており、脱落率は明らかに過小推定となるが、生残個体の保持状態と同様の変化があると仮定した方法では、推定結果は両側に振れる可能性があるため偏らないことが期待される。一方、補正率推定の基準月を漁期初めの9月に固定したことで、漁期中の脱落の進行を無視しており、ここでも脱落率は過小推定される可能性を含んでいる。従って、本研究で得られたイラストマー標識の脱落率は、過大推定の危険性は低いものの過小推定されている可能性がある。脱落率の過小推定は放流効果の過小推定をもたらすので、留意が必要である。

脱落補正方法としての合理性 標識の脱落は時間経過に伴って進行するので、これを正確に把握するには、放流群の一部を継続飼育するか、脱落のない他の標識を併用する以外に方法がない。放流群によって脱落率が異なる場合には群ごとに補正する必要が生じ、継続飼育のための負担が増大する。このような問題に対処する1つの手段として、1例ないしは数例の飼育試験データから、装着状態の異なる他の放流群を補正できる本方法は合理的と考えられる。ただし、イラストマー標識はLEDライトという補助器具によって装着状態を詳細に分類でき、これが正確な補正を可能にする重要な要素であったと考えられる。この脱落補正方法を他の標識へ応用する際には、装着状態の評価精度を高める方法を開発する必要がある。

イラストマー標識の性能評価 当海域におけるトラフグ放流魚の回収は、尾数で見れば1歳魚が中心であり、この年齢でのイラストマー標識の持続性は十分に評価できる。しかし、尾数比率は低くとも回収重量や回収金額での貢献が大きい2、3歳魚が過小推定されると、経済効果を見積もる上での影響が大きい。従って、長期的な持続性は十分でなく、定量調査への適用に際しては脱落補正が必要な標識であると判断される。

注意が必要なのは比較放流試験等への適用である。持続性に差がある標識色を用いて比較試験を行うと、再捕尾数に差が生じた、あるいは生じなかった場合の解釈が、各群の移動や生残状況に起因するのか、単に標識の脱落率の差なのか判断できない。この場合も補正を念頭に置くか、同等の持続性を維持できるような標識色、装着方法・確認方法を検討する必要がある。なお、非蛍光色のイラストマー標識は、蛍光色より持続性、視認性が相当劣るので³⁾、利用には更なる注意が必要である。

トラフグ種苗に装着したイラストマー標識は、実際には微細な「点」に過ぎず、決して確認が容易な標識ではない。東海三県のトラフグ共同放流調査では、群識別性能を重視してイラストマー標識を選択し、不足する性能を補うための努力が重ねられた結果³⁾、脱落補正方法の開発も含め、定量調査に利用可能な性能を引き出せたと考えられる。ここでの性能評価は標識の特性を普遍的に表したのではなく、対象魚種や調査目的によって変化

する可能性がある。このことを理解し、イラストマー標識導入の際の参考としていただきたい。

謝 辞

長期の飼育試験を支えて頂いた南伊豆栽培漁業センターの臨時職員の皆様に心から感謝申し上げます。

文 献

1) 北田修一 (2001) 栽培漁業と統計モデル分析. 共立出版, 東京, pp. 103-105.

- 2) 大河内裕之 (2006) 放流効果の調査手法と標識技術. 日本誌, **72**, 450-453.
- 3) 田中寿臣・中西尚文・阿知波英明・町田雅春・大河内裕之 (2006) トラフグ放流効果調査におけるイラストマー標識の適用. 栽培技研, **34**, 43-51.
- 4) 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター (2006) 平成 17 年度 我が国周辺水域の漁業資源評価. 第 3 分冊, 1388-1400.

低水温がイワガキの生残に及ぼす影響について

野呂忠勝^{*1}・武蔵達也^{*1}・井ノ口伸幸^{*1}

Influence of Lower Water Temperature on Survival of the Iwagaki Oyster, *Crassostrea nippona*

Tadakatsu NORO, Tatsuya MUSASHI, and Nobuyuki INOBUCHI

Influence of lower water temperature on survival of the Iwagaki oyster, *Crassostrea nippona*, was examined. Via laboratory examination, it was seen that survival rate of *C. nippona* with an average shell height of less than 40 mm changed at 4°C and was 0 % in for 30 days. In aquaculture site examination, survival rate of *C. nippona* fell only in the site where average shell height was less than 40 mm, and in 2001, when water temperature fell lower than 5°C. Therefore, it was shown that influence of lower water temperature on survival of *C. nippona* with an average shell height of less than 40 mm is significant. It was also postulated that the decline of survival rate of *C. nippona* was due to difference in shell height of an individual, and lower water temperature.

2006年7月3日受理

イワガキ *Crassostrea nippona* は、北海道以南の日本各地に分布する¹⁾大型の二枚貝で、潮間帯下の岩礁域に生息する²⁾。イワガキはマガキ *Crassostrea gigas* と異なり夏場においても食用とされ³⁻⁸⁾、高価で取り引きされることから、日本海沿岸では重要な漁業資源となっている⁴⁻⁷⁾。一方、漁獲サイズ(殻高 90 mm 以上)までに3年以上を要することと天然では資源添加量が少ないと考えられていることから、資源の枯渇が危惧されている^{3,5,9)}。このような状況から近年、養殖対象種としても注目され、日本海沿岸の府県を中心に各地で種苗生産^{3,10-20)}と養殖^{11,17,21-25)}に関する技術開発が進められ、一部事業化が図られている^{11,21,26)}。太平洋側では、岩手県と宮城県で養殖が開始されている^{27,28)}。岩手県では、1999年に岩手県沿岸全域でイワガキの産業規模での生息が確認され²⁹⁾、これを契機に養殖対象種としての期待が一層膨らみ、現在では年間40万個を超える種苗^{*2}を用いて盛んに養殖されている。

岩手県沿岸で増養殖を試みる水産生物の低水温に対する影響の把握は重要である。これは、岩手県沿岸では、津軽暖流が南下し、親潮系冷水、黒潮系暖水が錯綜して分布し、複雑な海況を呈している³⁰⁾ため、各海流の勢

力により、沿岸水温は年により異なり、特に2月から3月に水温が5°C以下になる場合、沿岸水産生物への影響を警戒している³¹⁾ことによる。

そこで、低水温がイワガキの生残に及ぼす影響を検討し、いくつかの知見が得られたので報告する。

材料と方法

以下に示すふたつの試験を行った。

室内試験 室内水槽で低水温の影響について以下の試験で検討した。

1. 試験期間 試験期間は2002年1月7日から5月15日までの128日間である。

2. 試験水槽と飼育管理 図1に示す水槽を室内に設置した。供試個体用カゴの内に供試個体を収容した。この外側に飼育用水槽を設置し、さらにその外側に調温用水槽を設置した。飼育用水槽に飼育用水を貯水し、止水で管理した。飼育用水はろ過海水で、3日に1回、全量交換した。飼育用水を調温するために調温用水槽に調温海水を通水した。飼育中の水温は、後述する冷水処理期間を除いては、3月上旬から7月中旬の平年水温^{*3}の動向

*1 岩手県水産技術センター 〒026-0001 岩手県釜石市大字平田3-75-3 (Iwate Fisheries Technology Center, 3-75-3, Heita, Kamaishi, Iwate, 026-0001 Japan).

*2 平成16年度(社)岩手県栽培漁業協会事業報告書「平成16年度のイワガキ種苗供給実績」から推定

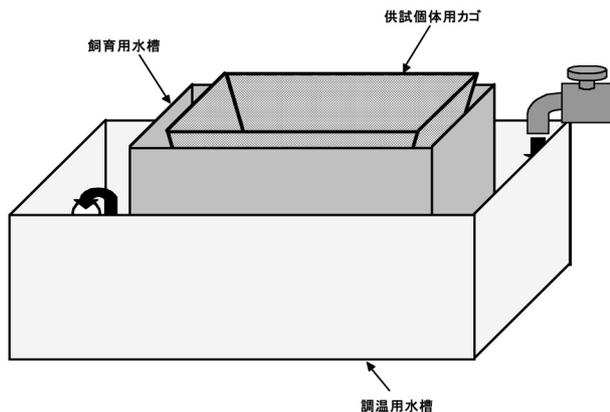


図1. 試験水槽
 供試個体用カゴ：トリカルネット製カゴ (45 cm × 40 cm × 18 cm),
 飼育用水槽：プラスチック製コンテナ (62 cm × 47 cm × 43 cm),
 調温用水槽：アルミ製水槽 (200 cm × 100 cm × 70 cm)

表1. 試験区の設定

群	殻高 (mm)	収容個体数	冷水処理日数	試験区
I	9.75 ± 4.291	25	1	I-1
		25	10	I-10
		25	30	I-30
		25	0	I-0
II	40.89 ± 5.388	16	1	II-1
		16	10	II-10
		16	30	II-30
		16	0	II-0
III	108.11 ± 13.014	12	1	III-1
		12	10	III-10
		12	30	III-30
		12	0	III-0

に合わせ 6.2 ~ 15.6℃ に設定した。餌料には浮遊珪藻 *Chaetoceros* sp.¹²⁾ を用い、飼育用水中の濃度が 10 万 cells/ml となるように設定した。飼育用水の水温は毎日、観測した。

3. 供試個体 供試個体は表1に示すように殻高の大きさ別に3つの群を設定した。すなわち、I群は平均殻高 9.75 mm、II群は 40.89 mm、III群は 108.11 mm である。供試個体用カゴ内の収容個体数は、I群は 25 個体、II群は 16 個体、III群は 12 個体である。

4. 冷水処理 低水温の設定は調温水槽で行い、処理温度は、岩手県沿岸で水産生物への影響を警戒している水温 5℃ 以下³¹⁾ の 4℃ とした。試験開始から 10 日目までは前述した平年水温*³ とし、11 日目から冷水による処理を以下のとおり行った。すなわち、表1に示すように処理期間は、1 日間と 10 日間および 30 日間であり、さらに対照としての 0 日間（無処理）である。

5. 試験区 試験区は表1に示すように各群で冷水処理

期間毎に 4 区ずつの計 12 区設定した。すなわち、供試個体 I 群については、冷水処理 1 日間を I-1 区、冷水処理 10 日間を I-10 区、冷水処理 30 日間を I-30 区とした。さらに、対照として冷水処理 0 日間を I-0 区とした。以下同様に、II 群と III 群についても各 4 区とし、合計で 12 区設定した。

6. 生残率の推定 毎日へい死個体を確認し、計数した。生残率は次式により推定した。

$$\text{生残率 (\%)} = \{(\text{収容個体数} - \text{へい死個体数}) / \text{収容個体数}\} \times 100$$

養殖漁場試験

1. 試験期間 試験期間は 2000 年から 2004 年の間である。

2. 試験漁場 試験漁場は図2に示す岩手県の宮古湾、釜石湾、唐丹湾、吉浜湾、越喜来湾、綾里湾、門之浜湾および広田湾である。

3. 供試個体 供試個体は 1999 年から 2002 年の間に陸上施設で生産した人工種苗である。

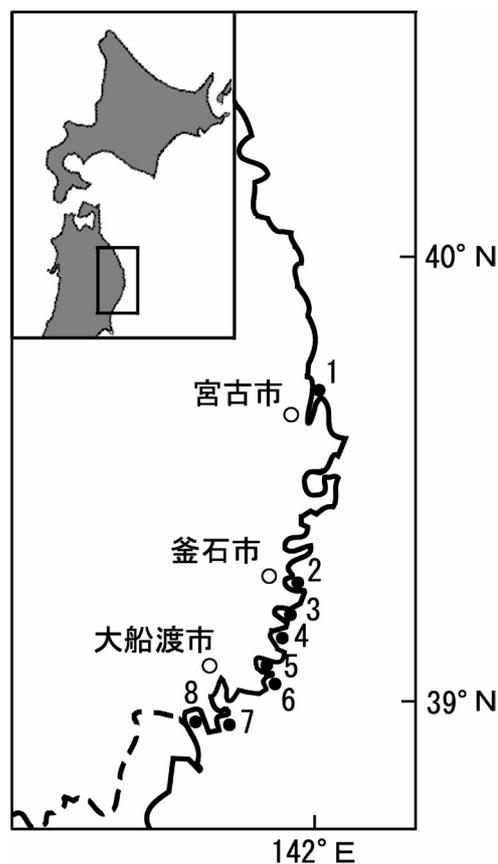


図2. 試験漁場

- 1：宮古湾；宮古市， 2：釜石湾；釜石市，
- 3：唐丹湾；釜石市， 4：吉浜湾；大船渡市，
- 5：越喜来湾；大船渡市， 6：綾里湾；大船渡市，
- 7：門之浜湾；大船渡市， 8：広田湾；陸前高田市

*³ 気象庁仙台管区気象台盛岡気象台宮古測候所観測水温

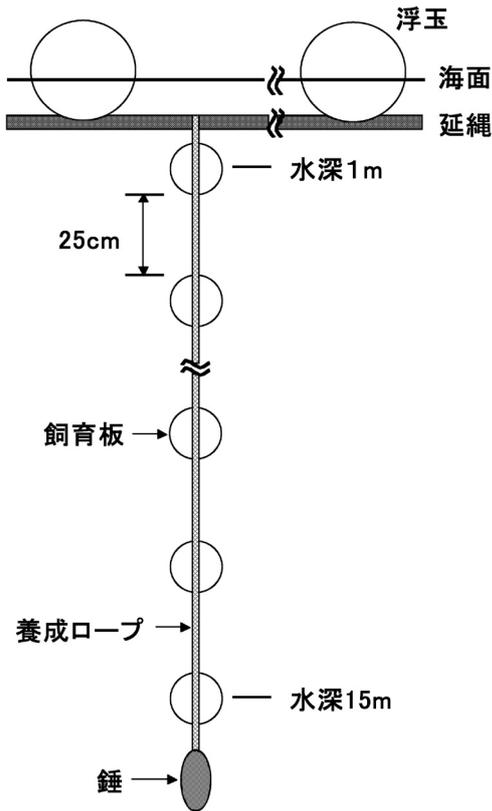


図3. 養成方法

延縄：ダンラインロープ（φ 26 mm），
 養成ロープ：甘撚りロープ（径 12 mm，20 m），
 飼育板：ホタテガイ貝殻（殻長 11 cm）

4. 養成方法 養成は図3に示すように海面の延縄施設に養成ロープを垂下して行った。すなわち，1本の養成ロープには，特定年に生産した種苗の付着した飼育板25枚を約25cmの間隔で挟み込んだ。したがって，養成水深は1mから10mである。

5. 測定 測定は1年に2回（前期：1月から3月に1回，後期：7月から8月に1回）行った。養成ロープ1本の飼育板に付着するすべての個体を生残個体とへい死個体に分け，それぞれについて計数した。つぎに，生残個体については殻高を測定した。

試験漁場の水温観測は，デジタルメモリ式水温計（離合社製 New-RMT 5221）を水深5mに設置して行った。

6. 生残率の推定 生残率は次式により推定した。

$$\text{生残率}(\%) = \left\{ \frac{\text{生残個体数}}{\text{生残個体数} + \text{へい死個体数}} \right\} \times 100$$

結 果

室内試験 冷水処理期間別の飼育用水の水温変化を図4に示す。水温は，冷水処理0日間では6.9℃から16.0℃の範囲であった。冷水処理1日間では11日目に4.1℃，冷水処理10日間では11日目から20日目までの間は4.2℃から4.9℃，冷水処理30日間では11日目から40日目

までの間は4.0℃から4.7℃であった。これら3つでは冷水処理期間以外は冷水処理0日間と同様の水温変化であった。このように，水温は試験設定どおりの変動を示した。

試験終了時の各試験区の生残率を表2に示す。生残率は，I -1区とI -10区は92%，I -30区は0%，他の試験区はすべて100%であった。このように，生残率の低いのはI群にある試験区だけであった。このことは，殻高が小さいほど低水温の生残への影響は大きいことを示している。

生残率について低水温の影響を確認したI群における各試験区の生残率の経時変化を図5に示す。生残率は，I -0区は試験期間中100%であった。I -1区は23日目に96%，96日目に92%で，以後この状態を維持した。I -10区は27日目に96%，65日目に92%で，以後この状態を維持した。I -30区は31日目に96%，40日目に56%，59日目に0%であった。このように，冷水処理期間が長いほど生残率は急激に低下することを示した。このことは，小型個体の生残は低水温にある時間の長さに影響されることを示している。一方，生残率が変化し始めた時期で比較すると，I -1区は23日目，I -10区は27日目，I -30区は31日目であった。このよ

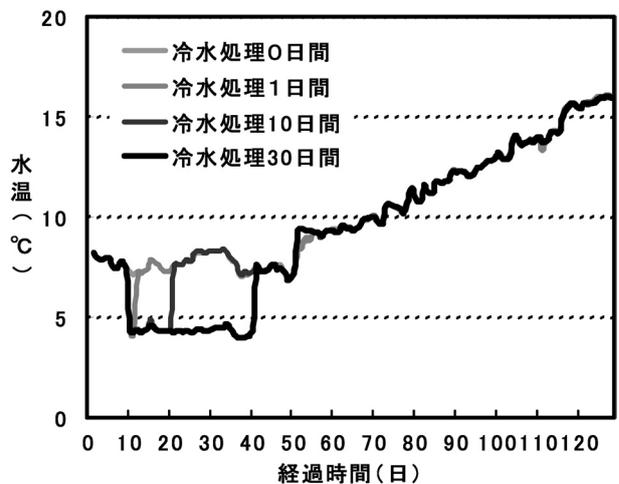


図4. 冷水処理期間別の飼育用水の水温変化

表2. 試験終了時の各試験区の生残率

試験区	生残率 (%)
I -0	100
I -1	92
I -10	92
I -30	0
II -0	100
II -1	100
II -10	100
II -30	100
III -0	100
III -1	100
III -10	100
III -30	100

うに、冷水処理期間が短いほど生残率は早期に低下する傾向が示された。このことは、小型個体の生残は水温の急激な変化に影響されることを示している。

養殖漁場試験 年齢別の各漁場の生残率を表3に示す。

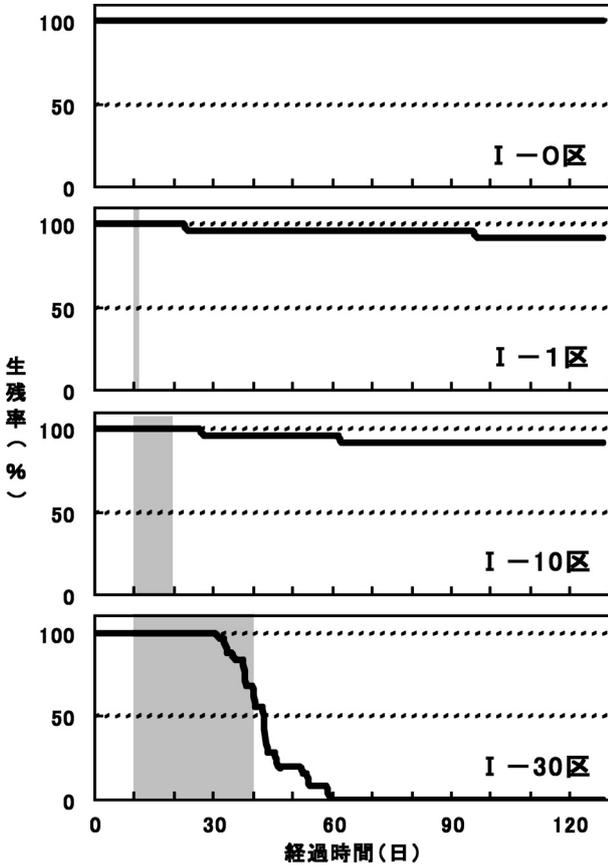


図5. I群における各試験区の生残率の経時変化
■：冷水処理期間

生残率は、当歳貝では2001年の後期に3%から100%と漁場で異なり、他の測定時期はすべて100%であった。一方、1歳貝ではすべて100%であった。このように、生残率に変化があったのは、年齢別では当歳貝だけであった。そこで、当歳貝の2001年後期の生残率を漁場別にみると、宮古湾から越喜来湾の間は南に位置する漁場ほど低い傾向を示し、一方、越喜来湾から広田湾の間は南方に位置する漁場ほど高かった。

生残率の低下を確認した2001年における1月から6月の漁場別の水温変化を図6に示す。1月末から3月の水温をみると、宮古湾、唐丹湾、越喜来湾および門之浜湾は5℃以下となり、このうち越喜来湾は5℃以下の期間が最も長かった。このように水温は、宮古湾から越喜来湾は南に位置する漁場ほど著しく低く、一方、越喜来湾から広田湾は北ほど著しく低い傾向を示した。この水温の傾向と2001年における当歳貝の漁場別の生残率の傾向は一致した。

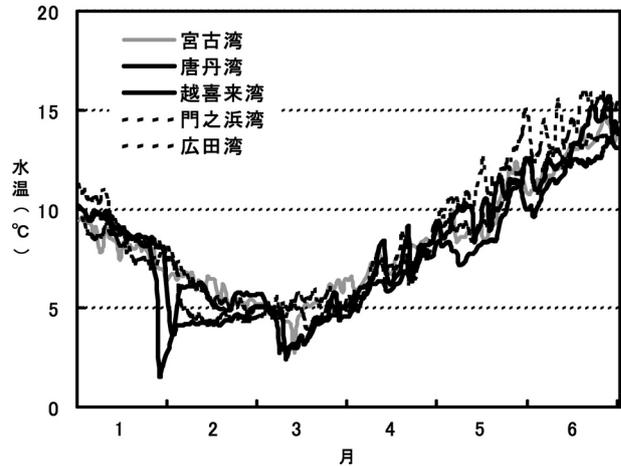


図6. 2001年の1月から6月の漁場別の水温変化

表3. 年齢別の各漁場の生残率

年齢区分	漁場	測定時期*								
		2000年		2001年		2002年		2003年		2004年
		後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
当歳	宮古湾	100	100	100	100	100	100	100		
	釜石湾		100	60	100	100	100	100		
	唐丹湾		100	67	100	100	100	100		
	吉浜湾	100	100	11						
	越喜来湾	100	100	3						
	綾里湾	100	100	23						
	門之浜湾	100	100	37						
	広田湾	100	100	100	100	100	100	100		
1歳	宮古湾			100			100	100	100	100
	釜石湾			100			100	100	100	100
	唐丹湾			100			100	100	100	100
	吉浜湾			100						
	越喜来湾			100						
	綾里湾			100						
	門之浜湾			100						
	広田湾			100				100	100	100

*前期：1月から3月、後期：7月から8月

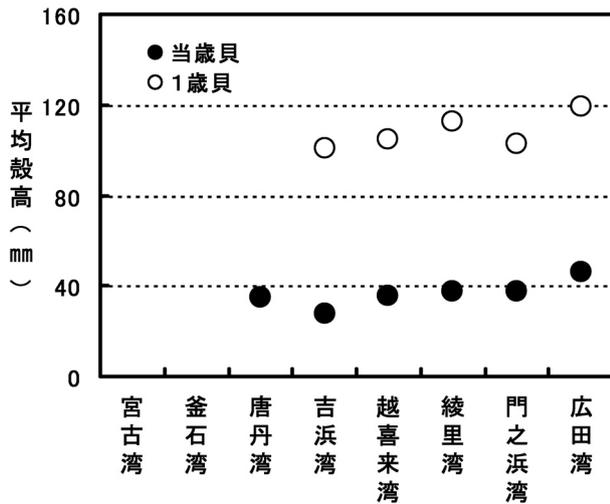


図7. 2001年後期の当歳貝と1歳貝の漁場別の平均殻高

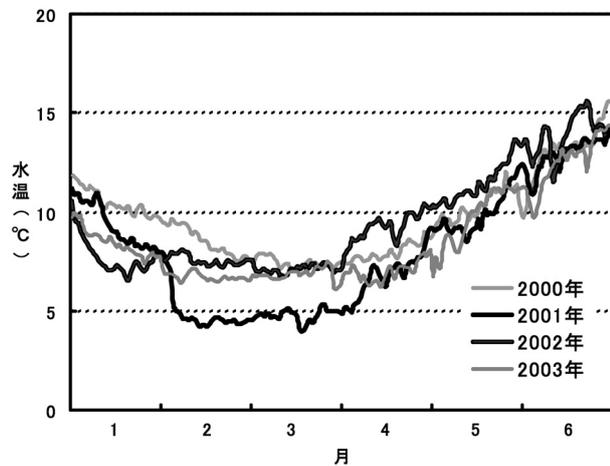


図8. 2000年から2003年の各年の1月から6月の門之浜湾の水温変化

2001年後期の当歳貝と1歳貝の漁場別の平均殻高を図7に示す。平均殻高は、当歳貝では唐丹湾から門之浜湾は27 mmから38 mm、広田湾は46 mmで、一方、1歳貝では100 mmから119 mmであった。このことから、2001年後期の生残率の低下は平均殻高が40 mm未満の個体のみ発生したことが分かる。

つぎに、2000年から2003年の各年の1月から6月の門之浜湾の水温変化を図8に示す。最低水温期である2月から3月の水温をみると、2000年と2002年および2003年は6°C以上であり、2001年のみ4°C台まで低下した。このことから、2001年後期の生残率の低下は最低水温が5°C以下になった年のみに発生したことが分かる。

以上のように生残率の低下は、平均殻高40 mm未満の漁場で、かつ、水温が5°C以下に低下した年に確認されたといえる。これらは、前述の室内試験によって得ら

れた、殻高が小さい個体ほど低水温の生残への影響は大きいことや、冷水処理期間が長いほど生残率は急激に低下した結果と一致した。

考 察

本報告では、室内試験で供試した殻高40 mm未満の個体には冷水処理期間や急激な水温変化の影響の大きいことが示され、さらに養殖漁場試験における生残率の低下は個体の大きさの差異と低水温に起因すると推察された。

室内試験の供試個体の状態を観察した結果では、冷水処理期間以外はすべての供試個体が開殻していた一方、冷水処理期間中にはすべての供試個体が閉殻していた。このことは、イワガキは低水温条件下では、殻内への海水の流入やその海水の軟体部への接触が制限されていることを示している。この閉殻の意味するところは不明であるが、このことは冷水処理期間が殻高40 mm未満の個体の生残率を低下させる原因を究明する上で、重要な事項であると考えられる。また、この低水温条件下での閉殻は、養殖漁場では群体ボヤ類や海綿動物等の付着によりイワガキの殻開口部が覆われ、閉塞する可能性がある。このことは、低水温自体の影響に加え、養殖漁場でのイワガキの生残率を更に低下させる要因となると考えられる。

天然イワガキの分布域は北海道南部以南であるとされ、この分布域の北限は冬季の水温により規定されていることが示唆されている¹⁾。一方、天然イワガキ当歳貝の殻高は、岩手県では11月で30 mm未満²⁹⁾、山形県では11月で5 mm⁸⁾、鳥取県では翌年の7月で11.1～47.5 mmの範囲で、平均22.5 mm³²⁾と推定されている。これら平均殻高40 mm未満の個体には冷水処理期間の影響が大きいことを本調査結果は示しており、最低水温期の水温による天然イワガキ当歳貝の生残への影響は大きいと考えられる。このことは、最低水温期の水温は天然イワガキの分布の北限を規定する主要な要因のひとつであることを裏付けている。

表3と図7に示した養殖漁場試験で生残率に変化のあった2001年の水温低下を詳細にみるために、2001年3月16日の岩手県沿岸の人工衛星画像^{*4}を図9に示す。2001年の冬季に岩手県沿岸では、親潮第一分枝の接岸により中南部を中心に水温は4°C以下に低下したことを示している。このことから、図6に示した越喜来湾を中心とした漁場の水温低下は親潮第一分枝の接岸によるものと考えられる。このように岩手県沿岸では、冬季から春季に水温は5°C以下に低下することがある。このような状況は規模の差こそあれ、1980年から2005年までの間に計6回^{*3}あり、水温の低下は頻発している。冬季

*4 岩手県水産技術センターホームページ <http://www.pref.iwate.jp/~hp5507/>

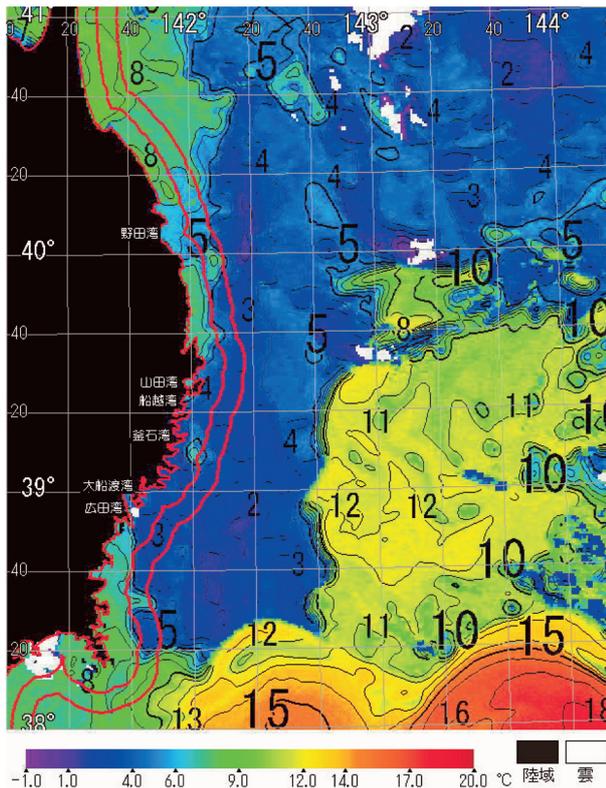


図9. 2001年3月16日の岩手県沿岸の人工衛星画像
<http://www.pref.iwate.jp/~hp5507/>

から春季にかけての低水温の影響として、エゾアワビ稚貝の生残率の低下^{33,34)}、アラメやワカメ等では植物群落の形成^{31,35-37)}や養殖生産上における生理障害とそれに伴う病虫害の発生³¹⁾等が報告されている。このように岩手県沿岸では、冬季の水温低下による増養殖生産物への影響を警戒している。

本報告により、低水温により殻高40 mm未満の個体は生残率が低下することを確認した。したがって、岩手県沿岸でのイワガキ養殖で生残率の安定化を図るためには、養成最初の最低水温期までに殻高40 mm以上に達している必要があるといえ、この技術開発は急務である。さらに、殻高40 mm未満の個体では低水温下での急激な水温変化の影響の大きいことも示されたことから、この影響を低減させるために、養殖管理中の養成水深の調整も養殖生産の安定化に有効であろう。

謝 辞

調査を実施するにあたり、多大なご協力をいただいた宮古漁業協同組合、釜石湾漁業協同組合、唐丹町漁業協同組合、吉浜漁業協同組合、越喜来漁業協同組合、綾里漁業協同組合、大船渡市漁業協同組合および広田湾漁業協同組合の職員と生産者の方々に深く感謝します。なお、本研究の一部は水産庁補助事業「海面養殖業振興対策事業」で行いました。

文 献

- 1) 浜口昌巳 (2000) イワガキとマガキの識別方法について. 瀬戸内水研ニュース, **4**, 1-3.
- 2) 波部忠重 (1965)「新日本動物図鑑 中」(岡田要他監修), 北隆館, 東京, 245pp.
- 3) 山田英明 (1995) イワガキの種苗生産. 「養殖」, **394**, 緑書房, 東京, pp. 75-74.
- 4) 山田英明 (1992) 鳥取県中部海域の人工漁礁に出現したカキ類. 鳥取水試報告, **33**, 83-90.
- 5) 森 勝義 (1994) イワガキ. 「日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (I)」, 水産庁, 東京, pp. 62-68.
- 6) 菅原義雄・小沢昭光 (1995) イワガキの生態と増養殖の可能性. 「カキ・ホタテガイ・アワビ生産技術と関連研究領域」(野村正監修), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 1-17.
- 7) 山田英明 (1991) 鳥取県沿岸域のイワガキの漁場造成に向けてーイワガキの成熟状況ー. 日本海ブロック試験研究集録, **23**, 51-58.
- 8) 平野 央・本間仁一 (1994) 試験礁におけるイワガキの成長と密度. 日本海ブロック試験研究集録, **32**, 37-47.
- 9) 道家章生・宗清正廣・辻 秀二・井谷匡志 (1998) 若狭湾西部海域におけるイワガキの生殖周期. 栽培技研, **26(2)**, 91-98.
- 10) 勢村 均 (1994) 飼育したイワガキ幼生の形態と成長. 日本海ブロック試験研究集録, **30**, 7-16.
- 11) 中上 光・勢村 均・沖野 晃 (1996) 島根県隠岐島島前湾における養殖イワガキの成長 (予報). 日本海ブロック試験研究集録, **33**, 71-74.
- 12) 藤原正夢 (1995) イワガキの種苗生産技術の開発と問題点. 京都海洋センター研報, **18**, 14-21.
- 13) 藤原正夢 (1997) イワガキの効率的な採苗方法. 京都海洋センター研報, **19**, 14-21.
- 14) 藤原正夢 (1997) イワガキの沖出し方法の検討 (短報). 京都海洋センター研報, **19**, 73-75.
- 15) 藤原正夢 (1998) イワガキの効率的な採苗技術開発ー通気時間と幼生収容数の検討ー. 京都海洋センター研報, **20**, 8-12.
- 16) 田中雅幸・藤原正夢・岡部三雄 (2002) イワガキ稚貝の生残に対する太陽光の影響について. 京都海洋センター研報, **24**, 9-12.
- 17) 藤原正夢・井谷匡志 (1999) 知りたい貝類養殖の新潮流ーイワガキ. 「養殖」, **446**, 緑書房, 東京, pp. 46-49.
- 18) 岡部三雄・藤原正夢・田中雅幸 (2004) イワガキ種苗生産における採卵方法の検討. 京都海洋センター研報, **26**, 30-33.
- 19) 岡部三雄・藤原正夢・田中雅幸 (2004) イワガキ種苗生産における採苗方法の検討ー採苗器の上下逆転操作 (天地返し) の有効性についてー. 京都海洋センター研報, **26**, 34-37.
- 20) 岡部三雄・藤原正夢 (2005) イワガキ付着稚貝飼育における給餌方法 (短報). 京都海洋センター研報, **27**, 37-39.
- 21) 勢村 均・石田健次・中上 光・林 育夫 (2001) 島根県隠岐島島前湾における垂下養殖イワガキの成長. VENUS, **60**, 93-102.
- 22) 藤原正夢 (1998) イワガキ養殖における開始時最適付着稚貝数と最適養殖水深について. 京都海洋センター研報, **20**, 13-19.

- 23) 井谷匡志・葭矢 護 (1999) 養殖イワガキの成長について. 京都海洋センター研報, **21**, 22-27.
- 24) 田中雅幸・藤原正夢 (2000) イワガキ稚貝に対するヒラムシの捕食について. 京都海洋センター研報, **22**, 6-9.
- 25) 藤原正夢 (1998) 栗田湾における養殖イワガキの産卵期について. 京都海洋センター研報, **20**, 20-24.
- 26) 中上 光 (1999) イワガキに賭ける夢－特産化を目指して－. 「水産技術と経営」, **45(4)**, 水産技術経営研究会, 東京, pp. 85-91.
- 27) 松浦裕幸・森 勝義 (2005) イワガキ. 「水産増養殖システム3 貝類・甲殻類・ウニ類・藻類」(森勝義編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 269-278.
- 28) 宮田 勉 (2004) 新規養殖業イワガキの経済性分析. 岩手水技セ研報, **4**, 29-37.
- 29) 野呂忠勝・長洞幸夫 (2004) 岩手県沿岸における天然イワガキの生態に関する研究. 岩手水技セ研報, **4**, 1-12.
- 30) 川合英夫 (1972) 黒潮と親潮の海況学. 「海洋物理Ⅱ」(増沢讓太郎編), 東海大学出版会, 東京, pp. 129-321.
- 31) 岩手県林業水産部 (1984) 昭和 59 年 (1984 年) 岩手県沿岸域における異常低水温と水産生物への影響. 岩手県普及資料, **39**, 1-103.
- 32) 山田英明 (1994) 鳥取県沿岸域のカキ類の付着. 日本海ブロック試験研究集録, **32**, 25-35.
- 33) 西洞孝広 (2002) 岩手県におけるエゾアワビ資源の回復とその要因. 月刊海洋, **34**, 477-481.
- 34) 内田 明 (2003) 岩手県におけるエゾアワビの資源変動. 「水産増殖論」(水産増殖研究会編), 生物研究社, 東京, pp. 152-159.
- 35) 酒井誠一 (1959) 女川湾附近におけるワカメの豊凶と海況. 日本水産学会東北支部会報, **10(1・2)**, 36-41.
- 36) 谷口和也 (1985) 東北地方におけるアラメの生態. 海洋科学, **17(12)**, 740-745.
- 37) 谷口和也 (1986) 海藻生産と海況. 水産海洋研究会報, **50(2)**, 174-178.



市販薬剤を用いたシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の消毒

渡辺研一^{*1}・小磯雅彦^{*2}

Disinfection of Parthenogenetic Eggs of the Rotifer *Brachionus plicatilis* using commercial medicine

Ken-ichi WATANABE ^{*1} and Masahiko KOISO ^{*2}

The disinfectant efficacy of chemical treatments on parthenogenetic eggs of the rotifer was investigated. Treatments using several types of alcohol ranging from 30 to 70% concentration, several phenolic compounds at 1 to 5%, and 0.1% of benzalconium chloride were effective in terms of disinfection, but hatching were not observed. No effects of disinfectant were observed by treatment with formalin and sodium hypochlorite under several conditions which would enable hatching of the eggs. Glutaraldehyde treatment at concentrations ranging from 1,000 to 2,000 mg/L for 30 min effectively disinfected the rotifer eggs and did not reduce hatching rate of parthenogenetic eggs.

2006年6月26日受理

我々は別報¹⁾で、海産魚介類の種苗生産において初期餌料として利用されているシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* (以下ワムシ) 由来の疾病を防除するための方策の一つとして、ワムシ培養を開始するにあたって接種する元種の消毒法について検討した。消毒の対象を複相単性生殖卵とすることとして2種類の殺菌力を有する海水と、ヨウ素等4種類の消毒剤がワムシ卵の消毒に及ぼす影響を検討し、1,250 mg/Lのグルタルアルデヒドを含む人工海水に30分浸漬することが有効であると報告した。しかしながら、浸漬条件は同濃度に15分浸漬した場合と比較したのみであり、有効な濃度範囲、浸漬時間などは検討できていない。

そこで本報告では、ワムシ卵の消毒においてグルタルアルデヒドの有効な濃度とその浸漬時間の範囲を解明し、さらに未検討の他の消毒剤がワムシ卵の消毒に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

供試ワムシ 別報¹⁾に準じ、独立行政法人水産総合研究

センター能登島栽培漁業センターにおいて、およそ20 psuの塩分となるように希釈した培養水(以下:60%海水)を用い、水温20~25℃で培養したL型ワムシ小浜株を用いた。

ワムシ単性生殖卵の分離 別報に準じ、小磯・日野²⁾の方法を一部改変して単性生殖卵(以下:卵)を分離した。すなわち、家庭用ミキサーでワムシを攪拌して虫体から卵を分離し、その攪拌液を平底トレイ(44×32×7 cm)に移して、卵が沈下するのを待って虫体を含む上清を廃棄した。そこへ60%海水を加え、卵の沈下を待って同様に上清を廃棄する作業を数回繰り返して、沈下した卵を回収した。

試験法 別報¹⁾で有効性を明らかとした、60%濃度のHerbstの人工海水を用いて試験を行った。他の試験法についても別報に準じ、20℃の人工海水を用いて20℃の室内で行った。人工海水1Lを100 rpmで運転中の攪拌機に設置した角形水槽に入れ、約1gの単性生殖卵を所定時間浸漬した。浸漬終了後、餌料を含む60%海水が入った試験管に卵を数百粒入れ、1昼夜振とう後、生存個体、死亡個体、未ふ化の卵を計数した。

^{*1} 独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所上浦栽培技術開発センター古満目分場 〒788-0315 高知県幡多郡大月町古満目330 (Komame Station, National Research Institute of Aquaculture, FRA, 330, Komame, Ootsuki, Kouchi 788-0315, Japan).

^{*2} 独立行政法人水産総合研究センター能登島栽培漁業センター 〒926-0216 石川県七尾市能登島曲町15-1-1

また、浸漬終了後、採取した卵に滅菌2%ペプトン水を十分量加えて消毒剤を洗い流し、約0.1gの卵を用いて定法により生菌数を算出した。

効果判定の方法 ふ化率と消毒率は別報に準じて以下の式により算出し、ふ化に及ぼす影響と消毒効果を検討した。

$$\text{ふ化率} = \{(\text{生存個体数}) \div (\text{生存個体数} + \text{死亡個体数} + \text{単性生殖卵数})\} \times 100$$

$$\text{消毒率} = \{1 - (\text{浸漬後の生菌数} \div \text{浸漬前の生菌数})\} \times 100$$

グルタールアルデヒドのワムシ単性生殖卵の消毒に有効な濃度と浸漬時間の検討 グルタールアルデヒドの濃度を50, 100, 200, 500, 1,000, 1,250, 1,500, 2,000 mg/Lとして、浸漬時間はそれぞれ20, 30, 40分間として、ふ化率と消毒率を算出し、検討した。

有効な消毒剤の検討 一般的に用いられている消毒剤、エタノール、イソプロピルアルコール、*n*-プロピルアルコール、次亜塩素酸ナトリウム、フェノール、クレゾール、塩化ベンザルコニウム、ホルマリンの8種類について、消毒剤としての常用濃度で消毒試験を行った。浸漬時間は5～40分間とした。次亜塩素酸ナトリウムとホルマリンについては、卵のふ化が認められる濃度まで試験を行った。

統計検定 ふ化率の平均値の差の検定を、ふ化率を逆正弦変換した値を用いて、Tukey法により多重比較を行っ

た。

結果と考察

グルタールアルデヒドのワムシ単性生殖卵の消毒に有効な濃度と浸漬時間の検討 表1に種々の濃度のグルタールアルデヒドに時間を変えてワムシ単性生殖卵を浸漬した場合のふ化率と消毒率を示した。

対照区のふ化率は、57～74%であった。多重比較の結果、いずれの消毒条件においても統計的な有意差は認められなかった。しかしながら、1,500 mg/L以上の濃度に40分浸漬した場合には、他の試験区と比較してふ化率が10%以上低下する試験例があったことから、これらの消毒条件は有効でないと考えられた。

消毒率は、500 mg/L以下のグルタールアルデヒドに浸漬した場合には、いずれの時間も99.8%未満であり、有効な消毒条件とは考えられなかった。また、1,000～1,500 mg/Lの濃度に20分浸漬した場合にも99.9%未満であり、有効な消毒条件とは考えられなかった。1,000 mg/L以上の濃度に30分以上浸漬した場合と2,000 mg/Lの濃度に20分浸漬した場合には消毒率が99.9%以上を示し、有効な消毒条件と考えられた。

以上の結果から、グルタールアルデヒドを使用した場合にワムシ単性生殖卵を効果的に消毒し、かつ消毒後のふ化率が低下しない実用性のある条件は、1,000～1,250

表1. グルタールアルデヒドのシオミズツボワムシ複相単性生殖卵に及ぼす影響

消毒剤	濃度 (mg/L)	浸漬時間 (分)	ふ化率			消毒率			
			1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	平均値
対照区			73.6	57.1	62.7				
グルタールアルデヒド	50	20	72.6	57.2	68.6	<99.8	<99.4	<99.7	-
		30	72.4	58.5	65.4	<99.8	<99.4	<99.7	-
		40	75.9	60.6	65.6	<99.8	<99.4	<99.7	-
	100	20	76.1	59.3	59.0	<99.8	<99.4	<99.7	-
		30	74.0	59.4	58.8	<99.8	<99.4	<99.7	-
		40	74.5	57.9	63.0	<99.8	<99.4	<99.7	-
	200	20	73.2	59.1	61.7	<99.8	<99.4	<99.7	-
		30	75.7	58.6	60.1	<99.8	<99.4	<99.7	-
		40	76.4	57.2	63.8	<99.8	<99.4	<99.7	-
	500	20	75.6	56.0	60.1	<99.8	<99.4	<99.7	-
		30	77.2	60.3	58.1	<99.8	99.2	<99.7	-
		40	77.5	58.4	65.6	<99.8	99.4	<99.7	-
1,000	20	78.0	57.7	69.7	<99.8	99.7	99.7	-	
	30	77.0	57.1	60.1	99.8	>99.9	99.8	99.9	
	40	62.1	59.0	58.6	99.9	>99.9	>99.9	99.9	
1,250	20	68.6	56.8	61.8	>99.9	99.5	>99.9	99.8	
	30	71.5	58.5	61.8	>99.9	>99.9	>99.9	>99.9	
	40	70.4	57.8	61.4	>99.9	>99.9	>99.9	>99.9	
1,500	20	70.6	58.2	63.5	>99.9	99.5	>99.9	99.8	
	30	70.2	57.7	64.3	>99.9	>99.9	>99.9	>99.9	
	40	65.4	48.5	59.1	>99.9	>99.9	>99.9	>99.9	
2,000	20	63.1	57.8	60.9	>99.9	>99.9	>99.9	>99.9	
	30	65.6	57.7	60.6	>99.9	>99.9	>99.9	>99.9	
	40	57.7	48.8	49.6	>99.9	>99.9	>99.9	>99.9	

mg/L の濃度では 30 分以上、1,500 mg/L の濃度では 30 分、2,000 mg/L の濃度では 30 分以下であると判断された。

有効な消毒剤の検討 各種の消毒剤にワムシ単性生殖卵を浸漬した場合のふ化率と消毒率を表 2 に示した。

エタノール、イソプロピルアルコール、*n*-プロピルアルコールなどのアルコール類では 30、50、70%、フェノール 1、3、5%、クレゾール 1、2、3%、塩化ベンザルコニウム 0.1% のそれぞれの濃度で 5、10、15 分間浸漬した

ところ、30% のエタノールに 5 分浸漬した場合を除いて消毒効果は認められたが全ての試験区においてふ化率が低下もしくは 0% であった。

次亜塩素酸ナトリウムでは、0.001 ~ 10.0% の濃度と 10 ~ 30 分の浸漬時間で検討した。その結果、0.001% の濃度で 10 ~ 20 分浸漬すると 5 ~ 31% のふ化率が得られたものの、消毒効果は認められなかった。一方 0.1% の濃度に 30 分以上浸漬した場合には消毒効果が認められたが、ふ化率は 0% であった。

表 2-1. 各種消毒剤のシオミズツボワムシ複相単性生殖卵に及ぼす影響

消毒剤	濃度 (%)	浸漬時間 (分)	ふ化率 (%)			消毒率 (%)		
			1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
対照区			73.6	57.1	62.7			
エタノール	30	5	0	0	0	<99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	50	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	70	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
イソプロピルアルコール	30	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	50	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	70	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
<i>n</i> -プロピルアルコール	30	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	50	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	70	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
フェノール	1	5	0	0	0	99.7	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	3	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	5	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
クレゾール	1	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	3	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
	5	5	0	0	0	>99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-

表 2-2. 各種消毒剤のシオミズツボワムシ複相単性生殖卵に及ぼす影響

消毒剤	濃度 (%)	浸漬時間 (分)	ふ化率 (%)			消毒率 (%)		
			1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
塩化ベンザルコニウム	0.1	5	0	0	0	99.9	-	-
		10	0	0	0	-	-	-
		15	0	0	0	-	-	-
次亜塩素酸ナトリウム	0.001	10	11.2	31.0	21.4	<99.9	<99.9	<99.9
		20	4.7	17.2	7.9	<99.9	<99.9	<99.9
	0.002	10	9.6	-	-	<99.9	-	-
		20	3.6	-	-	<99.9	-	-
	0.005	10	3.8	-	-	<99.9	-	-
		20	1.1	-	-	<99.9	-	-
	0.01	10	0	-	-	<99.9	-	-
		15	0	-	-	<99.9	-	-
		20	0	-	-	<99.9	-	-
	0.02	10	0	-	-	<99.9	-	-
		15	0	-	-	<99.9	-	-
		20	0	-	-	<99.9	-	-
	0.05	15	0	-	-	<99.9	-	-
		30	0	-	-	<99.9	-	-
	0.1	15	0	-	-	<99.9	-	-
		30	0	-	-	99.9	-	-
	0.2	15	0	-	-	<99.9	-	-
		30	0	-	-	>99.9	-	-
	0.5	15	0	-	-	99.9	-	-
		30	0	-	-	>99.9	-	-
	1.0	15	0	-	-	>99.9	-	-
		30	0	-	-	>99.9	-	-
	2.0	15	0	-	-	>99.9	-	-
		30	0	-	-	>99.9	-	-
5.0	15	0	-	-	>99.9	-	-	
	30	0	-	-	>99.9	-	-	
10.0	15	0	-	-	>99.9	-	-	
	30	0	-	-	>99.9	-	-	
ホルマリン	0.1	10	32.7	34.9	36.8	<99.9	<99.9	<99.9
		20	28.6	23.2	17.6	<99.9	<99.9	<99.9
	0.2	10	21.6	16.0	14.2	<99.9	<99.9	<99.9
		20	17.7	11.8	8.4	<99.9	<99.9	<99.9
	0.5	10	11.9	-	-	-	-	-
		20	6.2	-	-	-	-	-
	1.0	10	2.5	-	-	-	-	-
		20	10.3	0.9	-	-	-	-
	3.0	40	7.2	-	-	-	-	-
		20	1.9	-	-	-	-	-
	5.0	40	5.6	-	-	-	-	-
		20	1.7	-	-	-	-	-
		40	7.1	-	-	-	-	

ホルマリンでは 0.1～5.0% の濃度に 10～40 分浸漬した。その結果、0.2% 以下の濃度で 20 分以下浸漬した場合には 8～37% のふ化率が得られたものの、消毒効果は認められなかった。0.5% 以上の濃度では、ふ化率が 12% 以下と低く実用性はないと考えられたため消毒効果を検討しなかった。

ホルマリンはホルムアルデヒドを 35～38% 程度含む水溶液である。ホルマリン 0.1% はホルムアルデヒド 350 mg/L 程度に相当する。同じアルデヒド類であるグ

ルタルアルデヒドでは、本試験で示したように 20 分以下の浸漬では 2,000 mg/L 以下の濃度でふ化に影響を及ぼさないことが確認されている。グルタルアルデヒドの殺菌作用は分子中のアルデヒド基が細菌表面や内部のタンパクを凝固させるとともに酵素を失活させることによるとされている³⁾。ホルムアルデヒドも同じアルデヒド基が殺菌作用をもたらすと考えられるが、ワムシ単性生殖卵に対する安全性の違いを明らかとすることについては、今後の課題である。

また、今回の試験条件下において、エタノール、イソプロピルアルコール、*n*-プロピルアルコール、次亜塩素酸ナトリウム、フェノール、クレゾール、塩化ベンザルコニウム、ホルマリンは、消毒率や消毒後のふ化率からワムシ単性生殖卵の消毒剤として不適であると考えられた。

まとめ 以上の結果と、別報¹⁾の結果を併せて整理する。オゾン処理海水、電解海水、pH、ヨウ素、過酸化水素水、Triton-X、エタノール、イソプロピルアルコール、*n*-プロピルアルコール、次亜塩素酸ナトリウム、フェノール、クレゾール、塩化ベンザルコニウム、ホルマリン、グルタルアルデヒドの15種類の消毒剤がワムシ単性生殖卵の消毒に及ぼす影響を検討したところ、グルタルアルデヒドのみがワムシ単性生殖卵の消毒に効果があり、ふ化に影響を及ぼさないことがわかった。消毒を行うにあたっては、消毒剤の使用量は少ないことが望ましい。もっとも薄く、短時間でワムシ単性生殖卵を有効に消毒できる条件はグルタルアルデヒド1,000 mg/Lの濃度に30分浸漬することであり、今後はこの条件により消毒することを推奨する。

一方我々は、消毒したワムシ単性生殖卵が数日間消毒効果を維持したまま保存でき、その後の増殖に影響を及ぼさないため、日本全国に病原体による汚染の可能性の少ない元種として供給できる可能性があることを示し

た⁴⁾。また、消毒したワムシ単性生殖卵を元種とし、特定の細菌を添加してワムシ培養を行うと添加した細菌がワムシ細菌叢の主要な部分を占め、さらにはそのワムシを摂餌した仔魚の腸管内細菌叢の主要な部分も占めることができるため、菌種を選択することにより魚介類の種苗生産におけるワムシ給餌期の疾病を防除できる可能性があること⁵⁾を報告した。今後、これらの技術をさらに発展させ積極的な魚介類種苗生産における防疫対策技術を検討していく必要があると考える。

文 献

- 1) 渡辺研一, 篠崎大祐, 小磯雅彦, 桑田 博, 吉水 守 (2005) シオミズツボワムシ複相単性生殖卵の消毒. 日本水産学会誌, **71**, 294-298.
- 2) 小磯雅彦, 日野明德 (2002) シオミズツボワムシの大量培養における増殖停滞の機構に関する研究. 水産増殖, **50**, 197-204.
- 3) 都築正和監修 (1998) 殺菌・消毒マニュアル. 医歯薬出版, 東京, 7-9.
- 4) 小磯雅彦, 手塚信弘, 桑田 博, 渡辺研一 (2006) 消毒したシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の短期冷蔵保存. 日本水産学会誌, **72**, 239-240.
- 5) 清水智子, 篠崎大祐, 笠井久会, 澤辺智雄, 渡辺研一, 吉水 守 (2005) 細菌叢を制御したシオミズツボワムシを給餌したヒラメの腸内細菌叢. 水産増殖, **53**, 275-278.

栽培漁業技術開発研究 投稿要領

[投稿の資格]

投稿者は、栽培漁業に関する技術開発および研究に従事するものとする。ただし、編集委員長が特に認めた場合についてはこの限りではない。

[投稿原稿の種類]

報文は原著論文及び総説、短報、資料とする。

短報・資料は、論文としてまとまらないが、限られた部分に関する実験結果や、新しい手法など情報として価値があるものや、栽培漁業技術の発展に寄与すると考えられる技術情報等とする。

[投稿原稿]

1. 投稿原稿は和文とする。
2. 投稿原稿は別に定める「原稿の書き方」にしたがって作成する。
3. 投稿原稿は、表題、著者名、所属および所在地、英文表題、英文著者名、英文要旨のあとに、本文、文献、表、図・写真、和文要旨の順に綴る。
4. 原則として、同一著者の同一シリーズの論文は1号につき1編を掲載する。

[投稿の方法]

原稿を投稿する場合には、以下の印刷物の原本（各1部）および原稿を保存した電子媒体を編集事務局宛て送付する。電子媒体での送付が不可能な場合には、原稿の原本1部と写し（コピー）2部および投稿用紙1部を事務局あて郵送するものとする。

- (1) 所定の様式にしたがって作成した原稿
- (2) 投稿用紙（用紙は事務局あて請求するか、水産総合研究センターのホームページからダウンロードのこと <http://www.jasfa.or.jp/03kankou/03index.html>）

[投稿原稿の取り扱い]

投稿された原稿は、編集委員会において審査する。内容について再検討を要すると判断された原稿は、コメントを付して著者に返送し、修正を求めることがある。

[著者校正]

誤植防止のため、校正は原則として著者が行う。校正では原則として印刷所のミスによる誤り以外の訂正、変更をしてはならない。

[別刷]

著者が別刷を希望する場合は、著者の実費負担にて印刷する。

[写真]

掲載する写真は原則としてモノクロームとする。著者の希望により編集委員長が認めた場合にはカラー印刷を可とする。

[刊行]

「栽培漁業技術開発研究」は、原則として年2回、4月および10月に刊行するとともに、電子ファイルにて水研センターのホームページに掲載する。

本誌掲載文の著作権は、水研センターに帰属する。

[投稿要領の変更]

本要領は栽培技研編集委員会の承認により変更することができる。

(平成 5年 10月 27日 一部改訂)

(平成 13年 6月 18日 一部改訂)

(平成 16年 4月 1日 一部改訂)

(平成 18年 5月 17日 一部改訂)

栽培漁業技術開発研究 原稿の書き方

[原稿用紙]

原稿は原則としてワードプロセッサ（パソコン）を用いて作成する。用紙はA4判白紙とし、縦長に置き、上下左右に各2 cm以上の十分な余白を設け、35字×25行の十分に行間を取った横書き形式で、文字の大きさは11あるいは12ポイント、字体は特に指定する以外は明朝体（MS明朝、平成明朝等）で作成する。手書きの場合には、A4版原稿用紙（400字詰）に明瞭な楷書で横書きとする。本文、和文・英文要旨、文献には行番号を付し、全てのページにページ番号を付すこと。

[原稿の長さ]

原稿の長さは、概ね以下の通りとする。

短報：刷り上がり2頁程度

その他の報文：刷り上がり10頁を限度とする

ただし、編集委員会が認めた場合、及び、編集委員会が特に依頼した総説等の原稿はその限りではない。

[原稿の構成]

投稿原稿は、表題、著者名、所属及び所在地、英文表題、英文著者名、英文要旨のあとに、本文、文献、表、図・写真、和文要旨の順に綴る。

[表 題]

1. 表題は、論文内容を適切に表現する簡潔な文とし、英文表題を添える。
2. 和文表題での生物名は原則として標準和名のみとし、学名は併記しない。
3. 英文表題での生物名は英名に続けて学名を記入しイタリックで指定する。

[著 者 名]

英文著者名はローマ字で書き、名 (first name)、姓 (family name) の順とする。姓の最初の文字はキャピタル、2番目以降の文字はスモールキャピタルで指定する。

連名の場合、和文著者名では中点「・」で、英文著者名では「,」と「and」で連ねる。

(例)

ヒラメの成熟に及ぼす水温の影響について

鈴木一郎^{*1}・山田二郎^{*1}・田中三郎^{*2}

Effect of Water Temperature on the Maturation of the Flounder *Paralichthys olivaceus*

Ichiro SUZUKI, Ziro YAMADA, and Saburo TANAKA

[所属および所在地]

和文著者名の右肩にアスタリスク「*」（ただし共著者のある場合には*1, *2, …）を付けて指定し、本文第1頁の下段に脚注として記載する。第一著者は所属する機関名とその所在地を和文と英文で記載し、第二著者以下については、所属機関名と所在地を和文で記載する。

(例)

*¹ 独立行政法人水産総合研究センター 玉野栽培漁業センター 〒706-0002 岡山県玉野市築港 5-21-1 (Tamano Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 5-21-1 Chikko, Tamano, Okayama, 706-0002 Japan).

*² 独立行政法人水産総合研究センター 玉野栽培漁業センター 〒706-0002 岡山県玉野市築港 5-21-1

[要 旨]

要旨は和文と英文を併載する。

和文要旨はA4版用紙に横書きで作成し、表題、著者名を含めて300字以内とする。

英文要旨はA4版用紙に横書きで作成し、表題、著者名を除いて200語以内とする。

[本文の構成]

1. 原著論文の場合、本文の記載は、原則として、まえがき、材料と方法、結果、考察、謝辞、要約（必要な場合）、文献の順序に従う。
2. 原著論文以外の報文は、方法、結果、考察など項目に細分しなくてもよい。
3. 見出しは左寄せで記載しゴシック指定を行う。ただし、まえがきの見出しはつけない。
4. 材料と方法や結果の項等の小見出しはゴシック指定を行い、番号は付けず、本文は追い込みとする。さらに細分化した見出しが必要な場合には、番号を、1, 2, …, (1), (2), …, 1), 2), … の順に使用して区分する。A, B, は用いない。番号及び小見出しは並字で記載する。この場合も本文は追い込みとする。

(例)

材料と方法

親魚の飼育 採卵に用いた親魚は、20〇〇年〇月〇日に…

：

1. 餌料 親魚用の餌料としてイカナゴ、イワシ、などの鮮魚と配合飼料を…

1) 配合飼料 市販の配合飼料を…

[文献]

1. 引用した文献は、引用順に連番号をつける。本文中では以下の例のように肩付き番号(上付き文字で指定する)で示し、「田中(1993)は…」のような引用は行わない。著者が複数の場合、2名までは姓を連記し、3名以上の場合には筆頭著者の姓に「ら」または「*et al.*」を付けて示す。
2. 外国語の文献を引用する場合は、著者名はキャピタル・スモールキャピタルで指定する。
3. 句読点の箇所引用番号を付ける場合には、句読点の前に付ける。

(例)

田中^{1, 2)}は…、…が知られている³⁻⁶⁾。

鈴木ら⁷⁾は…

GULLAND⁸⁾は…

4. 文献のリストは、本文の末尾にまとめて引用番号順に記載する。
5. 雑誌に掲載された論文を引用する場合は、以下の例に示すように、引用番号、著者名、年、表題、雑誌名、巻、ページの順に記載する。雑誌名は、慣用法にしたがって略記する。巻数はゴシックで指定する。欧文雑誌から引用する場合、雑誌名はイタリックで指定する。
6. 単行本から引用する場合は、引用番号、著者名、年、書名、出版社、出版地、ページの順に記載する。
7. 文献リストでは、著者が3名以上の場合でも著者名は全て記載する。また、同一著者や同一題名が続く場合にも「-」のように省略しない。
8. 事業報告書等で、著者名が明示されていない文献から引用する場合には、引用番号、報告県名(機関名)、年、報告書、ページの順に記載する。

(例)

• 雑誌の場合

- 1) 吉村研治・宮本義次・中村俊政(1992) 濃縮淡水クロレラ給餌によるワムシの高密度大量培養。栽培技研, 21, 1-6.
- 2) NOGAMI, K., and M. MAEDA (1992) Bacteria as biocontrol agents for rearing larvae of the crab *Portunus trituberculatus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*,

49, 2373-2376.

• 単行本(引用箇所が1ヶ所の場合)

3) 田中昌一(1985) 水産資源学総論。恒星社厚生閣, 東京, pp. 181-183.

4) GULLAND, J. A. (1983) Fish stock assessment. Wiley, New York, pp. 83-96.

• 単行本(同一の本から複数ヶ所を引用している場合)

5) 田中義磨・田中 潔(1980) 科学論文の書き方。裳華房, 東京, 365 pp.

6) COCHRAN W. G. (1977) Sampling techniques. Wiley, New York, 428 pp.

• 単行本(複数の論文を集めた本の中の1編を引用する場合)

7) 廣瀬慶二(1992) 最近の成熟・産卵制御法。「海産魚の産卵・成熟リズム」(廣瀬慶二編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 125-137.

8) ALLENDORF, F. W., and N. RYMAN (1987) Genetic management of hatchery stocks. in "Population genetics & fishery management" (ed. by N. RYMAN, and F. UTTER), Univ. of Washington Press, Seattle, pp. 141-160.

• 事業報告書(著者名が明示されていないもの)

9) 茨城県(1992) 平成2年度放流技術開発報告書, 太平洋ヒラメ班。茨 21- 茨 63.

10) 海洋水産資源開発センター(1992) 平成2年度沖合漁場総合整備開発基礎調査, 日本海大和推海域(本文編)。216 pp.

9. 私信, 未発表(投稿中を含む)や学会講演, シンポジウム要旨, 修士論文などは文献の項には記載しない。必要なら引用箇所に上付き指定でアスタリスク(*, *1, *2/…)をつけ, 脚注とする。

[図・写真・表]

1. 投稿原稿に添付する原図は、そのまま印刷可能なものを原則とする。ただし、図の説明や数字、記号は原図コピーに鉛筆書きしたものでも良い。
2. 図、写真、表の原稿は、本文とは別葉とし、挿入箇所を本文原稿中の右の欄に赤字で指定する。
3. 図、写真、表の原稿の大きさは、A4版を超えないことを原則とする。刷り上がりの時の大きさは、横幅が16 cmまたは8 cmとなるので、縮小率または刷り上がり時の大きさを必ず明記する。
4. 図、写真、表には番号と和文の説明文をつける。
5. 図、写真の番号及び説明文は、「図1…」, 「写真1…」として原図の下部に直接記入する。表の番号及び説明文は、「表1…」として表の原稿の上部に直接記入する。

[脚 注]

脚注は、1箇所なら「*」, 複数箇所の場合は連番号を使用し、「*1」, 「*2」のように上付きで指定して関連頁の下段に入れる。

[文 字]

1. 下記のとおり赤字で字体の指定を行う。
イタリック：abcd, abcd → *abcd*
ゴシック：abcd, abcd → **abcd**
スモールキャピタル：ABCD → ABCD
キャピタル：abcd, ABCD → ABCD
キャピタル・スモールキャピタル：
abcd, ABCD → ABCD
上付き：m², m² → m²
：山田¹⁾, 山田¹⁾ → 山田¹⁾
下付き：O₂, O₂ → O₂
2. 数式の上付き, 下付きの記号, およびギリシャ文字は明瞭に指定する。

[生 物 名]

生物名は標準和名をカタカナで書く。学名を入れる場合には本文中の初出の箇所に記載し, イタリックで指定する。原則として命名者名を省略する。

[電子ファイル原稿の提出要領]

1. 提出する電子媒体は, 3.5 インチフロッピーディスクまたは3.5 インチ MO ディスク (容量 640 MB 以下) または CD-R ディスクとする。
2. フロッピーディスク及び MO ディスクは MS-DOS フォーマットとし, CD-R ディスクは ISO9660 フォーマットとする。
3. 原稿は, Windows あるいは Macintosh の MS Office や一太郎で投稿することが望ましい (その他対応ソフトウェアは表 1 を参照のこと)。文字化けなどトラブル時の内容確認のためにテキストファイルも同時に提出すること。どうしても表 1 に掲載したソフトウェアのファイルで投稿できない場合はテキストファイルのみを提出すること。
4. 写真などの画像を電子ファイルで入稿する際には, 必ず別ファイルとすること。また, 300dpi 以上の TIFF か EPS ファイルとすること。JPEG も

可能であるが, 破壊的圧縮方法であることに留意すること。また, 色再現性を高めるために, オリジナル写真, 版下あるいはプリントアウトしたものを必ず添付すること。

5. 日本語は全角を, 英数字, 小数点及び斜線は半角を使用する。英文要旨や図表に全角特殊記号(÷, 凸, ∴, ♀, ℃, ¥, ☆, ◎, △, →, ※, ℓ など)を使用しない。
6. 改行マークは文章の段落の区切りのみに使用する。
7. スペースキーは英単語などの区切りにだけ使用し, 文献などの字下げには使用しない。
8. 電子媒体を郵送する際には, ラベルに整理番号, 連絡者氏名, 原稿の表題, ファイル名, 及び原稿作成に使用したソフトウェアを明記する。ラベルが使用できない場合は別紙に明記し, 電子媒体に同封して郵送すること。
9. 電子媒体の郵送に際しては, 物理的な破損を防ぐために丈夫なケースで保護すること。
10. 提出する電子ファイルはバックアップコピーをとり, 印刷終了時まで著者の手元に保管する。

表 1. 電子ファイル投稿時の推奨ソフトウェア

プラットフォーム	ソフトウェア
Windows	MS Office, 一太郎, Illustrator
Macintosh	MS Office, 一太郎, Illustrator

[そ の 他]

その他の記載様式は, 栽培技研の最新号に記載された論文を参照する。

(平成 5 年 4 月 14 日一部改訂)
(平成 5 年 10 月 27 日一部改訂)
(平成 6 年 4 月 21 日一部改訂)
(平成 8 年 4 月 22 日一部改訂)
(平成 10 年 12 月 21 日一部改訂)
(平成 13 年 6 月 18 日一部改訂)
(平成 16 年 4 月 1 日一部改訂)
(平成 17 年 10 月 1 日一部改訂)
(平成 18 年 5 月 17 日一部改訂)

技研編集連絡

☛本号より、編集委員として新たに渡辺研一氏（独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所上浦栽培技術開発センター古満目分場）に就任していただきました。

☛水産総合研究センターの機構改革に伴い事務局が栽培漁業部から業務推進部栽培管理課へ変わりました。なお、電話番号、メールアドレス等は変わりません。

☛「栽培漁業技術開発研究」は、随時投稿を受け付けています。投稿される方は、本号巻末の「栽培漁業技術開発投稿規定」ならびに「栽培漁業技術開発 原稿の書き方」を参照してください。なお、投稿の予定がありましたら「投稿予定表」を、また、投稿の際には原稿とともに「投稿用紙」を編集幹事あてにお送りください。これらの用紙は、編集事務局に請求いただくか、下記ホームページからダウンロードできます。

編集委員会（第34巻第1号）

委員長

福永 辰廣（水産総合研究センター業務推進部）

委員

日野 明德（東京大学）

Marcy Wilder（国際農林水産業研究センター）

中島 博司（三重県科学技術振興センター）

島本 信夫（兵庫県立農林水産技術総合センター
但馬水産技術センター）

廣瀬 慶二（元日本栽培漁業協会）

西岡 豊弘（水産総合研究センター養殖研究所
魚病診断・研修センター）

北田 修一（東京海洋大学）

石川 豊（岩手県水産技術センター）

加藤 和範（新潟県水産海洋研究所）

池田 義弘（長崎県総合水産試験場
種苗量産技術開発センター）

田中 秀樹（水産総合研究センター養殖研究所）

渡辺 研一（水産総合研究センター養殖研究所
上浦栽培技術開発センター古満目分場）

幹事

岡 雅一（水産総合研究センター業務推進部）

事務局

水産総合研究センター業務推進部栽培管理課

e-mail : giken@ml.affrc.go.jp

<http://www.jasfa.or.jp/03kankou/03index.html>

栽培漁業技術開発研究第34巻第1号

平成18年10月25日印刷

平成18年10月31日発行

編集者 福永 辰廣

発行者 独立行政法人水産総合研究センター
〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい
2-3-3 クイーンズタワーB 15階
電話 045(227)2715

印刷者 日昇印刷株式会社

〒104-0043 東京都中央区湊1-14-14
電話 03(3553)3161 (代)