栽培漁業センター技報　第７号

栽培漁業センター技報

第 7 号

平成20年２月

目 次

栽培漁業センター技報，7，1−3，2008

カンパチ早期採卵のための照明装置の試作と試験飼育

廣川　　潤 *1・堀田　卓朗 *2
（*1　養殖研究所栽培技術開発センター古満目分場，*2　五島栽培漁業センター）

わが国のカンパチ養殖業は,年間出荷金額が約400億円に達しており，近年では従来のブリ養殖からカンパチ養殖への移行が急速に増加している*1。しかし，現時点では人工種苗の大量生産技術が確立されておらず，早急な養殖用カンパチ種苗の量産技術の開発が求められている。一方，ブリでは養殖用種苗として有利な大型の人工種苗を生産するために必要な早期採卵には，親魚の成熟期間中の日長時間および飼育下限水温の調整が有効であるとされている[1-4]。このため，ブリで開発された技術をベースとし，これをカンパチに応用して環境条件のうち日長条件（短日と長日処理）と水温条件を組み合わせた環境制御による成熟促進効果についての検討が進められている*2。

古満目分場では，環境制御のうち人工照明による日長時間を調整するため，照明装置の開発に取り組んでいるが，光源に用いる白熱灯，水銀灯および蛍光灯では，点灯および消灯時の急激な照度変化により飼育魚が狂奔し，壁面に激突して死亡するなどの問題点が生じた。このため，照度の緩やかな調整が可能な照明装置を試作し，カンパチ親魚の行動への影響と成熟促進効果を検討した。

材料と方法

光源の選定　これまでの光源には，①照度の緩やかな変化の調整が難しく，安定した低照度の確保が困難（蛍光灯，水銀灯），②発熱量が大きく外光を遮断するために密閉した室内では気温が上昇する（水銀灯，白熱灯），③発光後，安定した照度になるまでに時間がかかる（水銀灯），④装置が大型で飼育作業などの障害になる（水銀灯，蛍光灯）の問題点があった。

これらの問題点を解決する光源として，発光ダイオード（以下，LED；日亜化学工業）を選定した。LED の長所として，①構造が簡単で入力電圧を変化させることで照度調節が可能である，②小型で振動に強く長寿命で故障の確率が低い，③消費電力が少なく発熱量が少ない，④不要な場合，紫外線や赤外線を含まない光が得られ色の選定も可能，⑤入力電圧で光量を変化させることができかつ応答が早い，などが挙げられる。一方，短所として1個当たりの発光量が少ないため，複数の LED を集めて光源とする必要がある。

照明装置の構造　装置は光源部と調光装置から成り，光源部は白色 LED 480個を300×350mm の角型塩化ビニール製容器内に配列した（写真1）。調光装置は，24時間タイマー，変圧器およびトランスで構成され，電圧の変化で照度の調整が可能である。照度変化は，日出および日没時の自然光の変化を参考に,1時間かけて完全な点灯状態または消灯状態になるように調整した。

カンパチ親魚の飼育試験　試験は，2005年11月7日〜2006年2月13日の99日間行った。飼育試験に供試したカンパチ親魚の概要を表1に示した。供試魚は，海上の小割り生簀で養成した2才魚（平均魚体重8.8kg／尾）を用い，陸上の60kℓコンクリート水槽2面に雌雄12尾（雌8尾，雄4尾）ずつ収容した。

試験区は，照度調整区と対照区の2区を設けた。照度調整区の日長条件は，収容後10日間は自然光とし，その後照明装置4台により11〜40日目までは短日期（明8時間，暗16時間），41〜70日目までは長日移行期（明8時間から18時間へ，暗16時間から6時間へ徐々に移行）とし，さらに71日目以降は長日期（明18時間，暗6時間）とした。なお，対照区は自然光とした。

飼育には自然水温のろ過海水を用い,生餌(冷凍サバ，冷凍赤エビ）を週3回魚体重の5%量を与えた。

成熟度調査として，38日目，67日目および99日目に全長，体重およびカニュレーションによる平均卵巣卵径を測定した。

結　　果

調光装置による照度の調整　試作した照明装置は小型軽量（2.8kg／台）で，取り付けや移動が容易で飼育や取り上げ作業の支障にならなかった。光源部から水面までの距離と照度の関係を図1に示した。点灯および消灯時の照度の変化を図2に示した。点灯時の照度は，穏やかに推移し計画通りほぼ1時間で安定したが，消灯時は20〜30分で照度が0となった。点灯時および消灯時とも，光のち

*1　社団法人全国海水養魚協会専務理事 稲垣光雄氏私信
*2　浜田和久氏私信

表1　カンパチ親魚飼育試験結果

			試験開始時	試験終了時
照度調整区	平均全長	(cm)	74.6　(71.4-78.0)	76.8　(73.4-81.0)
	平均体重	(kg)	8.56　(7.6-9.4)	9.41　(8.5-10.6)
	飼育尾数	(尾)	♀　8　♂　4	♀　8　♂　4
	卵巣卵径	(μm)	176　(150-262)	380　(186-614)
対照区	平均全長	(cm)	74.6　(71.5-78.8)	76.2　(72.7-80.8)
	平均体重	(kg)	9.05　(8.1-10.3)	9.63　(8.7-11.5)
	飼育尾数	(尾)	♀　8　♂　4	♀　8　♂　4
	卵巣卵径	(μm)	156　(145-172)	210　(165-289)

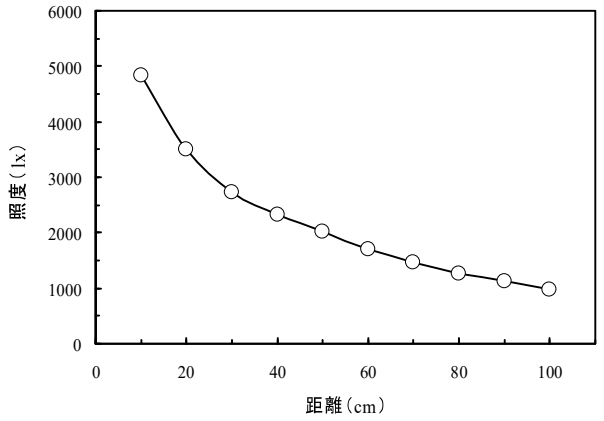


図1　照明装置の取り付け位置と水面照度の関係

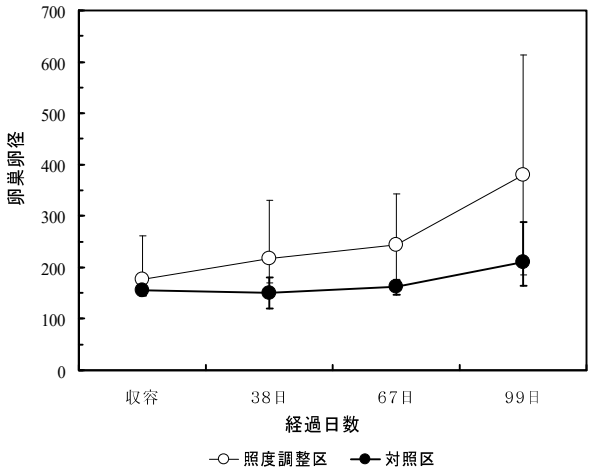


図3　照明装置で日長処理したカンパチ親魚の成熟状況

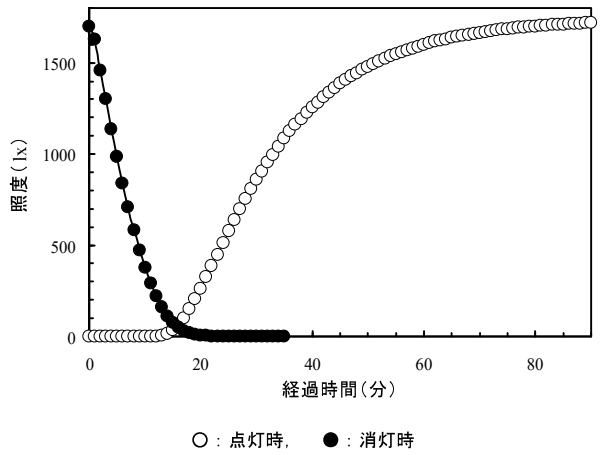


図2　点灯および消灯に伴う照度変化

写真1　カンパチ親魚の早期採卵試験に用いた照明装置
光源部（左）と調光装置（右）

らつきはなく安定していた。また，光源部ではLEDによる熱の発生はほとんどなく，調光装置も発熱による容器の変形などはなかった。

カンパチ親魚の飼育結果　照度調整区では，試験期間中，点灯および消灯に伴う飼育魚の狂奔や水槽壁面への激突などの異常行動は認められなかった。また，摂餌状況や成長（全長，体重）に対照区との顕著な差は認められず，死亡魚もなかった（表1）。両試験区とも，試験期間内に産卵に至らなかったが，照度調整区では卵巣卵の発達が確認できる個体が認められた（図3）。

考　察

試作した照明装置は，点灯時や消灯時に照度を緩やかに変化させることができた。このため，カンパチ親魚の飼育では，点灯時や消灯時に親魚の狂奔や壁面への衝突等は観察されなかった。照度の急激な変化は，仔稚魚の行動や摂餌に影響することが，クロマグロ[5]，マハタ[6]，キハダ[7]，アカアマダイ[8]等の飼育試験で報告されている。本装置は，これらの魚種の仔稚魚の飼育試験にも利用が可能なことが考えられた。また，当照明装置による長日処理により，カンパチ親魚の卵巣の成熟に効果が認められたことから，さらに本装置を用いた成熟と照明時間，水温，光の波長等の関係の検討が必要である。

本装置はLEDの集合体であることから，配列や個数を調整することで必要に応じて光量の増減が可能であること，形状を自由に変えることができること，および小型で構造が簡単であり設置・移動が容易なことから，循環飼育水槽や小型水槽での種苗生産試験など様々な飼育試験へ応用が可能であると考えられる。

文　献

1) 浜田和久・虫明敬一（2006）ブリの早期採卵技術とその効果．日水誌，**72**，250-253.

2) 日本栽培漁業協会(1999)ブリの親魚養成技術開発．栽培漁業技術シリーズ，**5**，1-72.

3) 今泉　均・堀田卓朗・河野一利・山﨑哲男（2002）ブリの2月採卵における日長制御方法の改良．栽培技研，**30**，1-6.

4) 浜田和久・今泉　均・虫明敬一（2003）養成水温と日長の制御によるブリの早期（12月）採卵について．栽培漁業センター技報，**1**，10.

5) Masuma, S., G. Kawamura, N. Tezuka, M. Koiso and K. Namba.（2001）Retinomotor responses of juvenile bluefin tuna Thunnus thynnus, *Fisheries Scienc.*, **67**, 228-231.

6) 土橋靖史・栗山　功・宮　香美・柏木正章・吉岡　基（2003）マハタの種苗生産過程における仔魚の活力とその生残に及ぼす水温，照明およびフィードオイルの影響．水産増殖，**51**，49-54.

7) 手塚信弘・中澤昭夫・升間主計（2005）キハダ仔魚の摂餌に及ぼす光条件の影響，栽培漁業センター技報，**4**，18-23.

8) 宮木廉夫(2003)2．新魚種量産技術開発研究事業 Ⅲ アカアマダイ，平成14年度 長崎県総合水産試験場事業報告，64-65.

仕切網内で養成したクロマグロの産卵の確認手法の検討

今泉　　均[*1]・二階堂 英城[*2]・武部　孝行[*2]・井手 健太郎[*2]・塩澤　　聡[*2]
（*1　志布志栽培漁業センター，*2　奄美栽培漁業センター）

奄美栽培漁業センターでは，養成したクロマグロ *Thunnus orientalis* の成熟と産卵生態を把握し，良質な受精卵を安定的かつ大量に採卵する技術の開発を進めている。当センターは親魚養成用施設として，地先海面に設置した直径40m の円型生簀網4面と，小湾を仕切網 A（沖側）と仕切網 B（湾奥側）で仕切った14ha の海面（以下，仕切網内）を有している（図1）。仕切網内でのクロマグロの産卵行動は，仕切網内に設置した筏の上に待機した観察者が，日没前は目視により，日没後はクロマグロが産卵時に水面で起こす激しい水音により確認している。産卵行動を確認すると，音などから産卵場所を判断し直ちに小型作業船で近づいてタモ網または透明計量カップで海水面に漂う浮上卵を採集することで産卵の確認を行ってきた。

しかし，目視や音による産卵行動の確認は，表層で行われる産卵行動には対処できるが，底層から中層で行われた場合の見落としが懸念された。また，奄美海域における養成クロマグロの産卵は，海水温が24℃以上で行われる[1]ため，産卵期間は5月初旬〜11月までの長期間となり，この期間の毎日の産卵確認作業は極めて困難である。さらに当センターでは，親魚の産卵時刻が当初17:30〜23:30であったことから，近年，同時刻内での産卵確認しか実施していない。このため，より正確な産卵状況を把握するため，近畿大学水産研究所で考案された産卵確認用の採集ネット（以下，採集ネット）を用い，仕切網内に設けた定点で受精卵を採集することで，採集ネットの有効性を検討するとともに，これまで未確認であった期間，時間帯についての産卵状況を調査した。

材料と方法

採集ネットの改良　採集ネットは，卵を回収するサンプル瓶の部分に改良を加えた（写真1）。すなわち，基本形状はプランクトンネットとほぼ同様で，プランクトン回収口に500mℓのサンプル瓶（透明塩ビ製のＴ型広口瓶）を取り付けたものであるが，サンプル瓶の蓋の部分を円形に切り抜き，その中にペットボトルの先端部分（丸形）約5cm を切り取ったものを，漏斗を逆さまにした形で貼り付けた（写真1）。この改良により，一旦採集された卵は時間経過による比重の変化や波浪による影響を受けてもサンプル瓶内に留まるようになった。

採集ネットの設置地点　採集の定点を図1に示した。これまでの産卵記録（升間ら，未発表）に基づき，産卵行動が多く見られた場所5ヵ所を選定し，定点番号は仕切網内南側湾奥より反時計回りに No.1から No.5とした（5月8日〜7月31日）。産卵行動が見られなくなった8月1日〜10月31日では，採卵精度を高める目的で，仕切網 B と仕切網 A の中央付近にそれぞれ定点を追加した。定点番号は B 側を No.6，A 側を No.7とした（図1）。

採集ネットの設置方法　設置方法を図2に示した。クロマグロ卵は分離浮上性で，受精後約19時間（26〜27℃）までは海水比重より軽く浮上し続ける性質[2]を利用して採集するため，開口部を下向きに，プランクトンの回収（円錐形の先端部）にあたる部分を上向きとし，さらにその上部にフロートを付け，円錐状のネットが水面付近に位置するように調整した。開口部にはステンレス枠（直径約65cm）を使用し，ネット（T-280，オープニング0.55×0.75mm）部分の長さを約60cm とした。ステンレス枠の一端に約2m のロープを取り付け，その端を定点に設置したフロートにカラビナで接続し，脱着を容易にした。採集ネットは，フロートとロープ（水深により18〜30m）および沈子（20kg）で設置した。

産卵の確認　観察者による産卵の確認および採卵は，2006年5月1日〜9月1日の荒天時を除く123日間行った。一方，採集ネットによる確認は，5月8日〜10月31日までに2回の台風が接近した5日間を除く計172日間行った。

採集ネットは，産卵行動の観察を開始する前の17:30〜18:00に各定点に設置し，翌日の9:30〜10:30に回収した。回収したサンプル瓶は，直ちに蓋をして実験室へ持ち帰り卵の有無を確認した。回収した卵は時計皿に全て取り出し，実体顕微鏡（Olympus；SZX-12）下で発生段階の観察と卵数を計数した。採集ネットの設置後，最初に採れた5月14日の卵については，PCR-RFLP 法で mtDNA の D-loop 領域を調べ，クロマグロ卵であることを確認した。また，顕微鏡による目視観察で他魚種との判別が困難な卵については，6穴のマイクロプレート（IWAKI；MICROPLATE 6Well with Lid）に海水と共に収容し，26℃の恒温器内で一晩振盪させてふ化させ，ふ化仔魚の形態

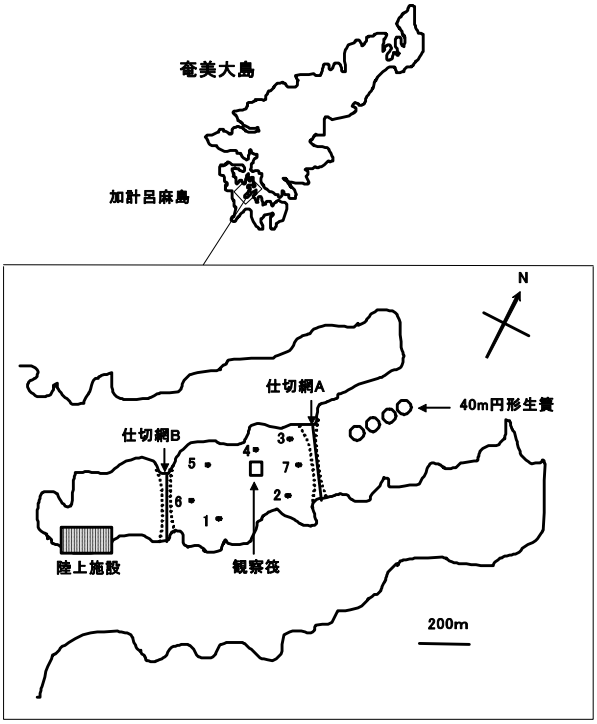


図１　奄美栽培漁業センターにおける仕切網の位置と採集ネットの設置場所
（地図内の番号と黒点は採集ネットの通し番号とその設置場所を示す）

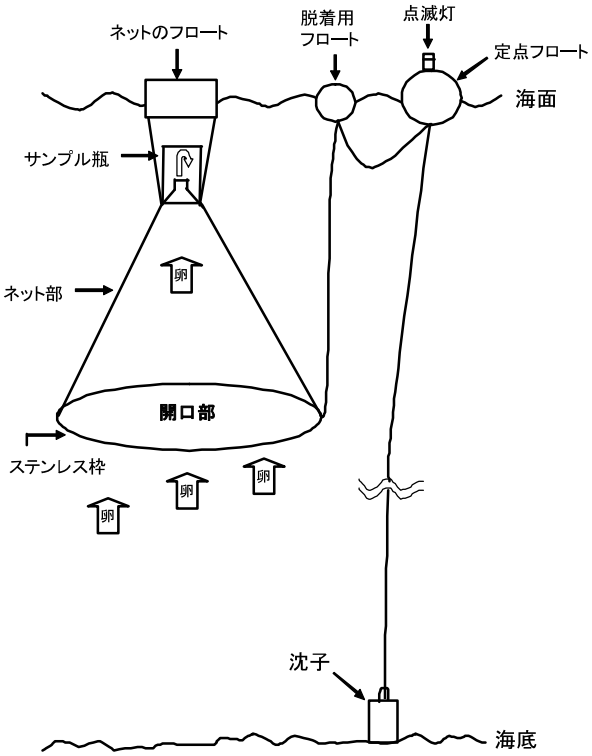


図２　採集ネットの設置方法
（白抜きの矢印は浮上卵の移動を示す）

写真1　採集ネットの改良と全体図

表1　クロマグロの採卵結果及び採集ネットによる採集卵数

産卵の確認と採卵数				採集ネットによる採集卵数							備考
				月日	採集ネットNo.*3					合計	
月日	時刻*1	採卵数（万粒）	場所*2		1	2	3	4	5		
5月13日	－	－	－	5月14日	0	452	0	0	0	452	5月13日に産卵行動は観察されなかった
5月18日	18:20	70.6	4の周辺	5月19日	0	11	49	845	6	911	
5月19日	18:45	67.7	1の周辺	5月20日	348	0	203	1,014	5	1,570	No.2のサンプルビン内の漏斗はずれる
5月20日	18:17	117.6	4と5の間	5月21日	4	1	－	1,583	28	1,616	No.3ネット行方不明
5月21日	18:03	62.5	4と5の間	5月22日	1	0	39	8	4	52	
5月22日	17:43	177.0	4と5の間	5月23日	1	3	78	19	12	113	
5月23日	17:28	134.7	4と5の間	5月24日	1	4	1	119	1	126	
5月25日	17:48	94.1	5の沖側	5月26日	0	0	12	4	121	137	
5月26日	17:56	39.8	1と2の間	5月27日	36	281	23	7	0	347	
5月27日	17:58	175.4	1と5の間	5月28日	0	0	12	4	121	137	
5月31日	18:07	71.4	2の周辺	6月1日	12	23	1	3	28	67	
6月5日	18:03	52.3	2と3の間	6月6日	0	0	244	0	0	244	
6月17日	18:02	24.0	1と5の間	6月18日	0	1	44	27	36	108	
6月18日	17:50	89.0	筏付近	6月19日	0	1	0	2	0	3	
6月19日	18:43	12.7	3付近	6月20日	0	0	1	0	0	1	
6月21日	18:00	32.5	2付近	6月22日	19	1	0	2	0	22	
6月23日	17:45	565.3	5付近	6月24日	0	2	0	0	577	579	
7月5日	20:15	143.2	2付近	7月6日	0	12	7	0	1	20	
合計		1,929.8			422	792	714	3,637	940	6,505	

*1　産卵時刻
*2　番号は採集ネット設置定点No.
*3　No.6とNo.7は8月1日からセットし，クロマグロ受精卵の採集が全く無かったため本表には省略した

や色素胞の位置等からクロマグロであるか否かを判別した。

結　　果

観察者による採卵結果と採集ネットによる受精卵採集結果の概要を表1に示した。

5月14日に，クロマグロと考えられる受精卵が No.2の採集ネットで採集された。この時の受精卵は，採集時の発生段階（胚体形成期）と海水温（24.6℃：午前8時30分）の関係[3]から5月13日夕刻の産卵であると推定された。また，この受精卵の mtDNA 分析から，2003年に産卵経験のある13歳の雌由来であることが分かった。産卵は，7月5日まで延べ17日間確認できた。産卵行動の観察と採卵を行った翌日の採集ネットには，1～千数百粒の受精卵が採集された。また，同一日に採集された受精卵の発生段階はすべて同じで，観察者が採卵した卵の発生段階と一致した。また，5月14日以外では，観察による産卵行動の有無と翌日の採集ネットでの採卵の有無は一致した。

7月5日以降は，産卵行動も採集ネットでの採卵も確認できなくなった。さらに，8月1日から採集ネットを2個（No.6と7）追加したが，10月31日まで採卵は確認されなかった。

考　　察

養成したクロマグロの産卵生態を解明する上で，産卵の開始，回数および終了の時期と環境データ等との検証は重要な要素となる。今回，近畿大学方式の採集ネットを一部改良して仕切網内に設置したことにより，長期間

および荒天時における産卵の確認が可能となり，その結果観察者が目視で確認できなかった初回の産卵を確認することができた。また，産卵を確認した翌日には採集ネットで1個以上の受精卵が採集されていたこと，DNA 分析により産卵した雌親魚が判別できたことから，採集ネットの利用により，産卵の有無や雌親魚ごとの産卵回数の調査が可能であり，従来の観察による産卵確認の補填的な役割を果たす結果が得られた。

また，採集ネットでの採集結果から，5月14日に産卵された卵は発生段階から前日の夕刻に産卵されたと推定された。さらに，発生段階は前日に採卵した卵の発生段階と一致していることなどから，本年度の産卵時間は観察時間中に行われたと考えられた。

産卵確認のためには，産卵された受精卵の一部を確実に採集する必要がある。このため，採集ネットの設置については，仕切網内の潮流を把握するとともに，クロマグロの産卵行動に支障を与えない個数と設置場所についての検討が必要である。

謝　辞

今回行った採集ネットによる産卵確認方法は，近畿大学水産研究所において考案されたものであり，その導入に際し，構造および使用方法について懇切丁寧に御指導頂きました同研究所の宮下盛教授，岡田貴彦技術係長，向井良夫技術主任に深謝します。

文　献

1) 升間主計・手塚信弘・小磯雅彦・神保忠雄・武部孝行・山崎英樹・尾花博幸・井手健太郎・二階堂英城・今泉　均（2006）養成クロマグロの産卵に及ぼす水温の影響. 水産総合研究センター研究報告，別冊4，157-171.

2) 升間主計（2006）クロマグロ・キハダの親魚養成と産卵生態に関する研究. 九州大学農学部博士論文，pp.1-197.

3) 宮下　盛・田中祐志・澤田好史・村田　修・服部亘宏・滝井健二・向井良夫・熊井英水（2000）クロマグロ卵の発生と孵化に及ぼす水温の影響. 水産増殖，48，199-207.

炭酸ガスによるサケ親魚への麻酔効果の検討

山本　岳男[*1]・渡辺　研一[*2]・今井　　智[*3]・大貫　　努[*4]・
飯田　真也[*5]・細川　隆良[*6]・中島　　歩[*6]
（*1　小浜栽培漁業センター，*2　養殖研究所病害防除部，*3　さけますセンターさけます研究部技術開発室，
*4　さけますセンター帯広事業所，*5　さけますセンター北見事業所，*6　さけますセンター鶴居事業所）

現在，水産用医薬品の麻酔剤としてFA100（大日本住友製薬）のみが認可されているが，2006年の食品衛生法の改定に伴うポジティブリスト制度の導入により，魚類に7日間の休薬期間が設定され[1]，休薬期間内に食用となる可能性のある魚介類への使用は不可能となった。このため，沿岸来遊期のサケ *Oncorhynchus keta* 親魚は食用として漁獲されているため，標識施術等に関してFA100を使用することはできなくなり，新たな麻酔の開発が必要となった。そこで同属のニジマス *O. mykiss*[2-4] およびマスノスケ *O. tschawytscha*[2] への麻酔効果が報告されている炭酸ガスを用い，海水中におけるサケ親魚への麻酔効果について検討した。

本報告では，炭酸ガス源としてヒラメに対して有効性が認められている炭酸ガス発泡剤[5] およびドライアイスを使用し，炭酸ガス濃度と麻酔および覚醒までの時間を検討した。さらに，炭酸ガスは水中への溶解量の増加に伴い，溶液のpH[6-7] と溶存酸素濃度[8]（以下，DO）の低下が指摘されていることから，炭酸ガス濃度とpHおよびDOの関係を検討した。

材料と方法

供試魚　沿岸で漁獲されたサケを活魚で入手することが困難であったため，2006年9月25日に（社）十勝釧路管内さけます増殖事業協会釧路川捕獲場で捕獲した50尾のうち，本試験では河川に入ってからの期間が短いと思われる婚姻色の薄いサケ18尾（尾叉長69.8±4.0cm，体重4.2±0.9kg）を使用した（表1）。

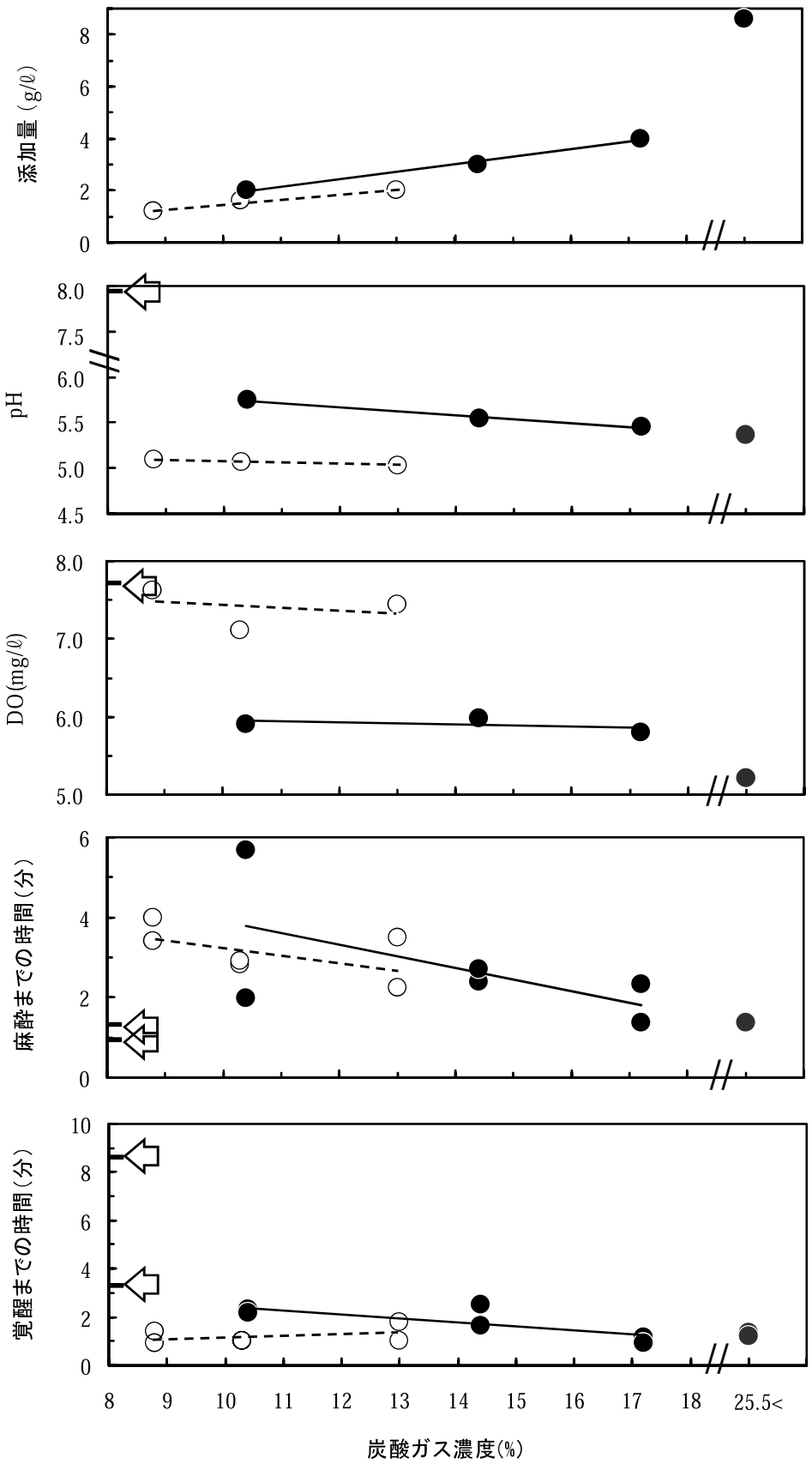
供試魚の輸送および水温，塩分馴致　捕獲したサケは直ちにタンク（水量約4kℓ）に収容し，トラックで厚岸栽培技術開発センター（以下，センター）まで輸送した。輸送時間は1時間20分であった。輸送中はタンク内の塩分濃度を13psu とし，塩分馴致させた。センター到着後はさらに水温，塩分の馴致を行い，タンク（水温7.4℃，塩分濃度13psu）と17kℓ水槽（同16.2℃，33psu）の水を水中ポンプで30分間循環させ，タンク内の水温が13.7℃，塩分濃度が28psu となった時点で，水槽1面に50尾全てを収容した。飼育水は100％海水を使用し，注水量は1kℓ／時間とし，酸欠を防止するため強通気にした。サケを落ち着かせるため，収容後は水槽の上面を青色のビニールシートで覆って14時間安静を保ち，試験は9月26日に行った。

炭酸ガス源　炭酸ガス発泡剤（以下，発泡剤）は，渡辺[5] に従い，食品添加物であるコハク酸（扶桑化学工業），重曹（松井喜一商店），グリセリン（坂本薬品工業）から作製し，ドライアイスは市販の食品冷却用を使用した。

表1　発泡剤およびドライアイスを用いたサケ親魚の麻酔試験

試験区	麻酔剤	投入量	供試尾数	供試個体 尾叉長（cm）／体重（kg）	
対照区	FA100	0.25mℓ/ℓ	2	①65.0／3.3	②70.5／4.2
1	発泡剤	1.2g/ℓ	2	①67.0／3.4	②67.0／4.1
2	発泡剤	1.6g/ℓ	2	①69.0／3.9	②77.0／6.2
3	発泡剤	2.0g/ℓ	2	①73.5／4.9	②74.0／5.2
4	ドライアイス	2.0g/ℓ	2	①68.0／3.6	②69.0／4.0
5	ドライアイス	3.0g/ℓ	2	①69.0／3.9	②7.00／4.2
6	ドライアイス	4.0g/ℓ	2	①66.0／3.5	②73.0／5.0
7	ドライアイス	8.6g/ℓ	2	①61.0／2.9	②76.0／5.6

＊　発泡剤は，コハク酸と重曹を1:1で混合し，合計重量の10％のグリセリンを固形化剤として添加して作製
＊　発泡剤は砕かずに水中に投入したが，ドライアイスは細かく粉砕した



○：発泡剤，●：ドライアイス．左縦軸の矢印は対照区（FA100）の結果。
なお，炭酸ガス濃度はドライアイス8.6g/ℓでは25.5%以上で測定不能，FA100は0%

図１　麻酔剤の添加による炭酸ガス濃度と pH，DO および麻酔と覚醒に要する時間

水中に添加後，発泡剤は，コハク酸と重曹の主成分である炭酸水素ナトリウムの反応の効率を上げるために砕かずに，ドライアイスは短時間で昇華させるために粉砕した。

試験区の設定　試験区を表1に示した。試験区は，それぞれ炭酸ガス源として発泡剤を1.2g／ℓ，1.6g／ℓおよび2.0g／ℓを添加する区とドライアイスを2.0g／ℓ，3.0g／ℓ，4.0g／ℓおよび8.6g／ℓを添加する区の7区を設けた。対照区として，FA100を0.25mℓ／ℓ（1/4,000）を添加する区を設けた。試験には200ℓ水槽（サンボックス#200；三甲）を用い，水量は100ℓとした。各試験区の供試尾数は，2尾とした。

環境測定　作製した麻酔液は，直ちに炭酸ガス濃度（CGP-1；TOA DKK。測定範囲0～25.5%），pH（HM-14P；TOA DKK）およびDO（DO-14P；TOA DKK）を測定した。

麻酔および覚醒方法　麻酔液にはサケ2尾を同時に収容し，個体毎の麻酔までの時間をストップウォッチで計測した。麻酔状態となったサケはただちに取り上げて流水状態にした覚醒用の200ℓ水槽（麻酔用と同型）に収容し，収容から覚醒までの時間を計測した。麻酔と覚醒の定義はBernier & Randall[3]に従い，麻酔は平衡を失って体は動かないが呼吸頻度は通常と変わらない状態（Stage of anaethesia II），覚醒は体が平衡になった状態（Stage of recovery II）とした。

結　果

麻酔剤添加による環境変化　各試験区の炭酸ガス源の添加量による炭酸ガス濃度とpHおよびDOの変化を図1に示した。麻酔効果の指標である炭酸ガス濃度は，発泡剤，ドライアイスとも添加量の増加に伴って上昇する傾向が認められ，発泡剤では最大量を添加した2.0g／ℓ区で13.0%であった。ドライアイスでは増加傾向が顕著であり，4g／ℓ区で17.2%に達し，最大量の8.6g／ℓ区では測定範囲外（25.5%以上）となった。

飼育海水および対照区（FA100添加）のpHは7.93であった。発泡剤の添加により，pH値は5.1以下に低下したが添加量（炭酸ガス濃度）の増加に伴う変化は少なかった。一方，ドライアイスではpH値は発泡剤より高かったが添加量の増加に伴う低下が認められた。

DOは，発泡剤では7.11～7.63mg／ℓで添加量の増加に伴う変化は認められず，さらに対照区（FA100）の7.71mg／ℓとの差は小さかった。一方，ドライアイス2.0～4.0g／ℓでは，添加量の増加に伴う変化はほとんど認められなかったが5.21～5.98mg／ℓと対照区と比べて著しく低く，添加量8.6g／ℓでは5.21mg／ℓとなり低下した。

麻酔および覚醒に要する時間　炭酸ガス濃度と麻酔および覚醒までに要する時間を図1に示した。対照区（FA100）の麻酔時間は，56秒と1分18秒であった。これに対して，発泡剤とドライアイスでは個体差は大きいが麻酔までの時間は炭酸ガス濃度の上昇に伴って短くなり，発泡剤で最も効果が得られたのは2.0g／ℓ区（炭酸ガス濃度13.0%）の2分14秒と3分29秒，ドライアイスでは8.6g／ℓ区（炭酸ガス濃度25.5%以上）の1分20秒と1分23秒であった。炭酸ガスによる麻酔は，各試験区とも効果が認められたが対照区より長時間を要し，ドライアイス8.6g／ℓ区でのみ同程度の効果が得られた。

覚醒時間は，対照区の3分17秒と8分37秒に対して，発泡剤とドライアイスでは56秒～2分31秒と短く，個体差が認められたが，炭酸ガス濃度にほとんど影響されなかった。

考　察

麻酔に要する時間は，ニジマスでは炭酸ガス濃度が高いほど短縮することが知られており[3]，本試験で使用した発泡剤，ドライアイスともに炭酸ガス濃度は添加量の増加に伴って上昇し，麻酔時間は短縮した。

今回の試験で，FA100と同程度の麻酔効果が得られたのはドライアイスの添加量8.6g／ℓのみであった。この時の炭酸ガス濃度は，濃度計の測定範囲外であったが，添加量（2～4g／ℓ）と炭酸ガス濃度（10.4～17.2%）の相関（$y=0.29x-1.08$，x：炭酸ガス濃度，y：添加量，$R^2=0.99$）から33.4%と推定された。また，海水中の炭酸ガス分圧とpHには負の関係が認められており[6-7]，本試験における両者の相関（$y=-0.04x+6.21$，x：炭酸ガス濃度，y：pH，$R^2=0.98$）からは21.3%と算出された。両式からの推定値には10%以上の差があるが，サケに短時間で麻酔効果が得られる炭酸ガス濃度は，濃度計の上限付近と考えられた。この濃度は本試験では明らかに出来なかったが，濃度によって麻酔効果が異なることから，正確な濃度を把握する必要がある。

一方，炭酸ガス濃度が不明であっても，ドライアイス添加量8.6g／ℓとpH5.36を目安に麻酔を行えば効果が得られると考えられるが，炭酸ガスの溶解度[7]やpH[9]は水温や塩分濃度によって変化することが知られている。従って，ドライアイスを用いた麻酔法を確立するためには，まず短時間で効果の得られる炭酸ガス濃度を特定し，さらに麻酔効果の簡便な目安として使用海域での水質（塩分濃度，水温）を想定し，炭酸ガス濃度とドライアイス添加量およびpHの関係を把握する必要がある。

炭酸ガスによる麻酔時には，炭酸ガス濃度の上昇によりDOが低下する[8]ため，魚への安全性を考えて酸素通気が行われる場合[3, 6, 10]があるが，本試験では簡便性を重視し行わなかった。その結果，DO値は発泡剤では対照区と同程度であったが，ドライアイスでは6mg／ℓ以下に低下した。これは，炭酸ガスの発生が発泡剤では微細な気泡であったのに対して，ドライアイスでは添加により海水が激しく炭酸ガス曝気されたため，酸素が発散した可能性が考えられた。ドライアイスによる麻酔液のDO値は，サケの水産用水基準である7mg／ℓ[11]以下であったが，蓄養池におけるサケ親魚の死亡が報告されている3mg／ℓ[12]，蓄養時の最低安全溶存酸素量とされる3.5mg／ℓ[13]までの低下はなかった。炭酸ガス麻酔中のコイでは酸素が十分ある状態でも酸素欠乏にあることが指摘されており[10]，さらに長時間の麻酔後には鰭の脱色や眼球の混濁が観察されている[6]。今回の試験の範囲ではDOの低下による顕著な目立った弊害はなかったが，今後は麻酔時の酸素消費量の把握や酸素欠乏による弊害の検討が必要と考えられる。

本試験では全ての供試魚は覚醒し，覚醒に至る時間はいずれの炭酸ガス濃度も対照区のFA100よりも著しく短時間であった。しかし，ニジマス[3]ではストレスにより覚醒率の低下が知られていることから，サケにおいても魚の状態によって有効濃度や致死濃度が変化することも考えられるため，麻酔時には注意を要する。

発泡剤では，今回の試験の範囲ではFA100と同程度の麻酔効果が得られる添加量および炭酸ガス濃度は明らかに出来なかったが，添加量を増やすことで麻酔効果が得られる可能性があると考えられた。発泡剤の利点として，ドライアイスと異なり，作製が容易で常温で保存可能という点が挙げられるため，今後はさらに利用技術を開発するとともに承認医薬品としての承認が望まれている。

謝　辞

北海道区水産研究所栽培技術研究室の皆様には快く試験場所をお貸し頂き，また試験にあたって多大なるご協力を頂きました。(社) 十勝釧路管内さけます増殖事業協会には供試魚の捕獲および輸送をして頂きました。さけますセンター千歳事業所には試験にあたって事前の検討にご協力頂きました。さけますセンター技術開発室の皆様および千歳事業所大本謙一氏には試験方法についてアドバイスを頂きました。深くお礼申し上げます。

文　献

1) 農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課（2006）水産用医薬品の使用について．第20報，p. 24.

2) Fish, F.F. (1943) The anaesthesia of fish by high carbon dioxide concentrations. *Transactions of the American Fisheries Society,* **72**, 25-29.

3) Bernier, N. J., and D. J. Randall（1998）Carbon dioxide anaesthesia in rainbow trout: effects of hypercapnic level and stress on induction and recovery from anaesthetic treatment. *Journal of Fish Biology,* **52**, 621-637.

4) Gilderhus, P. A., and L. L. Marking (1987) Comparative efficiency of 16 anesthetic chemicals on rainbow trout. *North American Journal of fisheries Management,* **7**, 288-292.

5) 渡辺研一（2007）炭酸ガス発泡剤のヒラメ稚魚に対する麻酔効果．日水誌, **73**, 287-289.

6) 竹田達右・板沢靖男（1983）二酸化炭素麻酔の活魚輸送への応用可能性の検討．日水誌, **49**, 725-731.

7) 猿橋勝子（1970）炭酸ガスと炭酸物質.「海水の化学」（堀部純男編），東海大学出版会, 242-269.

8) 隆島史夫（1989）魚の麻酔Ⅱ．麻酔の実際②．水産の研究, **42**, 99-102.

9) 石井雅男・吉川久幸・松枝秀和（2000）炭酸系の気液平衡と化学平衡．電量滴定法による海水中の全炭酸濃度の高精度分析および大気中の二酸化炭素と海水中の全炭酸の放射性同位体比の測定．気象研究所技術報告, **41**, 5-7.

10) Itazawa, Y., and T. Takeda (1982) Respiration of carp under anesthesia induced by mixed bubbling of carbon dioxide and oxygen. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries,* **48**, 489-493.

11) 日本水産資源保護協会（2006）溶存酸素（DO）．水産用水基準（2005年版), 16-19.

12) 江口　弘・粟倉輝彦（1964）酸素収支からみた養魚池への適正放養尾数の算出について．魚と卵, **107**, 7-9.

13) 戸叶　恒（1984）親魚の蓄養用水の観察ー千歳川の場合ー．魚と卵, **154**, 13-16.

陸上水槽で養成したハモの成長について

加治　俊二[*1]・西　　明文[*2]・足立　純一[*1]・橋本　　博[*1]
（[*1]　志布志栽培漁業センター，[*2]　奄美栽培漁業センター）

ハモ *Muraenesox cinereus* の親魚養成技術開発については，1979年から日本栽培漁業協会上浦事業場（現，養殖研究所上浦栽培技術開発センター）が採卵技術の開発に取り組み，1986年には年間100万尾を超えるふ化仔魚を得ることが可能となった[1)]。志布志栽培漁業センターでは，2001年から親魚の養成試験を開始し，2004年には年間1,000万粒以上の採卵が可能となった。しかし，産卵に関与しない雌親魚が多いこと，受精率が低いことなどの課題が残されている。

当センターでは，漁獲された天然ハモを活け込んで陸上の大型 RC 水槽で周年養成を実施しているが，これまで陸上水槽でハモの長期養成を行った事例がないため，養成に関する基礎的な知見はほとんどない。そこで，今後の親魚養成技術開発に資する知見を得るために，親魚の年間成長率，体重の季節変動を調査した。

材料と方法

供試魚　親魚の入手状況を表1に示した。2001～2003年に，宮崎県日向灘，鹿児島県志布志湾および八代海で小型底曳網，刺網および吾智網で漁獲された天然個体を入手し，当センターの陸上水槽で1～5年間養成した。

養成方法　養成には，屋外の角形 RC 水槽（実水量30～380 kℓ）を用いた。水槽は上部を寒冷紗（遮光率80％二重張り）で遮光し，水槽底には巣穴として80cm 長×内径100mm の塩ビパイプ60～80個を設置した。養成密度は0.74～2.14尾／m^2とした。飼育水には砂ろ過海水を用い，自然水温で2.1～2.7回転／日の流水飼育とした。餌料には冷凍のマアジ，マサバ，スルメイカを用い，10～20g程度に切って与えた。マアジ，マサバにはゼラチンカプセル（＃2；日本薬局）に詰めた市販ビタミン剤（アトルブランドオリジナル；アトル）を埋め込んだ。給餌は夕方に行い，給餌回数は摂餌状況に応じて週0～3回とした。給餌量はわずかに残餌がみられる程度を目安として適宜増減させた。

また，水槽の汚れに応じて低水温期（12～5月）には2～3カ月に1回，高水温期（6～11月）には1カ月に1回程度の水槽替えを行い，2002年5月以降はハダムシ *Neobenedenia girellae* 駆除のために水槽替えと同時に5～7分間の淡水浴を行った。

調査方法　養成期間は2002年4月～2007年4月で，毎年2～4月に全個体の全長，肛門前長および体重を測定し，個体識別のために胸鰭後方から肛門までの左体側面に焼印で番号標識を施した。各測定項目について，年間成長率（前年度の測定値に対する当年度の増加率）を個体毎に求め，大きさ別，雌雄別に比較した。さらに，全長と肛門前長については，天然ハモの知見[2, 3)]から年間成長率（前年齢の大きさに対する当年齢の増加率）を求め，これを養成個体と比較した。

また，体重の季節変動を調べるため，上記の測定以外に年間6～8回，任意の個体について体重を測定し，上記測定時の体重に対する体重比（％）を求めた。

なお，雌雄の判別は，成熟期の排精の確認とバイオプシーによる卵巣卵採取（内径1mm のポリエチレンチューブのカニューレ使用）に拠った。

結果と考察

毎年2～4月に全長，肛門前長および体重を測定した個体は延べ1596尾（♀660尾，♂936尾）で，このうち，死亡や成熟調査などで取り上げた個体および明らかに健康状態の悪い個体を除く延べ1202尾（♀494尾，♂708尾）

表 1　天然ハモの収容一覧表

入手期間	入手海域	漁獲方法	入　手		収容尾数（尾）
			尾数（尾）	平均体重（kg）	
2001.4.11～2003.5.16	日向灘	小型底曳網	502	0.46	490
2001.4.12～2002.6.27	志布志湾	小型底曳網	211	0.97	100
2001.6.27～8.7	八代海	刺網，吾智網	342	0.50	327

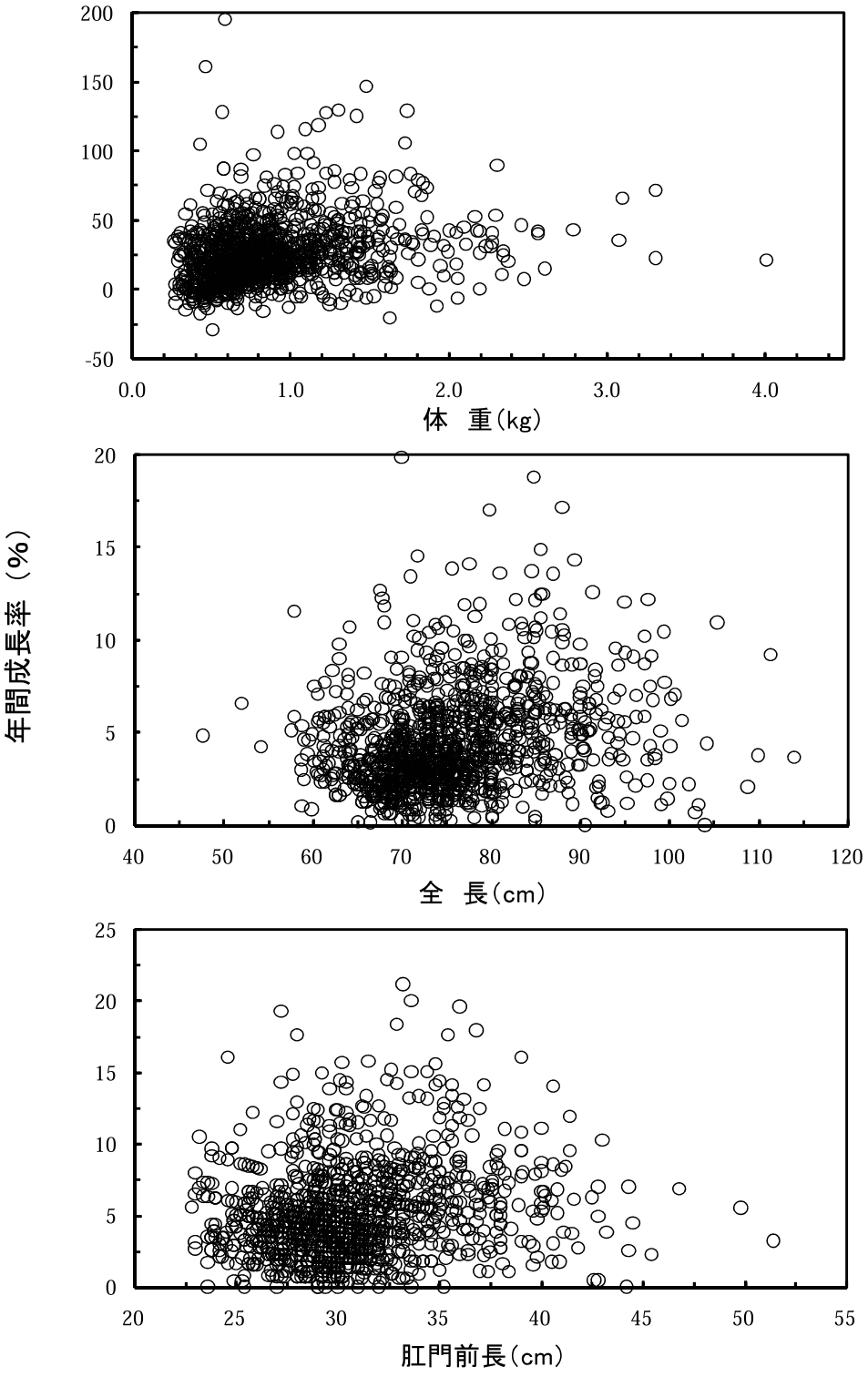


図１　養成ハモの個体別に見た体重，全長および肛門前長の前年度に対する年間成長率

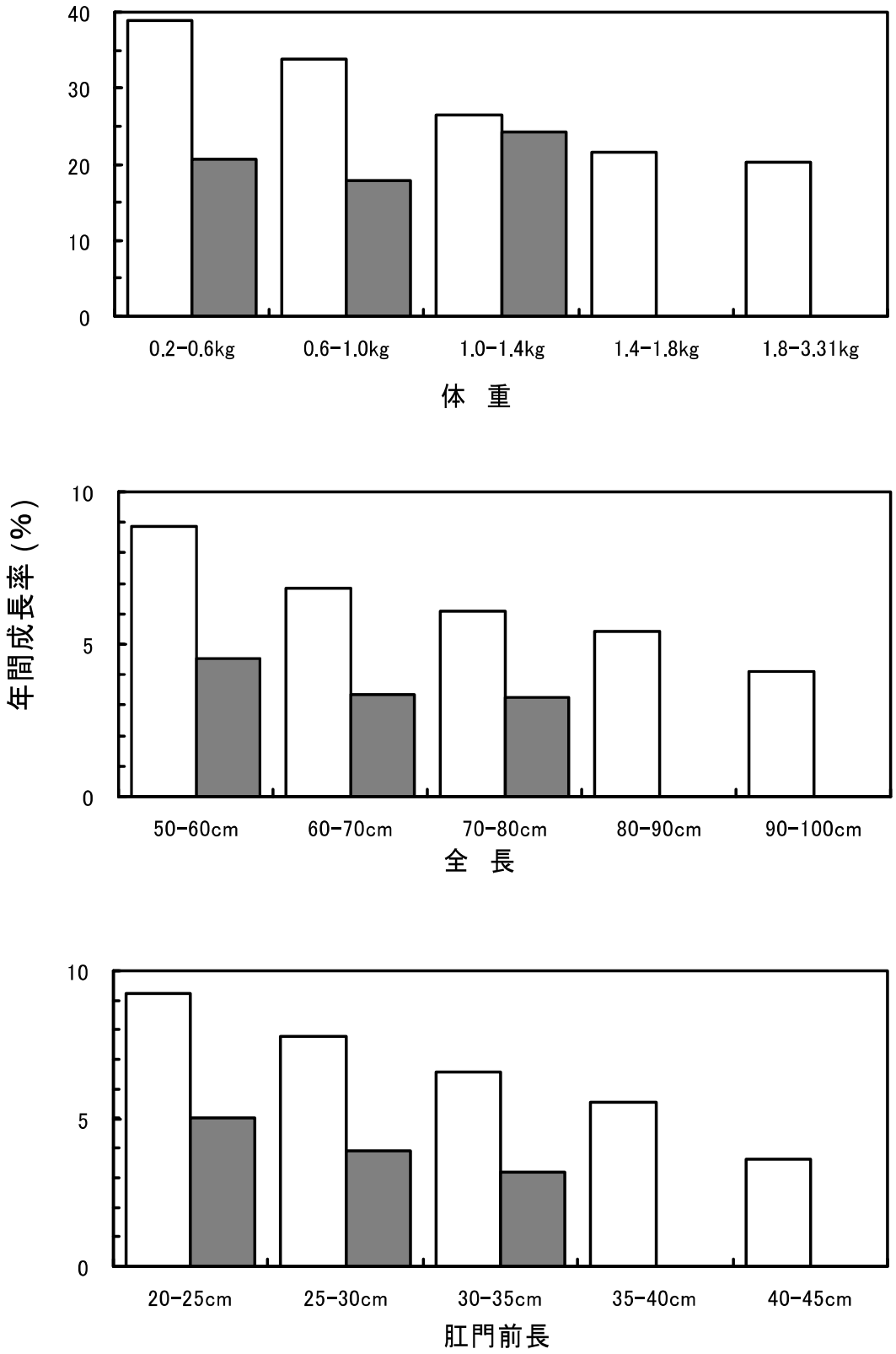


図 2　養成ハモ親魚の大きさ別，雌雄別の年間成長率

□：♀，　■：♂

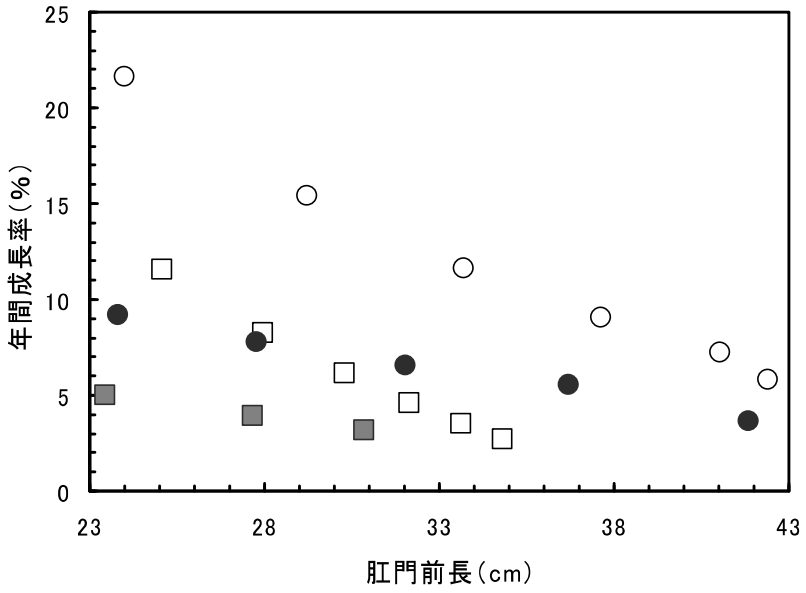


図 3　養成ハモおよび東シナ海天然ハモの肛門前長での年間成長率比較

＊ 東シナ海天然ハモの年間成長率は大滝[2] の年齢と肛門前長の関係式からデータを得て計算した値である

○：東シナ海♀，　□：東シナ海♂，　●：養成個体♀，　■：養成個体♂

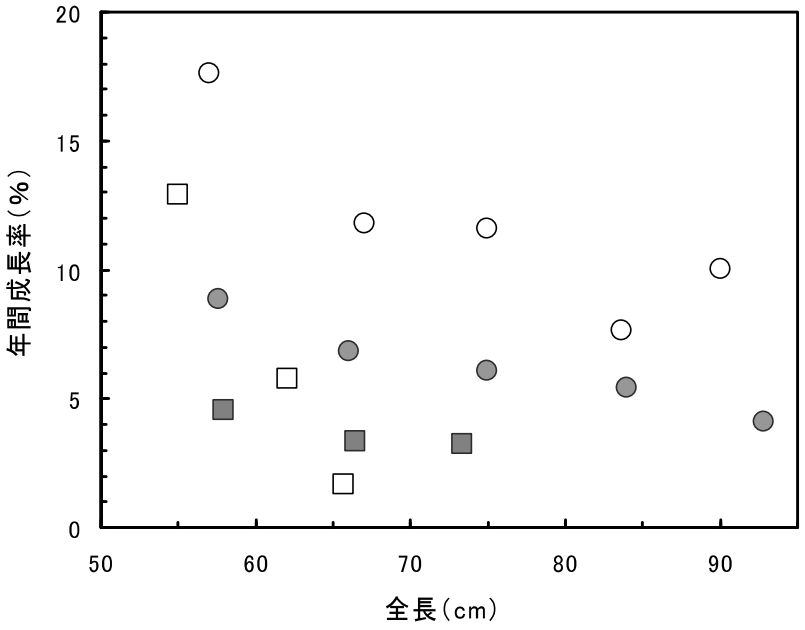


図 4　養成ハモおよび瀬戸内海天然ハモの全長での年間成長率比較

＊ 瀬戸内海天然ハモの年間成長率は高井[3] の年齢と全長の関係表からデータを得て計算した値である

○：瀬戸内海♀，　□：瀬戸内海♂，　●養成個体♀，　■：養成個体♂

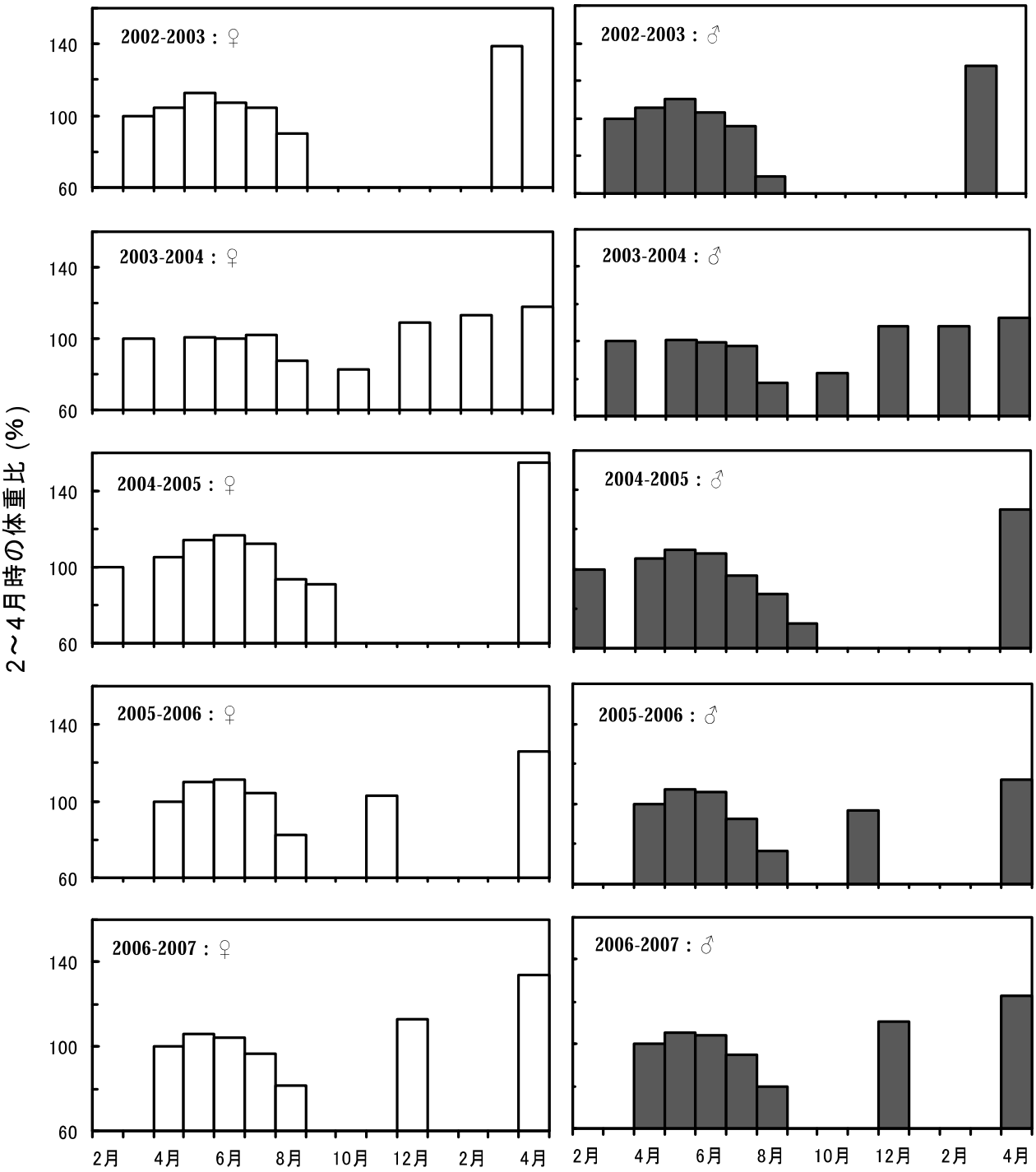


図 5　養成ハモ親魚の体重の季節変化

について年間成長率を求め図1に示した。これを見ると，体重では−29%～195%（平均±SD：25±22.6），全長では0～20%（同：4.4±2.68），肛門前長では0～21%（同：5.1±3.25）と顕著な個体差が認められた。さらに，雌雄別，大きさ別に区分した年間成長率を図2に示した。雌雄別には，どの大きさでも全ての測定項目で雌の成長率が雄よりも高かった。全長および肛門前長では，雌雄ともに成長に伴って年間成長率が低くなる傾向が認められた。

天然個体の年間成長率を，東シナ海産の年齢と肛門前長[2]および瀬戸内海産の年齢と全長[3]の知見から求めて，養成個体と比較した（図3，4）。これを見ると，年間成長率は養成および天然個体ともに成長に伴って低下し，常

に雌が高いという傾向が認められ，どの大きさでも天然個体のほうが高く，特に小さい個体ほど両者の差が大きい傾向があった。この原因は水温と摂餌量にあると考えられた。天然個体の生息域の水温帯は17～25℃であるが，当センターの養成水温は13～29℃と変動幅が大きく[4]，養成個体は低水温時と高水温時の摂餌不調によって，天然個体より成長の停滞時期が長くなると考えられた。さらに，養成個体では摂餌量に顕著な個体差が認められ，特に大型個体で積極的な摂餌が窺えることから，結果的に摂餌量の個体差が大きくなり，小さな個体ほど天然に比べて成長率が劣る傾向が強くなったと考えられる。

図5に，各年の2～4月時に測定した体重に対する体重比の変化を雌雄別に示した。体重は産卵期直前の6月[5]頃から減少が始まり，8～9月に最低となって2～4月時の7～9割まで減少した。その後，体重は急激に増加し，11～12月に2～4月時の体重を超え，翌1～2月には低水温によりやや増重が鈍るものの翌5月まで増加が続いた。雌雄別では雄で体重の減少がより顕著であった。6月から見られる体重の減少傾向は，東シナ海産天然個体の耳石から推定される6月の成長停滞期と良く符合している[6, 7]。8～9月の体重の急減については，志布志湾産天然個体でも5～6月期の体重に対する8～9月期の体重比が85～89％になると試算されることから（加治未発表），産卵期の影響が一因と考えられる。しかし，今回の養成個体で5～6月期の体重に対する8～9月期の体重比を試算すると，その値は各年の平均値で73～83％となり，天然個体よりも体重減少が顕著であることから，産卵期の影響に加えて高水温による摂餌不良も影響していると考えられる。また，2002年と2003年には *N. girellae* の寄生がみられたが，2003年の成長停滞は *N. girellae* 寄生前の5～6月から認められており，その影響は不明であった。

今回の調査結果から，養成したハモの成長はサイズ別，雌雄別とも天然個体とほぼ同様の傾向を示したが，成長速度が劣っていることが判明した。その原因として，摂餌量に見られる顕著な個体差と高水温による影響が考えられた。また，当センターで養成した個体からの採卵量は雌の尾数および大きさと孕卵数から計算される期待量の3～4割程度しかなく（加治未発表），産卵期に当る夏期の高水温での養成は産卵にも大きな影響を与えている可能性が高い。現状の流水飼育では，高水温時の冷却飼育はコスト面から難しいため，養成時のサイズの選別の徹底と低密度での養成手法の検討を進めるとともに，小型水槽の利用や閉鎖循環ろ過方式の導入などによる低コストで調温可能な養成方法の検討が必要である。

文　献

1) 広川　潤・藤本　宏（1987）種苗生産を目的とするハモの採卵について．栽培技研，**16**，17-24.

2) 大滝英夫（1980）以西底魚資源主要魚種の生物学的特徴，青山恒雄編．新水産学全集10，恒星社厚生閣，東京.

3) 高井　徹（1959）日本産重要ウナギ目魚類の形態，生態および増殖に関する研究．農水講研報，**8**，209-555.

4) 西　明文・加治俊二・足立純一・山崎哲男（2005）陸上水槽で養成したハモの摂餌量について．栽培漁業センター技報，**4**，6-8.

5) 加治俊二・西　明文・足立純一（2004）陸上水槽で養成しているハモの成熟状況の季節変化．栽培漁業センター技報，**1**，16-18.

6) 三尾真一・濱田律子・篠原富美子（1975）主要底魚資源の成長及び成熟の経年変化．西海水研研報，**47**，51-95.

7) 金　美呈・姜　竜柱・朴　且沫（1998）韓国沿近海ハモ *Muraenesox cinereus*（FORKÅL）の資源管理に関する研究－Ⅱ．年齢と成長．韓国水産資源学会誌，**1**，11-17．（大滝英夫訳．平成11年度日本近海シェアドストック管理調査委託事業報告書．水産庁）

飼育手法の改良によるトラフグ良質種苗の生産試験

鈴木　重則・成生　正彦・榮　　健次
（南伊豆栽培漁業センター）

トラフグ *Takifugu rubripes* は主に遠州灘，日本海西部，瀬戸内海周辺および東シナ海に分布する我が国沿岸漁業における重要な魚種の1つである。本種は，歯ごたえのある淡泊な身で古来より日本人を魅了し，トラフグ漁業に係わる地域の伝統文化や多彩な食文化の形成にも寄与してきた。その経済的価値は非常に高く，キロ単価は浜値で1万円を超える。本種の流通・消費は，過去には下関や北九州周辺に限られていたが，養殖魚の台頭や，遠州灘周辺資源の開発により日本全国に拡大しつつある。しかしながら近年，我が国周辺水域のトラフグ3系群（日本海・東シナ海系群，瀬戸内海系群および伊勢・三河湾系群）は乱獲や環境変動により，資源水準は低位，資源動向は減少傾向と評価されている[1)]。そのため，人工種苗放流等による積極的な資源回復に向けた対策を講じて，漁獲量の安定を図る研究開発が必要とされている。

一方，トラフグ仔稚魚の飼育は1960年に藤田[2)] が初めて成功した後，山口県水産種苗センターで量産が始まり，現在では日本各地で年間200～400万尾の人工種苗が放流を目的として生産されている[3)]。トラフグの種苗生産では，ふ化15日目，全長4～6mm に達した頃から仔魚同士の噛み合いが激しくなり，尾鰭の欠損および大量死亡などが発生し，種苗の安定生産を行う上で大きな問題となっている[4)]。また，高率で尾鰭欠損の認められる生産群では，正常な生産群と比較して放流効果が低いという報告もあり[5)]，トラフグの栽培漁業技術を確立する上でも解決しなければならない課題となっている。

南伊豆栽培漁業センターでは，トラフグ伊勢・三河系群をモデルとして，人工種苗の放流を核とした水産資源の持続的利用を目指した研究開発を進めている。その一環として，県栽培漁業センター等への開発した種苗生産技術の供与，および，放流試験に供するためトラフグ人工種苗の量産試験を行っている。本種苗生産試験では，南伊豆栽培漁業センターで従来から行ってきた飼育方法に加えて，飼育水への貝化石の添加，照度の調整および給餌手法の変更を試みた結果，種苗同士の噛み合いによる尾鰭の欠損がほとんど発生せず，良好な生産結果が得られたので報告する。

材料と方法

飼育手法の改良　生産試験は3回実施し，それぞれ4月14日（試験1），4月26日（試験2）および5月3日（試験3）から開始した（表1）。本試験では，飼育手法の改良として，貝化石の微粉末（リヴァイタルグリーン；グリーンカルチャー）を飼育水に添加し，日齢10～24までは1日1回，7時に500g／槽，日齢25以降は1日2回，7時と11時にそれぞれ500g／槽を散布した。なお，従来の飼育方法では，日齢30～40に実施する分槽までの期間は上記の日齢10～24と同様の方法で貝化石を利用していたが，分槽後には貝化石の添加は行わなかった。

照度については，本試験では仔魚の摂餌を促進させる目的で，日齢20までは種苗生産棟内の蛍光灯を6～20時までタイマーで点灯し，水面付近での照度を200～400 lx（デジタル照度計　T-1M；ミノルタ）とした。日齢20以降は暗幕，寒冷紗および天井へ向けて設置した200W のレフランプ（6～19時までタイマーで点灯）を利用して，水面付近での照度を50 lx 以下とした。なお，従来の飼育方法では，飼育期間を通して種苗生産棟内の蛍光灯を点灯し，日齢20以降に照度を低下させることはしなかった。

給餌手法は，従来の飼育方法ではシオミズツボワムシ（以下，L 型ワムシ），アルテミア幼生，冷凍コペポーダ（㈲アイエスシー），配合飼料および冷凍アミエビを利用していたが，本試験では冷凍アミエビは利用しなかった。

供試魚　試験に用いたふ化仔魚は，南伊豆栽培漁業センターの100kℓ容量のコンクリート製角型水槽で短期養成したトラフグ天然親魚から人工授精により得たもので，各試験区の収容尾数は試験1で22.6万尾（収容密度4,520尾／kℓ），試験2で13.9万尾（同2,780尾／kℓ），および試験3で29.7万尾（同5.940尾／kℓ）とした。

飼育方法　飼育水槽には50kℓ容量の国防色コンクリート製角型水槽を使用した。通気は飼育水にゆるやかな水流を発生させるために，水槽の四隅に設置したユニホースで行った。注水は，日齢25までは夕方から翌朝のみ1～3kℓ／時間とし，日中は給餌した生物餌料の流出を防止するために止水とした。配合飼料の給餌を開始した日齢25以降は常時3～5kℓ／時間の一定水量の注水を行うことで飼育環境の維持を図った。ふ化仔魚収容時の飼育水温

表 1　トラフグ種苗生産試験における給餌スケジュール（2006 年）

日齢	給餌時間														
	AM							PM							
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3					R										
12					R		Ar								
17		Ar			R		Ar								
21		Ar			Ar		Ar		Ar		Ar				
25		AD	Ar		Ar		Ar		Ar		Ar				
30		AD			Ar		Ar		Ar						
32		AD					Ar		Ar						
35		AD					Ar		Ar					AD	
46		AD							C					AD	
50		AD							C					AD	

R：ワムシ，Ar：アルテミア幼生，C：冷凍コペポーダ，AD：配合飼料（手撒き）

点線：配合飼料を自動給餌器により30分間隔で給餌

表 2　トラフグの種苗生産試験の概要（2006 年）

試験区	収容					取り上げ					
	水槽容量（kℓ）	水槽数（面）	収容日	収容尾数（万尾）	収容密度（尾／kℓ）	水槽数（面）	飼育日数	取上尾数（万尾）	密度（尾／kℓ）	生残率（%）	平均全長（mm）
1	50	1	4月14日	22.6	4,520	2	52	12.5	1,250	55.3	36.8
2	50	1	4月26日	13.9	2,780	2	71	11.6	1,160	83.5	57.7
3	50	1	5月3日	29.7	5,940	2	50	21.7	2,170	73.1	35.6
				66.2				45.8		69.2	

表 3　生産年度によるトラフグ種苗の日齢別平均全長の比較

日齢（日）	2001～2005 平均全長（mm）	2001～2005 範囲	2006 平均全長（mm）	2006 範囲
10	4.3	(3.9～ 4.4)	4.4	(4.0～ 4.7)
20	7.8	(6.3～ 9.4)	7.9	(7.4～ 8.9)
30	14.2	(12.8～15.5)	14.3	(13.6～15.4)
40	25.0	(19.5～27.4)	25.2	(24.3～26.1)
50	31.5	(28.4～33.6)	35.0	(34.4～35.6)

表 4　2006 年トラフグ種苗生産試験における取り上げ時のサイズ測定結果および尾鰭正常度の測定結果

試験区	標本数（尾）	日齢（日）	全長（mm）	体長（mm）	体重（g）	尾鰭正常度（%）							
						標本数（尾）	50	60	70	80	90	100	平均
1	30	52	36.8±2.5 (31.5～44.2)	31.6±2.1 (27.1～37.8)	1.48±0.30 (0.87～2.35)	104	2 1.9%	2 1.9%	16 15.4%	28 26.9%	40 38.5%	16 15.4%	84.4%
2	30	71	57.7±4.7 (51.4～66.1)	48.7±4.1 (42.2～56.5)	4.47±1.12 (2.81～6.74)	80			10 12.5%	38 47.5%	26 32.5%	6 7.5%	83.5%
3	30	50	35.6±2.5 (30.5～40.6)	29.7±2.1 (25.7～34.1)	1.12±0.25 (0.72～1.81)	115			4 3.5%	16 13.9%	43 37.4%	52 45.2%	92.4%

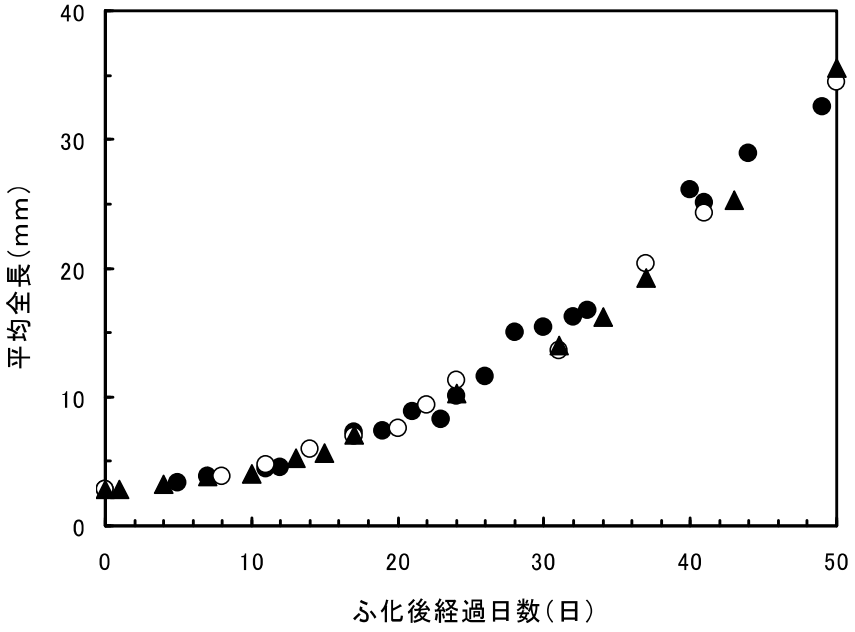


図 1　トラフグ仔稚魚の成長（2006 年）

● 1区　　○ 2区　　▲ 3区

は卵管理水温と同じ17℃とし，収容翌日から0.5℃／日の割合で昇温し20℃を維持した。底掃除は，種苗を取り上げる2日前および1日前の2回行い，直径25mm のサイフォンホースにより水槽底の沈殿物を排除した。底掃除は同じ水槽を4～5人で同時に行い，1時間以内で済ませた。

飼餌料には，L 型ワムシ（給餌期間：日齢3～20），アルテミア幼生（日齢12～45），冷凍コペポーダ（日齢35～55），および配合飼料（日齢25～取り上げ）を用いた（表1）。L 型ワムシの給餌は1日1回（午前9時）とし，スーパー生クロレラ V-12（クロレラ工業）を給餌の24時間前に2.5ℓ／kℓ，および給餌の1時間前に0.5ℓ／kℓ添加することにより栄養強化した。また，給餌したL型ワムシが飼育水槽内で飢餓状態となることを防止するため，スーパー生クロレラ V-12を9時と14時の1日2回（1ℓ／槽／回）飼育水槽へ添加した。

アルテミア幼生は脱殻処理した耐久卵を28℃，48時間でふ化させた後，スーパーカプセル A1（添加量300mℓ／kℓ；クロレラ工業）とパワッシュ A（添加量80mℓ／kℓ；オリエンタル酵母）を隔日で交互に利用して24時間の栄養強化を行った。1日の給餌回数は1～5回とした。

冷凍コペポーダは，冷凍のブロック状態で300g 程度をプラスチック製のザルに入れ，飼育水中に垂下して自然解凍させる方法で給餌した。

配合飼料にはトラフグ2号，3号および4号（オリエンタル酵母）とオトヒメ B2，C1および C2（日清丸紅）を用いた。給餌方法は，餌付け時は早朝のみ手撒きで与え，半数の個体で配合飼料の摂餌が認められた以降は自動給餌器（KS-05L；松阪製作所）により5時から19時まで30分間隔で給餌するとともに（表1），早朝6時と夕方18時にはさらに手撒きで飽食量を与えた。なお，摂餌状況の確認は，種苗を2枚のスライドグラスで押しつぶし，胃内容物を実体顕微鏡下で観察する方法で行った。

分槽と取り上げ　分槽は，日齢30～40の夜間に電灯（60W の白熱電球1個）で集めた種苗を，直径65mm のサイフォンホースを利用して分槽先水槽へ移した。なお，分槽作業による水質の急変を防止するために，分槽先の水槽は24時間前から飼育水槽からの排水で満水にした。さらに，分槽中には分槽先水槽からの排水を水中ポンプで再び飼育水槽へ戻した。

試験1では，分槽直前の日齢31に底掃除を行い，底掃除の前日と当日は貝化石の添加を休止した。種苗の取り上げおよび計数（生産尾数の推定）は，平均全長が40mm 以下の場合には魚数計（FCH-10A；日本海洋）を利用し，40mm 以上では重量法により推定した。取り上げた種苗については，各試験区とも30尾について全長，体長および体重を測定した。また，各試験区とも80尾以上について，尾鰭の欠損面積を指標として10段階に類別した尾鰭正常度[7]を測定した。なお，尾鰭正常度は尾鰭の欠損が無い場合には100%，半分が欠損している場合には50%，尾鰭がほとんど無い場合には10%とした。

結　果

飼育試験の結果を表2に示した。本試験での仔稚魚の成長を見ると（図1），いずれの試験区でも成長の停滞は認められなかった。2001～2005年に行った種苗生産試験での成長と比較すると（表3），日齢40では両者ともに25mm程度とほとんど違いはなかったが，日齢50では過去の飼育事例が32mm 程度であるのに対し本試験では35mm と顕著な差が認められた。

取り上げ時の生残率（表2）は，試験1で55.3%（取り上げ尾数12.5万尾），試験2で83.5%（同11.6万尾），試験3で73.1%（同21.7万尾）と良好な結果が得られた。種苗同士の噛み合いは，試験1で31日目と32日目に頻発したが，それ以外の時期および試験2，3では目立った噛み合いは見られなかった。その結果，尾鰭正常度（%）は，試験1で84.4%，試験2で83.5%，試験3で92.4%であった（表4）。

考　察

本試験で生産したトラフグ種苗では，成長の停滞や大量死亡はほとんど認められず，2001～2005年に行った飼育事例と比較して良好な結果が得られた。特に成長では，日齢40の平均全長は約25mm と過去の飼育事例と顕著な差は認められなかったが，日齢40以降では本試験での成長が良好であった。これは，本試験での日齢30以降の給餌が配合飼料主体であり，過去の飼育事例における冷凍アミエビと配合飼料（重量比で3：1）の併用給餌との違いによると考えられた。

種苗同士の噛み合い防止に適した飼育条件を検討するため，畑中[7]は飼育水槽の色，照度および飼育密度とトラフグ種苗の成長および噛み合い発生状況との関連性を調査し，全長約36mm の種苗では黒色水槽，1,000 lx，600尾／kℓが好適飼育環境であると報告している。また，韓ら[8]はトラフグ種苗の成長，生残および尾鰭の損傷状況から，適正収容密度は全長10～40mm では2,800尾／kℓ程度，全長30～50mm では600尾／kℓ程度，50～75mm で100尾／kℓ程度であると報告している。

本試験の飼育条件を見ると，飼育に利用した水槽は黒色に近かったことから，畑中が指摘したように黒色水槽の利用は種苗の噛み合い防止に有効であったと考えられた。

照度については，日齢20以降を50 lx 以下の低照度に維持することに加えて，貝化石の添加により水中照度を低下させたことで，噛み合いをほぼ防止することができた。本試験の照度条件は畑中が好適とした1,000 lx より大幅に下回ったが，平均全長36mm 時点での飼育密度を1,000～2,000尾／kℓ（畑中[7]の2～3倍）としても噛み合いが発生しなかったことから，極端な低照度によりさらに収容密度を高められる可能性が示された。

韓ら[8]の示した適正収容密度は，種苗サイズの増加に伴って急激に低下するが，本試験の飼育方法により平均全長58mm 以降（試験2）でも約1,000尾／kℓの高密度で噛み合いを発生させずに飼育を継続できる可能性が得られた。

本試験では，試験1で日齢31～32に若干の噛み合いが認められたが，全体的には良好な結果が得られ，取り上げた種苗の尾鰭正常度は83.5～92.4%の範囲であった。畑中[7]の実験に供試された稚魚（日齢45，平均全長36mm）の尾鰭正常度は90%以上であったが，試験開始10日後および20日後における尾鰭正常度は最も良好な試験区においても70%程度であった。このことからも，本試験の飼育条件が噛み合いの防止に適していたと考えられた。また，松村[5]は尾鰭の約半分が欠損した放流群の放流効果は，正常な放流群より低いと報告している。尾鰭の半分程度が欠損している個体を尾鰭正常度50%と考えると，本試験で生産した種苗で尾鰭正常度50%以下の個体は試験1では1.9%であり，本試験では良質な種苗が生産できたと考えられた。なお，試験1で日齢31～32（全長14mm程度）に見られた噛み合いは，分槽のため貝化石の添加を一時中止し，底掃除を実施した時期と一致しており，貝化石添加と底掃除を実施しないことが，この時期の噛み合い防止に何らかの効果があったものと推察された。

本試験において噛み合いがほとんど発生しなかった要因として，①日齢20以降の照度を50 lx 以下にしたこと，②飼育水への貝化石の懸濁により水中照度を低下させたこと，さらに③貝化石の添加により残餌や排泄物などを吸着し水槽底部に沈める効果が期待され，底掃除や排水用具の清掃作業が大幅に削減でき種苗へのストレスが軽減されたこと，などが考えられた。ただし，貝化石の作用機序についてはまだ充分には解明されていないが，キジハタ[9]やクエ[10,11]の種苗生産においても貝化石の使用により良好な生産結果が得られている。

今後は，飼育水への貝化石の添加効果について科学的な検証を進めるとともに，水面照度，水中照度，濁度，給餌方法および飼育密度と噛み合い発生との関係を把握し，良質な種苗を効率的に生産する技術の開発を進めたい。

文　献

1）水産庁増殖推進部（2005）平成17年度我が国周辺水域の漁業資源評価第3分冊，1282-1337.

2) 藤田矢郎（1988）日本近海のフグ類.（社）日本水産資源保護協会，50-111.
3) 社団法人全国豊かな海づくり推進協会（2007）平成17年度における全国の種苗生産および種苗放流の状況について．1-9.
4) 鈴木伸洋・岡田一宏・神谷直明（1995）人工飼育トラフグ仔稚魚期の器官形成と行動の変化．水産増殖，**43**，461-474.
5) 松村靖治（2005）有明海におけるトラフグ *Takifugu rubripes* 人工種苗の当歳時の放流効果と最適放流方法．日水誌，**71**，805-814.
6) 放流技術開発事業トラフググループ（2000）Ⅲ測定・解析マニュアル．平成7～11年度放流技術開発事業報告書（トラフグ），137-139.
7) 畑中宏之（1997）トラフグ稚魚の成長と尾鰭の形状に及ぼす飼育水槽の色，照度および飼育密度の影響．日水誌，**63**，734-738.
8) 韓　慶男・松井誠一・古市政幸・北島　力（1994）トラフグ幼稚仔の収容密度が成長，生残率及び尾鰭欠損率に及ぼす影響．水産増殖，**42**，507-514.
9) 津村誠一・高野正嗣・小畑泰弘・與世田兼三（2004）キジハタの初期飼育における貝化石の添加効果．栽培漁業センター技報，**1**，45-48.
10) 本藤　靖・照屋和久・高橋　誠（2004）貝化石添加によるクエ種苗生産手法の有効性について．栽培漁業センター技報，**1**，52-54.
11) 小金隆之・兼松正衛（2004）飼育水への貝化石の添加がクエの成長，生残および水質に及ぼす影響．栽培漁業センター技報，**2**，17-21.

栽培漁業センター技報，7，23－28，2008

マダイを対象とした閉鎖循環飼育-II
—人工海水の利用—

山本　義久
（屋島栽培漁業センター）

我が国のマダイ，ヒラメ，トラフグ等の流通量の7～8割は人工種苗由来の養殖魚が占め[1-3]，カンパチ・トラフグ等で輸入種苗由来の疾病や薬剤の残留リスクが懸念される等[4]，良質な種苗供給は重要な産業的位置を占めている。このため，良質種苗の効率的生産技術の確立が期待されているが，現在の種苗生産方式はほぼ全てが掛け流しの流水飼育であるため，取水施設や海水殺菌設備等のイニシャルコストがかかること，飼育水を適正水温に維持するための加温・冷却費等のランニングコストがかかること，さらに取水する沿岸海域に発生する病原微生物のために常に生産過程での疾病防除対策が不可欠であることなど，これまでの飼育方法の改善が必要となっている。

このような状況において，陸上での閉鎖循環飼育はこれらの問題を解決できる有効な飼育方法の一つとして注目され，特に閉鎖循環飼育の用水に人工海水の利用が可能であれば外部リスクを完全に払拭できる可能性がある。そこで，本研究では種苗生産段階での人工海水の利用の有効性について検討した。

材料と方法

試験設定　本試験は2005年に屋島栽培漁業センターで実施し，マダイを対象とした閉鎖循環システムを用いた飼育で比較した。試験は，飼育用水としてろ過海水（以下，ろ過海水区）と市販の人工海水（以下，人工海水区；インスタントオーシャン）を使用する2区を設け，それぞれ2水槽で試験した。人工海水の作成に使用する淡水は，水道水をイオン交換樹脂フィルター付浄水器で処理後，使用した。

飼育システム　閉鎖循環システムの主な構成は泡沫分離装置（TAS 環境エンジニアリング），生物ろ過装置，紫外線殺菌装置（2DL；千代田工販）および循環ポンプとし，ろ材は多孔質セラミック（FB-5；フィルテック）とサンゴ砂を用いた。

飼育条件　飼育は4kℓ水槽を用い，ふ化仔魚を約1.4～1.5万尾／kℓの密度で収容した。飼育水温は25℃に設定し，全長30mm サイズまで飼育した。餌料としてワムシ，アルテミアおよび配合飼料を給餌し，日齢30まで淡水クロレラを毎日50万細胞／mℓになるように添加した。海水の補給は底掃除および泡沫分離の排水分のみとし，蒸発分は水道水で補填した。

水質調査　飼育期間中の飼育水の水質について，水温，pH，DO は毎日調査した。アンモニア態窒素，亜硝酸態窒素および硝酸態窒素については2～3日毎に調査し，各濃度は DR/2000（HACH）の測定キットを用い，それぞれサリチル酸法，ジアゾ化法，カドミウム還元法で測定した。飼育水の生菌数の調査は一般細菌とビブリオ属細菌を対象に飼育開始直後から7日毎に行った。一般細菌数の測定には MARINE AGAR 2216培地（DIFCO），ビブリオ属細菌数の測定には TCBS 培地（DIFCO）に塩化ナトリウムを20g／ℓの濃度で添加した培地を用いた。生菌数の計数には希釈法を用い，22℃で2日間培養後に平板上に発育したコロニーを計数した。

結　果

成長および生残　飼育は日齢40まで行い，ろ過海水区と人工海水区の成長はほぼ同様に推移し，両区の平均全長は29.5mm と同値で差はなかった（図1，表1）。生残は両区ともほぼ同様な傾向を示し，日齢10～13までに半減し，その後の減耗はほとんどなかった（図2）。また，取り上げ時の平均生残率は両区とも約50％となり，生産密度についても全ての水槽で0.70～0.75万尾／kℓの範囲であった（表1）。

飼育水の水質の変化　飼育環境を図3および図4に示した。水温は日齢10前後に28℃まで上昇したため，冷却器を設置し，その後は25℃前後で推移した。pH は飼育開始時には8.0以上あったが徐々に低下し，日齢30前後で7.5以下となったため，pH 調整用に工業用の炭酸カルシウムを1水槽あたり100g 添加したが，pH の上昇はみられず，日齢35以降は7.0以下まで低下した。また，酸素飽和度は飼育期間を通じて徐々に低下したが，概ね80％以上を維持した。

アンモニア態窒素は全水槽で日齢30までは1mg／ℓ以下で推移したが，それ以降は急激に上昇し，日齢40では

表１　ろ過海水および人工海水を用いたマダイの閉鎖循環種苗生産試験の概要

試験区	収容			取り上げ							
	飼育水槽 (kℓ)	尾数 (尾)	密度 (尾／kℓ)	日齢	全長 (mm)	±SD	**平均全長**	尾数 (尾)	密度 (尾／kℓ)	生残率 (%)	**平均生残率**
ろ過海水区－1	4.0	58,640	14,660	40	29.3	3.5	**29.5**	29,310	7,328	50.0	**49.7**
ろ過海水区－2	4.0	60,930	15,233	40	29.7	3.6		30,080	7,520	49.4	
人工海水区－1	4.0	61,010	15,253	40	29.9	3.4	**29.5**	28,050	7,013	46.0	**49.5**
人工海水区－2	4.0	56,160	14,040	40	29.1	3.9		29,940	7,485	53.3	

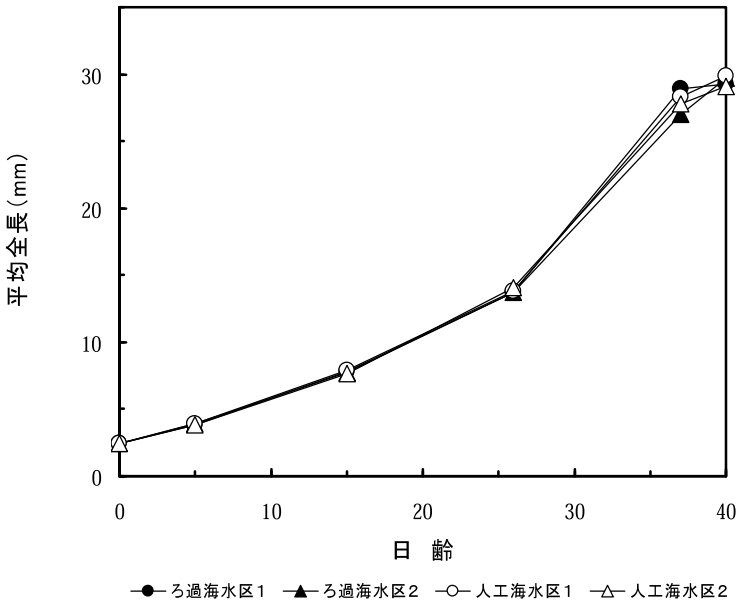


図１　ろ過海水および人工海水を用いたマダイの閉鎖循環種苗生産試験におけるマダイの全長の推移

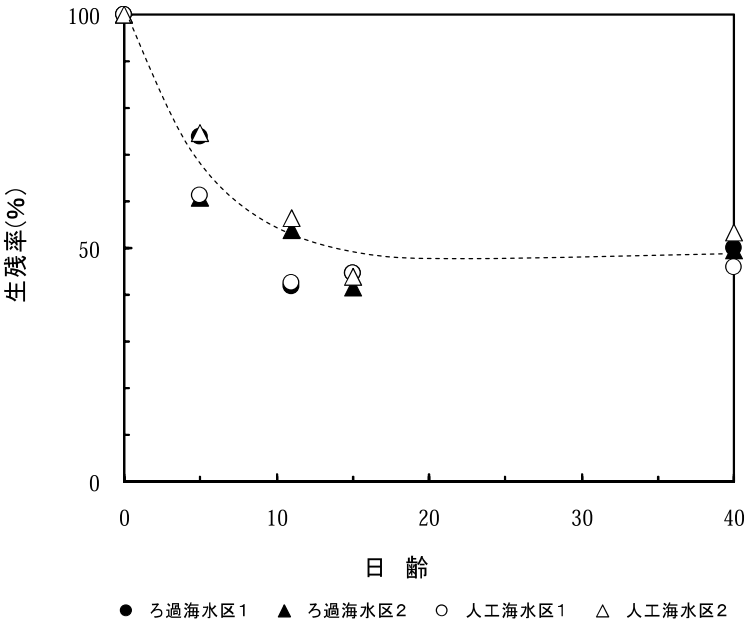


図２　ろ過海水および人工海水を用いたマダイの閉鎖循環種苗生産試験におけるマダイの生残率の推移

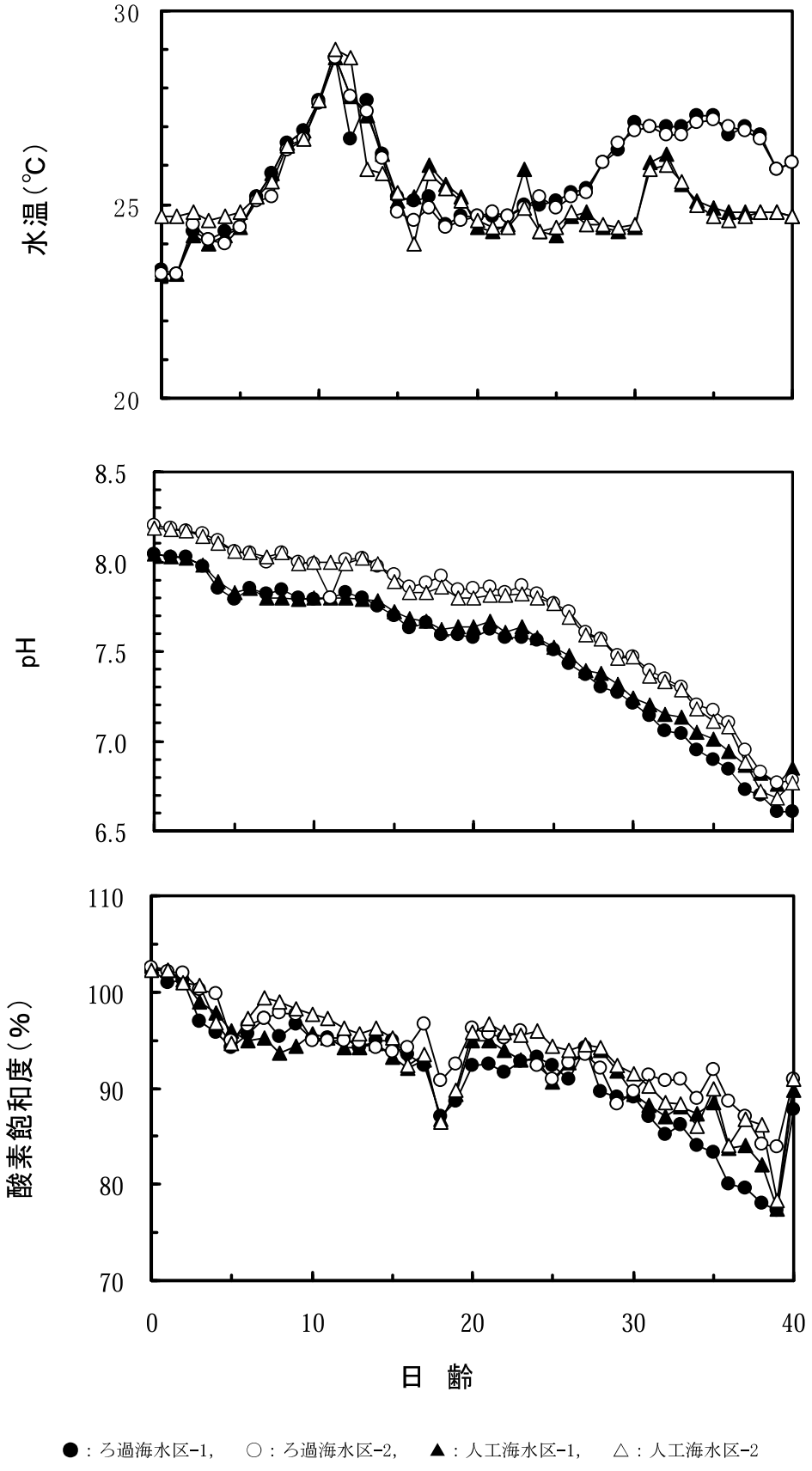
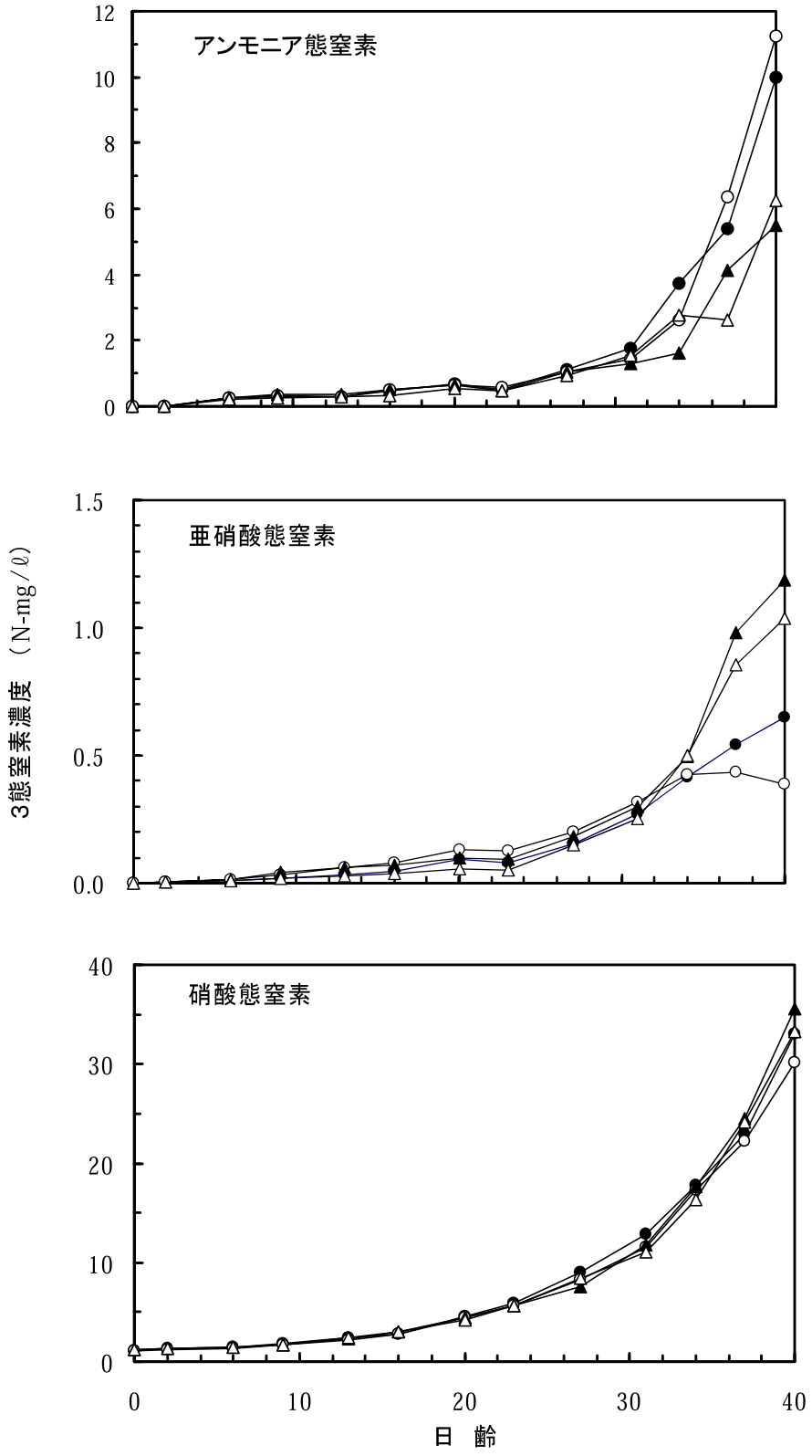


図 3　ろ過海水および人工海水を用いたマダイの閉鎖循環種苗生産試験における飼育水の水温，pH，酸素飽和度の推移



●：ろ過海水区-1，　○：ろ過海水区-2，　▲：人工海水区-1，　△：人工海水区-2

図 4　ろ過海水および人工海水を用いたマダイの閉鎖循環種苗生産試験における飼育水のアンモニア態窒素，亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の推移

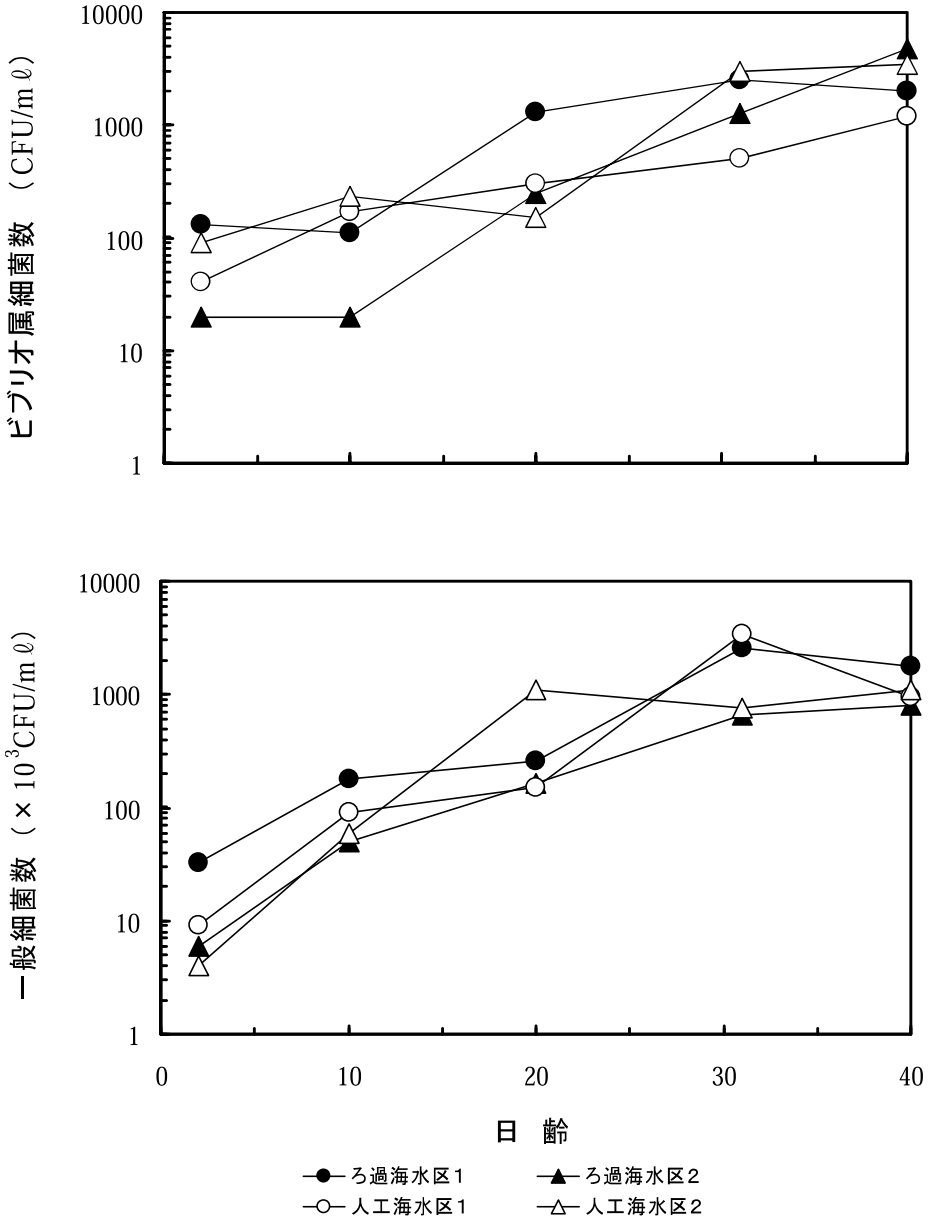


図５　ろ過海水および人工海水を用いたマダイの閉鎖循環
種苗生産試験における生菌数の推移

ろ過海水区で11mg／ℓ前後，人工海水区で6mg／ℓ前後に達した。亜硝酸態窒素も同様に日齢30以降に増加が見られたが，増加は僅かで，日齢40にろ過海水区で0.5mg／ℓ前後，人工海水区で1mg／ℓ前後であった。硝酸態窒素は両区ともほぼ同様に増加し，日齢40では35mg／ℓ前後に達した。以上のように3態窒素の変化は日齢30以降に差がみられ，ろ過海水区ではアンモニア態窒素が，人工海水区では亜硝酸態窒素が高くなる傾向を示した。

生菌数の変化（図5）　一般細菌数は全試験区とも飼育期間中，徐々に増加する傾向を示し，10^3～10^6 CFU／mℓで推移した。ビブリオ属細菌数についても同様に徐々に増加する傾向を示し，10^1～10^3 CFU／mℓで推移した。

考　　察

我が国の種苗生産機関では，ほぼ全てが掛け流しの流水飼育を採用し，沿岸から取水した海水をろ過および殺菌して飼育用水としている。しかし，取水する地先海水に病原微生物が蔓延している事例が報告される等，沿岸の海水を用いるリスクは高い。このため，飼育用水

に人工海水を利用することは，疾病等のリスクを完全に払拭できる極めて有効な方法と考えられる。今回の結果から，マダイを用いた閉鎖循環飼育において，人工海水はろ過海水を用いた場合と同等な成長・生残が得られることが明らかとなり，今後健苗性についての検討の余地はあるが，種苗生産現場において充分に人工海水の利用の可能性が得られた。

一般に，人工海水は観賞用の海産魚介類の飼育に用いられ，多くの商品が開発・販売され，海水の取水が困難な立地条件の水族館や，大学等の研究機関で，海産生物の小規模な飼育実験系での試験精度を上げるために用いられている[5]。また，岡山理科大専門学校では，好適環境水と称した低塩分の人工海水を用いた海産魚の飼育事例がある（津村* 私信）。一方，米国の閉鎖循環飼育研究では内陸部で親エビ養成やティラピア等を地下水と人工塩を用いて飼育している[6]。しかし，人工海水を利用する上での最大のデメリットはコストが高いことであり，海産魚介類の飼育が可能な低コストの人工海水が開発されれば，大量に海水を使用する種苗生産現場への利用が期待される。特に，人工海水を掛け流しの流水飼育に使用することはコスト面から極めて非効率的であるが，換水をほとんどしない閉鎖循環飼育では人工海水を効率的に利用できる可能性があり，立地を選ばない閉鎖循環飼育が実現できる等，大きな発展性が期待できる。

なお，今回の試験で両区のアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素の変動に違いが見られたことは，両区のろ過槽内の硝化細菌の動態が異なることが考えられる。そのため，閉鎖循環飼育に用いる人工海水の必要条件として，飼育対象生物のみならず，生物ろ過槽に生息する硝化細菌に適することも重要な条件であり，今後，種苗生産過程全体に最適な人工海水の塩類組成について検討することが必要であろう。

文　献

1) 水産庁（2006）図で見る日本の水産，1-23.
2) 水産庁（2006）農林水産統計，平成17年漁業・養殖生産統計.
3) 田嶋　猛（2007）中国と日本のトラフグ養殖について，ACN News（http://www.pacific-trading.co.jp/news070401_2.html).
4) 小川和夫（2007）中国の海面養殖事情，アクアネット，10，44-49.
5) 石橋泰典・小澤　勝・平田八郎・熊井英水（2003）マダイ *Pagrus major* 仔稚魚の発育に伴う各種環境ストレス耐性の変化，日本水産学会誌，69，36-43.
6) 社団法人マリノフォーラム21種苗生産システム研究会（2000）平成11年度閉鎖循環飼育循環式陸上養殖システムの開発（環境創出型養殖技術）に関する報告書，1-248.

*　津村誠一：岡山理科大専門学校アクアリウム学科講師

栽培漁業センター技報，7，29－32，2008

ワムシ培養における貝化石の添加効果について

熊谷　厚志・藤浪 祐一郎・清水　大輔
（宮古栽培漁業センター）

種苗生産現場では，貝化石粉末（以下，貝化石；有用資材㈱）をワムシ培養水槽や魚類飼育水槽に添加することにより培養や飼育の安定化が試みられている。前報[1,2]では，宮古栽培漁業センターにおいてワムシ培養水槽の環境悪化時や培養不調時に貝化石を定期的に添加することにより，培養が改善された事例を報告した。しかし，貝化石の添加がどのような作用機序でワムシの培養成績に影響しているのか未だ明らかではない。このため，本研究では貝化石の添加が，ワムシの個体数増殖と培養環境（pH，DO）の変化にどのように作用しているのかを調査する目的で培養試験を行った。

材料と方法

試験には，能登島栽培漁業センターで粗放連続培養によって生産したワムシ（L 型小浜株：平均背甲長234±0.6μm）5億個体を，高密度宅配[3,4]により宮古栽培漁業センターに搬入後，元種として用いた。

搬入したワムシは，直ちに5kℓ水槽で予備培養を行い，その後20kℓコンクリート水槽（実水量18kℓ）2面で培養試験を実施した。表1にワムシの培養条件を示した。20kℓ水槽へのワムシ接種はそれぞれ13億個体（70個体／mℓ）を目安とした。

培養法は桑田[5,6]に準拠した粗放連続培養で，水温は20℃に設定した。培養水には，砂ろ過海水と水道水を混合した80％希釈海水（塩分濃度26psu）を用いた。また注水は培養3日目以降，ろ過海水5.2kℓ，水道水1.3kℓを24時間連続して行い，収穫率は36.1％であった。餌料には，市販の濃縮淡水クロレラ（生クロレラ V12；クロレラ工業）とパン酵母（オリエンタルイースト；オリエンタル酵母工業）を用い，両者を水道水で溶解し混合した後に給餌した。これらの餌料は，定量ポンプ（N フィーダー PX シリーズ;タクナミ）を用いて24時間連続して与えた。ワムシ密度がほぼ一定に維持される安定連続培養期（密度80～100個体／mℓ）に達した後は，給餌量を一定量としたケモスタット式で管理し，淡水クロレラとパン酵母をそれぞれ4ℓ／日，および2kg／日の割合で給餌した。

これまで当センターでは，培養水中の懸濁物を除去する目的でフィルター（トラベロンエアーフィルター；金井重要工業）を水槽内に垂下してきたが本試験では設置せず，通気量を絞って底に沈殿させる方法をとった。試験区には貝化石を添加する区（添加区）としない区（対照区）を設け，添加区には安定連続培養期以降，週2回2.6kg を水面に散布した。試験期間は，2006年5月11日から6月25日までの延べ45日間とし，期間中は毎日，水温，pH，DO，ワムシ密度，総卵率（単性生殖卵数／ワムシ個体数×100）および日間増殖率（当日の総個体数－前日の総個体数）／前日の総個体数×100）を調査し，安定連続培養期における貝化石の添加効果について比較した。

結果と考察

表2にワムシ培養結果の概要を，図1に両試験区の培養環境の変化を示した。両区とも，安定連続培養期はワムシ密度がおおむね90個体／mℓを推移するようになった培養7日目以降と判断された。平均水温は，添加区が20.3℃，対照区が20.4℃とほぼ同様であった。また，pH は試験開始直後に7.6から6.9まで急激に低下したが，それ以降は試験終了時まで大きく変化しなかった。なお，培養28日目に一端7.5まで上昇することがあったものの，両区とも6.9～7.2でほとんど差がなく推移した。平均 pH は試験区が7.07，対照区が7.05であった。DO も pH と同様に試験開始直後に急落したが，添加区は対照区よりも一貫して高い傾向が認められ，平均 DO は添加区が4.35mg／ℓであったのに対し対照区は3.44mg／ℓとなった。

表 1　ワムシの培養条件

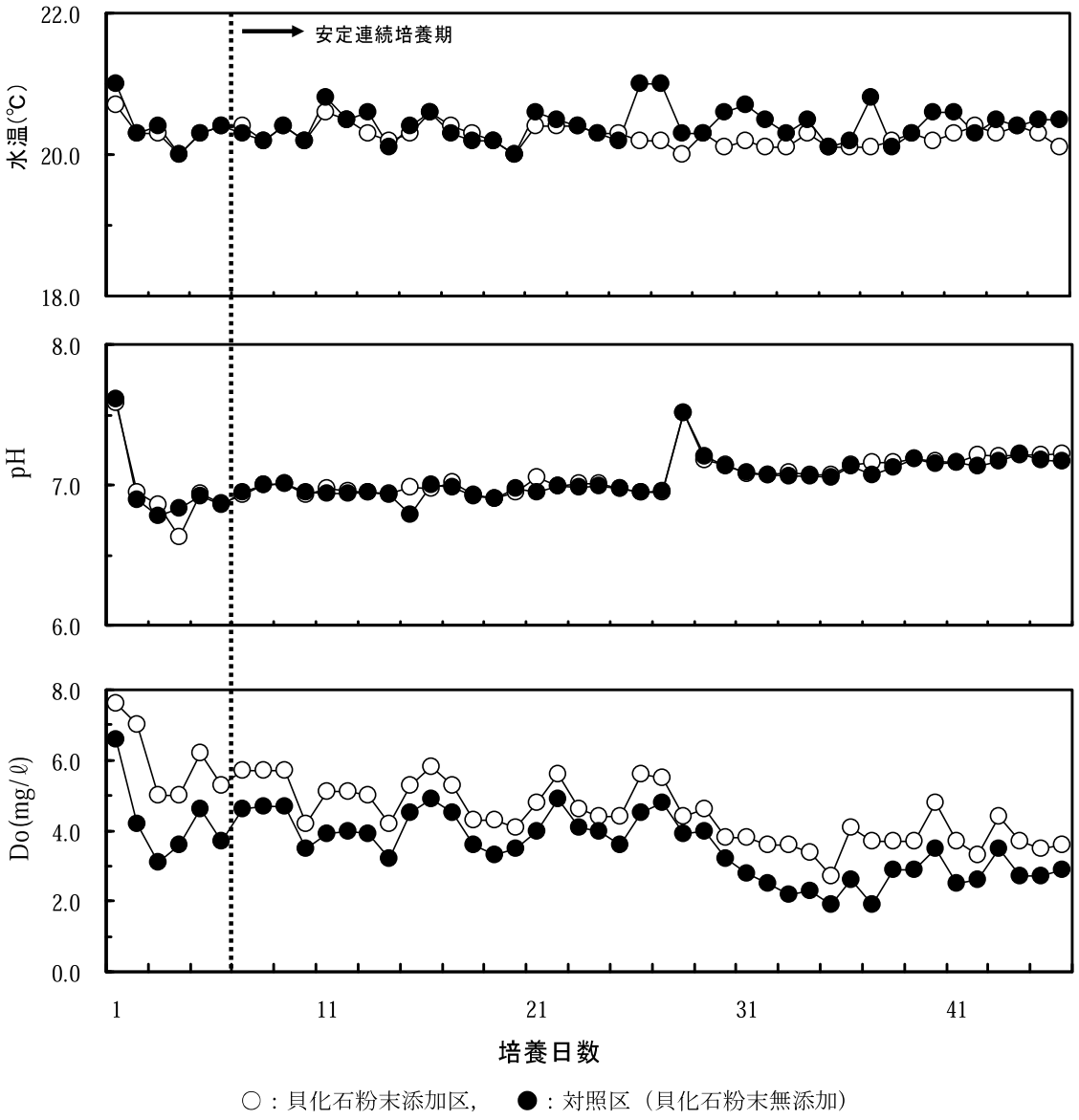
	条件
培養法	粗放連続培養
培養期間（日数）	2006.5.11～6.25（45）
培養水量（kℓ）	18
水温（℃）	20
塩分（psu）	26
接種密度（個体/mℓ）	70
収穫率（％）	36.1
給餌方法	連続給餌
給餌量*：　淡水クロレラ（ℓ/日）	4
パン酵母（kg/日）	2

＊　安定連続培養期に至ってからは一定量で固定

表 2　貝化石添加の有無によるワムシ培養結果の概要

試験区	水温 (℃)	pH	DO (mg/ℓ)	ワムシ密度 (個体/mℓ)	総卵率 (%)	日間増殖率 (%)
添加区	20.3±0.2	7.07±0.16	4.35±1.00	84.8±25.0	67.1±13.2	45.3±30.8
対照区	20.4±0.2	7.05±0.16	3.44±0.95	90.5±21.3	64.2±12.4	44.8±21.4

数値は安定連続培養期のものを示す（平均±標準偏差）



○：貝化石粉末添加区，　●：対照区（貝化石粉末無添加）

図 1　貝化石添加の有無によるワムシ培養環境の変化

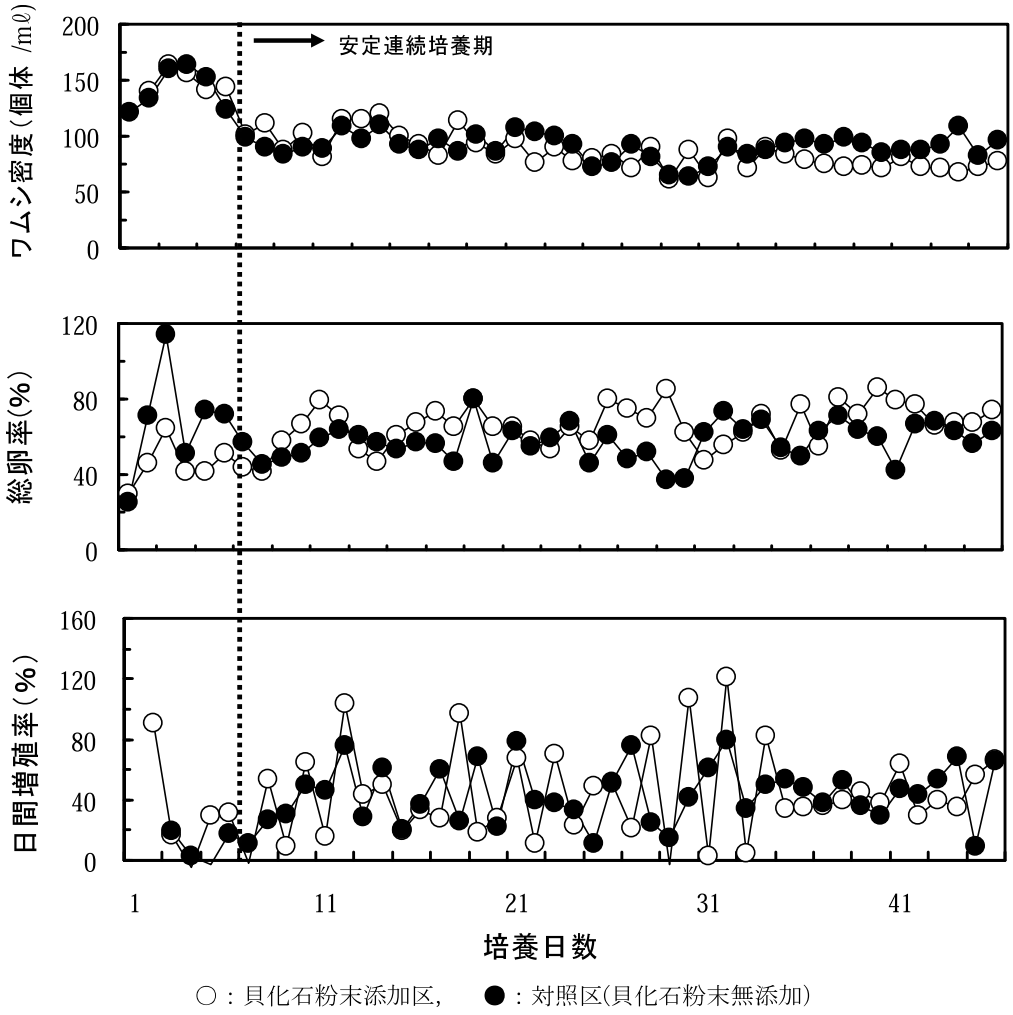


図 2　貝化石添加の有無によるワムシの培養状況

図2に両試験区の増殖状況を示した。ワムシ密度は，両区とも120個体／mℓから160個体／mℓまで一時増加し，安定連続培養期に至ってから試験終了時までは90個体／mℓ前後とほぼ安定した値を示した。平均ワムシ密度は添加区84.8個体／mℓ，対照区90.5個体／mℓとなり，若干対照区の方が高い傾向であった。総卵率は添加区が培養10日まで40～60%で推移し，それ以降は50～80%の間で変動した。これに対し，対照区は培養開始直後に一時120%前後まで上昇したが，その後は40～80%前後を推移した。平均総卵率は，対照区64.2%，添加区67.1%となり，若干添加区が高い傾向であった。日間増殖率は全期間を通じて両区とも大きく変動したが，平均日間増殖率は添加区45.3%，対照区44.8%となり，ほとんど差はなかった。

本培養試験において，ワムシ密度は添加区で若干低かったものの，総卵率と日間増殖率は若干高い傾向が窺えた。培養環境については両区の pH に差は認められなかったが DO は明らかに添加区の方が高く推移した。小磯・日野[7] はシオミズツボワムシが DO の急激な低下により，摂餌量や増殖率に影響を受けることを報告している。一方，増殖阻害の要因として，アンモニア態窒素の蓄積による水質悪化[8] や硫化水素の発生など間接的な影響[9]，および細菌[10] や原生動物[11] などの作用も報告されている。本試験では，培養日数が45日間と比較的短く，培養水温とワムシ密度も低かったため，環境抵抗[12] も少なかったと判断される。その結果，添加区に比べて DO が低かった対照区においても最低値が1.9mg／ℓであったため，ワムシの個体数増殖に影響を与える状況には至らず，明確な貝化石の添加効果は認められなかった。しかし，水質改善や共存生物相の安定化に伴う培養成績や生産ワムシの質的向上という点において，貝化石の添加が有効に作用する可能性は期待できる。今後は，さらに培養が長期化した場合やワムシ密度を高めた時の添加効果

についても検討する必要があろう。なお，本試験において，対照区は培養期間が終盤になるにつれて水槽底面より沈殿物が剥離して舞い上がったのに対し，添加区にはこのような現象は見られなかった。貝化石の添加には，底面に堆積した沈殿物を覆い被せることによってこれらが舞い上がることを防止する効果があり，このことがDO 低下防止もしくは窒素負荷の軽減，硫化水素の発生を抑制するなど間接的に作用している可能性も考えられる。

一方で，クエの飼育においても貝化石の添加によりアンモニア態窒素の増加が抑えられ，生残率の向上効果が認められている[13)]。ワムシ培養においても同様，貝化石の添加効果を明らかにするためには，コスト軽減効果も含めた培養成績と環境調査結果（pH，DO，三態窒素，硫化水素および細菌相等）の照合）が重要である。

文　献

1) 熊谷厚志・有瀧真人・藤浪祐一郎（2004）宮古栽培漁業センターにおけるワムシ粗放連続培養技術の実証例．栽培漁業センター技報，**1**，84-90.

2) 熊谷厚志・藤浪祐一郎（2005）80%海水を用いたワムシ粗放連続培養の実証例．栽培漁業センター技報，**4**，32-37.

3) 桑田　博（2000）Ⅲ　輸送．「海産ワムシ類の培養ガイドブック」(栽培漁業技術シリーズ No.6)，(社)日本栽培漁業協会，東京，119-126.

4) 桑田　博(2001)シオミズツボワムシの高密度宅配．養殖，**4**，緑書房，東京，76-79.

5) 桑田　博（2001）ワムシの粗放連続培養，既存水槽で行う低予算・省力化培養．アクアネット，**4**，湊文社，東京．22-28.

6) 桑田　博（2001）日本栽培漁業協会におけるワムシ大量培養技術開発の取り組み．日本水産学会誌，**67**，1140-1141.

7) 小磯雅彦・日野明徳（2006）シオミズツボワムシの増殖および摂餌に対する溶存酸素濃度の急激な低下の影響．水産増殖，**54**，37-41.

8) Yu J.P., and K. Hirayama (1986) The effect of un-ionized ammonia on the population growth of the rotifer in mass culture. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 1509-1513.

9) 今田　克(1983)大量培養における餌料および環境．「シオミズツボワムシー生物学と大量培養」(日本水産学会編)，恒星社厚生閣，東京，pp.129-155.

10) Yu J.P., A. Hino, T. Noguchi, and H. Wakabayashi (1990) Toxicity of *Vibrio alginolyticus* on the survival of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1455-1460.

11) Cheng S.H., T. Suzaki, and A. Hino (1997) Lethality of heliozoon *Oxnerella maritima* on the rotifer *Brachionus rotundiformis*. *Fish. Sci.*, **63**, 543-546.

12) 小磯雅彦・日野明徳（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.

13) 小金隆之・兼松正衛（2004）飼育水への貝化石の添加がクエの成長，生残および水質に及ぼす影響．栽培漁業センター技報，**2**，17-21.

栽培漁業センター技報，7，33－36，2008

市販の珪藻 *Chaetoceros gracilis* を元株とした バッチ式培養における増殖率の季節変化

兼松　正衛[*1]・高橋　　誠[*1]・山﨑　哲男[*1]・桑田　　博[*2]
（*1　瀬戸内海区水産研究所伯方島栽培技術開発センター，*2　本部業務企画部）

単細胞性の浮遊珪藻 *Chaetoceros gracilis*（以下，キートセロス）は，甲殻類，二枚貝類や棘皮動物など多くの種苗生産対象生物の餌料として重要であり，広く関係機関で培養されている。本種の培養は，恒温室内の人工照明下で寒天培地や数ℓ程度の液体培地で保存用の株（以下，元株）を周年保存し，必要に応じて数10～100ℓの閉鎖容器で拡大培養し使い切る小規模な1回バッチ方式が行われている。この手法では，元株を保存する労力に加え，最小の細胞数から餌料として利用できる量的確保までに数週間を要し，恒温室のスペース・加温冷却能力と人工照明装置の能力により培養規模の制約を受けるため量産化が難しい。さらに日常の培養管理に費やす労力および培養コストは大きく，対象生物の生産コストにも大きな影響を与えている[1)]。また，屋外培養では好適な培養水温の維持が難しく，また混入生物などによる汚染に弱いため，これまで200kℓ規模の大量培養に取り組んだ事例もあるが長期維持が困難であった[2)]。近年では，収穫時密度1,000万細胞／mℓで500ℓ程度の生産を数日で可能とする高濃度培養装置が市販されているが，高価格のため普及には至っていない。

瀬戸内海区水産研究所伯方島栽培技術開発センター（以下，伯方島センター）では，2006年度よりアサリ *Ruditapes philippinarum* の種苗生産技術の開発に取り組み，浮遊幼生期の飼育から放流サイズである殻長10mm までの中間育成，および採卵用親貝の成熟期の主餌料として本種を利用している。本技術開発では省力化，省コスト化を目的として，市販の濃縮冷蔵製品を元株とした大量培養の手法について検討を行ったので報告する。

材料と方法

元株　元株には市販の冷蔵濃縮キートセロス（濃度1億細胞／mℓ，10ℓ／缶；ヤンマー）を用い，缶詰め後2週間以内の製品を1回バッチ培養当たり0.4～0.5ℓ（接種濃度8～10万細胞／mℓ）ずつ接種し，1缶当たり20～25回のバッチ培養用元株として使用した。なお，本試験で培養したキートセロスには食害性微生物の混入が常時観察され，植え継ぎ培養を試験した場合ほとんど不調であったため，次の培養の元株には用いなかった。

培養方法　培養は，種苗生産実験棟内（屋根はスレート葺き，一部が採光のため透明ポリカーボネート製）で行い，試験には0.5kℓ透明ポリカーボネート水槽12面を使用した。通気はエアーストーン1個で行い，水温は自然水温，光条件は自然光とした。

肥料には，海水1ℓ当たり硝酸カリウム100mg，リン酸2ナトリウム12水和物10mg，メタ珪酸ナトリウム25mg，クレワット32 3mg，ビタミン B_{12} 1mg を溶解して用いた。

培養海水は，砂ろ過した海水をさらに0.2μm 膜の海水精密ろ過装置（HFS-40A；荏原実業）に通し，使用直前に次亜塩素酸ナトリウム（有効塩素量24ppm）での滅菌とチオ硫酸ナトリウムで中和を行った。

培養試験　試験は2006年5月19日～12月30日の225日間実施し，毎日午前9時に培養水中の細胞濃度を計数し，同時に混入生物の有無等を観察した。接種から収穫までの培養日数は増殖状態の観察から試験ごとに判断し，細胞濃度のピークが来る3～10日間とした。

培養結果の評価は，月ごとの平均増殖率，平均増殖倍率，平均日間増殖率および培養不良率で行った。なお，平均増殖率は収穫時の培養濃度を接種濃度で除したもの，平均増殖倍率は接種量に対する収穫量，および平均日間増殖率は増殖率を培養日数で除したものを試験区ごとに求め，さらにこれらを月ごとに平均値にした。また，培養不良率は，プロトゾア（鞭毛虫の一種）による食害で増殖が不調であった試験区数をその月の全試験区数で除して求めた。

結　　果

培養期間中の午前9時における水面照度は400（雨天時）～9,000lx（晴天時），水温（図1）は午前9時が平均23.4℃（8.4～31.5℃），午後4時が平均27.2℃（15.0～35.5℃）であった。日照時間*は，月ごとの積算で92.3時間（6月）～229.6時間（8月）であった（図2）。

*　気象庁・愛媛県大三島アメダス測候所，
HP Address; http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/

表１　市販元株キートセロス・グラシリスの培養結果（屋内・500ℓ水槽）

月	平均 培養水温 (℃)	総培養 回数 (回)	平均 増殖率 (%) *1	平均 増殖倍率 (倍) *2	平均日間 増殖率 (%) *3	培養 不良率 (%) *4	ピーク時 までの 培養日数
5月	21.3	10	1,039	11.4	217	0.0	4.8
6月	24.3	58	649	7.5	168	15.5	3.5
7月	27.2	58	722	8.2	202	10.3	3.3
8月	30.3	59	590	6.9	192	25.4	3.0
9月	25.7	46	548	6.5	175	32.6	3.0
10月	23.2	32	511	6.1	115	28.1	4.1
11月	17.1	43	717	8.2	114	20.9	6.2
12月	11.7	16	331	4.3	38	25.0	8.2
合計		322	639	7.4	153	20.8	

*1　各月に実施した培養試験ごとの増殖率｛(収穫時濃度－接種時濃度）／接種時濃度×100｝の総和を月別総培養回数で除した値

*2　各月に実施した培養試験ごとの増殖倍率（収穫量／接種量）の総和を月別総培養回数で除した値

*3　各月に実施した培養試験ごとの日間増殖率（増殖率／培養日数）の総和を月別総培養回数で除した値

*4　各月に実施した培養試験のうち，増殖速度および細胞濃度のピークが低く，プロトゾアの食害が大きかった培養不良事例数の総培養回数に占める割合

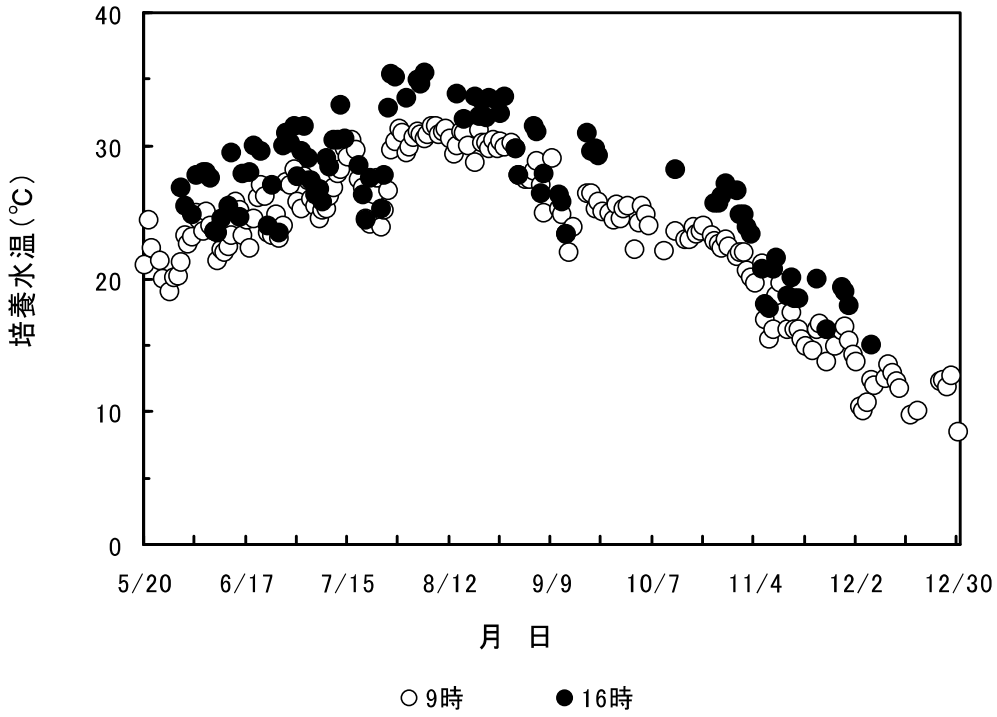


図１　屋内 500ℓポリカーボネート水槽における培養水温の変化

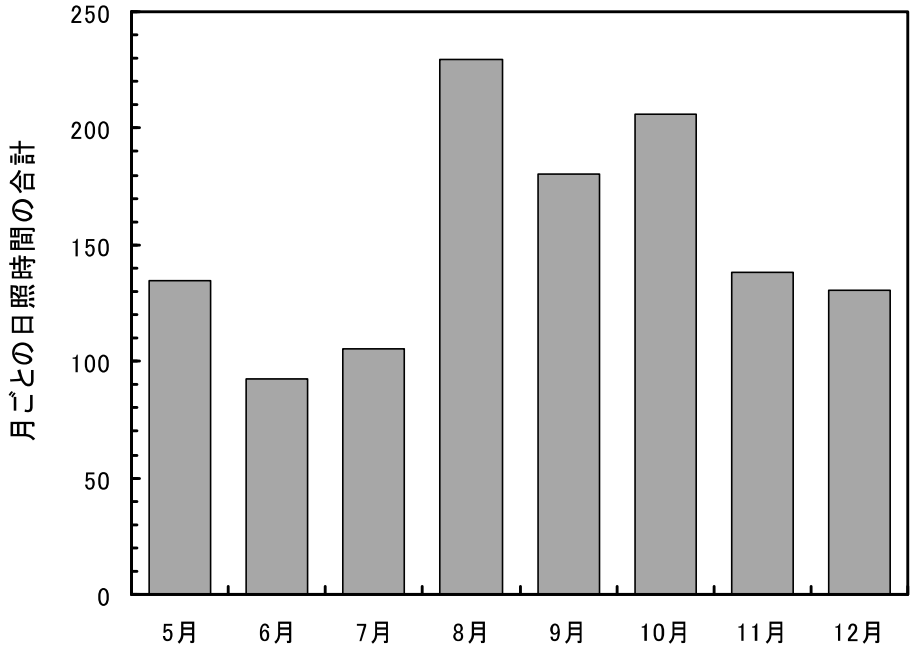


図 2　試験期間中の月別に見た累積日照時間
（大三島アメダス測候所観測データから）

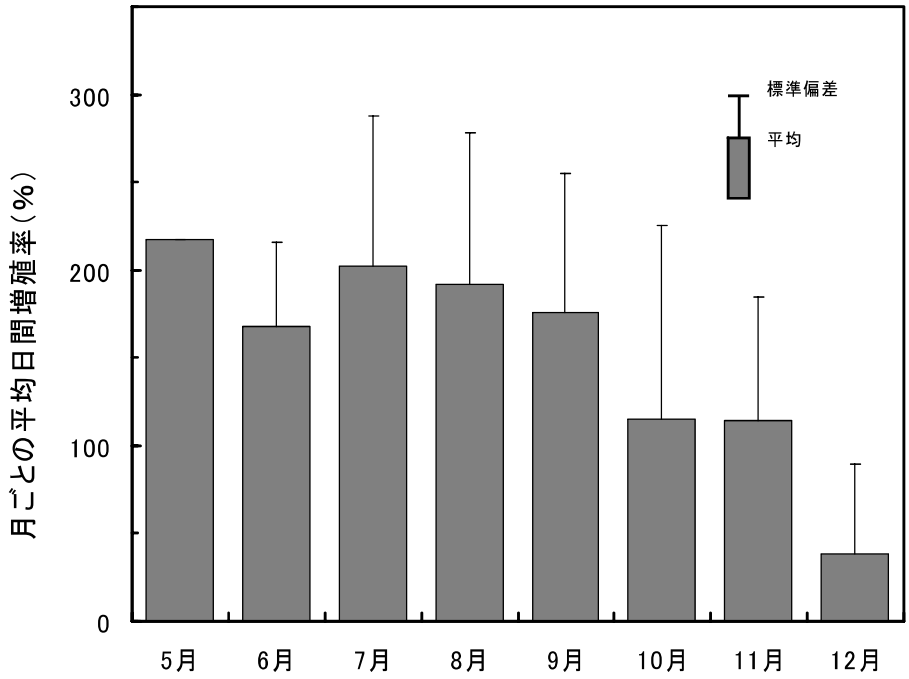


図 3　市販のキートセロスを元株とした屋内培養試験における月別の日間増殖率

8ヶ月間に行った延べ322回の培養試験の結果を月別に比較すると（表1），平均増殖率は331％（12月）～1,039％（5月），平均増殖倍率は4.3倍（12月）～11.4倍（5月），平均日間増殖率（図3）は38％（12月）～217％（5月），および培養不良率は0％（5月）～32.6％（9月）となり，5月は試験数が少ないが培養成績は最も良好であった。

5月と7月の平均増殖率は722％以上，平均日間増殖率は202％以上，培養不良率は10.3％以下であり，安定した培養結果が得られた。培養濃度は5月に試験期間中の最高値である168万細胞／mℓに達した。6月は梅雨期に入って低照度傾向が続いたため平均日間増殖率は168％と5月に比べて鈍化し，培養不良率が15.5％まで増加した。

培養不良率は培養水温の上昇に伴って漸次増加し，水温が30℃を越えた8月から下降期に入った10月までは摂食性プロトゾアの増加により25.4～32.6％と高くなり，培養は不調であった。

10～12月は培養水温の低下により増殖率が低下し，培養不良率が20.9～28.1％となった。11月には一時的に培養が安定した期間がみられたが，全体的に培養状況は低調であった。12月の最高培養濃度は64万細胞／mℓ，平均増殖倍率は4.3倍，平均日間増殖率は38％と最低であった。

接種から収穫までの培養日数は，培養水温が高いほど短くなったが，細胞濃度のピークを越えてからの急落も早い傾向が観察された。ピーク時までの平均培養日数は，8月と9月が最短の3.0日，12月が最長の8.2日であった。

考　察

本試験に用いた市販のキートセロスは，濃縮処理による細胞の損傷は認められず，冷蔵保存後の再生試験では30日以内で大量培養の元株として利用できることが報告されている[3]。今回の簡易的培養方法でも，培養水温が17℃以上（11月の平均水温）であれば平均日間増殖率114％以上が得られ，大量培養が可能であると判断された。このように元株に市販品を利用することにより，自機関での元株維持および拡大培養の工程を完全に省略でき，培養作業に要する時間および労力が大幅に削減されると考えられる。

伯方島センターにおける5～11月の培養試験では，平均増殖倍率が6～11倍という結果が得られた。この結果は，純粋培養の元株を恒温室内でバッチ培養した際に得られる同数10～100倍と比べると効率は低い。しかし，当培養法は粗放的かつ簡易的であるためキートセロスの購入費を1／6～1／11に削減することが可能であり，アサリの生産コストに大きく影響する餌料コストを低減するための有効な手法と考えられる。また，国内におけるアサリの種苗生産時期は春と秋の2回であることから，同季節に気温が17℃以上となる本州のほとんどの地域で本培養手法の適用が可能と考えられる。

一方，試験期間中を通して摂食性プロトゾアによる食害がみられ，培養不調の大きな要因と考えられた。特に水温が30℃を越えた8月頃からの食害が顕著に見られた。プロトゾアは一旦増殖すると水温下降期に入っても減少せず，12月の低水温期（10℃前後）まで観察された。同プロトゾアは，能登島センターでナンノクロロプシスの培養に大きな被害を与えた[4] 鞭毛虫 *Paraphysomonas* sp.（Chrysomonadida 目，Monadaceae 科）に酷似しており，八重山センターや上浦センターでも確認（著者，未発表）しており，全国の沿岸域に広く分布している可能性があるが，生活史や侵入経路は不明である。プロトゾアの駆除にはナンノクロロプシス培養で有効性が認められた次亜塩素酸ナトリウムの散布に効果[5] があるが，効果は一時的なものであり完全な駆除は困難である。キートセロスでは，プロトゾアの影響がなくても枯死までの期間が短く（表1，ピーク時までの平均培養日数3.0～8.2日），さらに粗放培養では細菌等の影響で植え継ぎが難しい。そのため，より長期間の安定的な本種バッチ培養を実現するためには，プロトゾアを駆除するよりも侵入の防止方法に重点を置いた検討が必要である。

文　献

1）鳥羽光晴（2005）培養微細藻類は二枚貝育成事業に貢献できるか？．アクアネット，**9**，48-51.

2）加治俊二・今泉圭之輔（2003）クルマエビ種苗生産技術～(社)日本栽培漁業協会志布志事業場での取り組み～．日栽協・栽培漁業技術シリーズ，№9，19-21.

3）加藤元一・岡内正典・中神秀一（2004）珪藻類キートセロス属2種の濃縮技術の開発と濃縮細胞の再生．水産増殖，**52**，231-237.

4）兼松正衛・前田昌調・與世田兼三・米田博貴（1989）*Nannochloropsis* を摂食する鞭毛虫の駆除法について．日水誌，**55**，1349-1352.

5）兼松正衛・吉田儀弘・桑田　博（1986）昭和60年度日本栽培漁業協会事業年報，日本栽培漁業協会，東京，pp.98-106.

濃縮淡水クロレラの輸送容器を用いたシオミズツボワムシの模擬冷蔵輸送試験

小磯　雅彦・島　　康洋
（能登島栽培漁業センター）

海産ワムシ類を高品質で安価に大量輸送することができれば，培養不調時の対応だけでなく，元種の維持管理や拡大培養等の工程を省くことが可能となり，種苗生産機関におけるワムシ培養に係わる作業や経費の軽減に大きく貢献できると考えられる。このため，大量のシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*（以下，L型ワムシ）を輸送する手法として，L 型ワムシの濃縮液を薄く広げた状態で密閉することが可能な容器（27×27×4cm，サンライト2000NT）に収容し，その容器をダンボール箱に重ねて梱包して宅配便で冷蔵輸送する“高密度輸送法”が能登島栽培漁業センターで開発された[1,2]。高密度輸送法では，到着時の生残率が80％前後[2] あるため実用的な輸送法である。しかし，輸送には専用の容器やダンボール箱を必要とするため，通常の種苗生産機関では直ちに大量のL型ワムシを輸送することは困難である。このため，各種苗生産機関で容易に入手できる容器を用いて，大量のL型ワムシの輸送法を開発すれば，余剰のL型ワムシを培養不調に陥った種苗生産機関へ輸送することが可能になる。

本研究では，現在多くの種苗生産機関で利用されている濃縮淡水クロレラの容器をL型ワムシの輸送容器として用い，3段階の収容密度を設定して L 型ワムシの大量輸送の可能性を検討した。また，高密度輸送法では，輸送前にL型ワムシを水温10℃の希釈海水で急速冷却処理を施しているが，その必要性をあわせて調べた。

材料と方法

供試ワムシ　試験には，能登島栽培漁業センターの25kℓ水槽を用いて，水温20℃，塩分20psu の希釈海水（以下，希釈海水）で粗放連続培養法[3] により生産したL型ワムシ｛小浜株，携卵個体の背甲長（平均±標準偏差）＝238±15μm｝を用いた。

輸送容器　今回の試験に用いた輸送容器の条件として，各栽培漁業センターで容易に入手できること，宅配便で輸送できる大きさであること，ワムシ濃縮液を収容して輸送できる構造であることとし，これらの条件を満たす容器として，市販の濃縮淡水クロレラの輸送用容器であるポリエチレン製20ℓ角形容器（以下，クロレラ用輸送容器）と専用のダンボール箱を選択した。なお，クロレラ用輸送容器は，使用前に充分洗浄し次亜塩素酸ソーダ（有効塩素100ppm）で消毒した。

輸送密度の検討　クロレラ用輸送容器を用いたL型ワムシの輸送に適した収容密度を検討するため，1万個体／mℓ（収容総ワムシ数：1億個体），2万個体／mℓ（同：2億個体），3万個体／mℓ（同：3億個体）の3つの試験区を設定した。試験に用いたL型ワムシは高密度輸送法[2] に準じて，培養水と同じ水温（20℃）と塩分（20psu）の希釈海水で充分に洗浄した後，酸素飽和状態の水温10℃の希釈海水で急速に冷却した。クロレラ用輸送容器には10ℓ量のワムシ濃縮液を収容し，容器の上部を酸素ガスで満たして封印し専用のダンボール箱に収容し，5℃の冷蔵庫内に静置した。試験開始時，24時間後および48時間後に各濃縮液の水温，酸素飽和度およびワムシ密度を調べた。なお，本実験は経時的なデータを得るため冷蔵庫内で静置状態とし，調査時間は宅配便の利用を想定しているためほぼ日本全国に輸送可能な48時間までとした。試験は3回繰り返して平均値を求めた。また，結果を評価する回収率は以下の式で求めた。

回収率(％)＝(調査時のワムシ密度)／(開始時のワムシ密度)×100

輸送前の冷却処理の検討　高密度輸送法[2] では，輸送中の酸素欠乏を防止するため輸送前にL型ワムシを水温10℃の希釈海水で急速に冷却して活性を低下させる処理を行っている。このため，クロレラ用輸送容器を用いた場合の冷却処理の必要性を検討した。高密度輸送法では，収穫ネット内のワムシ濃縮液に希釈海水を流して洗浄した後，酸素飽和状態の水温10℃の希釈海水を2～3分間かけ流して行っている。本試験では，冷却処理の水温を10℃と15℃の2通りとし，さらに冷却処理をしない事例として培養水温と同じ20℃の希釈海水を用いて同様の処理を行った。各水温区の濃縮液はワムシ密度を1万個体／mℓに調整して，10ℓずつ輸送容器に収容した。その後の手順と調査は，上記の“輸送密度の検討”と同様の方法で

表 1　クロレラ用輸送容器を用いたＬ型ワムシの輸送密度試験

試験区	開始時			24時間後			48時間後		
	水温（℃）	酸素飽和度（%）	ワムシ密度（万個体/mℓ）	水温（℃）	酸素飽和度（%）	ワムシ密度（万個体/mℓ）	水温（℃）	酸素飽和度（%）	ワムシ密度（万個体/mℓ）
1万個体/mℓ	9.7	160	1.00±0.04	5.9	166	0.88±0.06	5.2	144	0.58±0.02
2万個体/mℓ	9.6	172	2.02±0.13	5.8	165	0.99±0.16	5.2	153	0.42±0.05
3万個体/mℓ	9.7	174	2.89±0.03	5.8	190	0.75±0.07	5.1	165	0.35±0.10

各試験区とも3回繰り返して実験を行い，ワムシ密度は平均値±標準偏差で，他は平均値のみを示した
輸送容器に各ワムシ密度の濃縮液を10ℓずつ入れて5℃の冷蔵庫内で静置した

表 2　異なった冷却処理水温がＬ型ワムシの輸送に及ぼす影響

試験区	開始時			24時間後			48時間後		
	水温（℃）	酸素飽和度（%）	ワムシ密度（万個体/mℓ）	水温（℃）	酸素飽和度（%）	ワムシ密度（万個体/mℓ）	水温（℃）	酸素飽和度（%）	ワムシ密度（万個体/mℓ）
10℃	10.3	186	1.04±0.07	5.5	180	0.81±0.01	5.4	178	0.63±0.01
15℃	15.3	181	1.09±0.14	6.1	178	0.79±0.09	5.4	178	0.60±0.03
20℃	19.5	＜85*	1.05±0.10	6.5	212	0.82±0.05	5.5	197	0.67±0.05

*：20℃区の開始時の酸素飽和度は徐々に低下して安定しなかったたため，測定1分後の値を示した
各試験区とも3回繰り返して実験を行い，ワムシ密度は平均値±標準偏差で，他は平均値のみを示した
輸送容器にワムシ密度が1万個体／mℓの濃縮液を10ℓずつ入れて5℃の冷蔵庫内で静置した

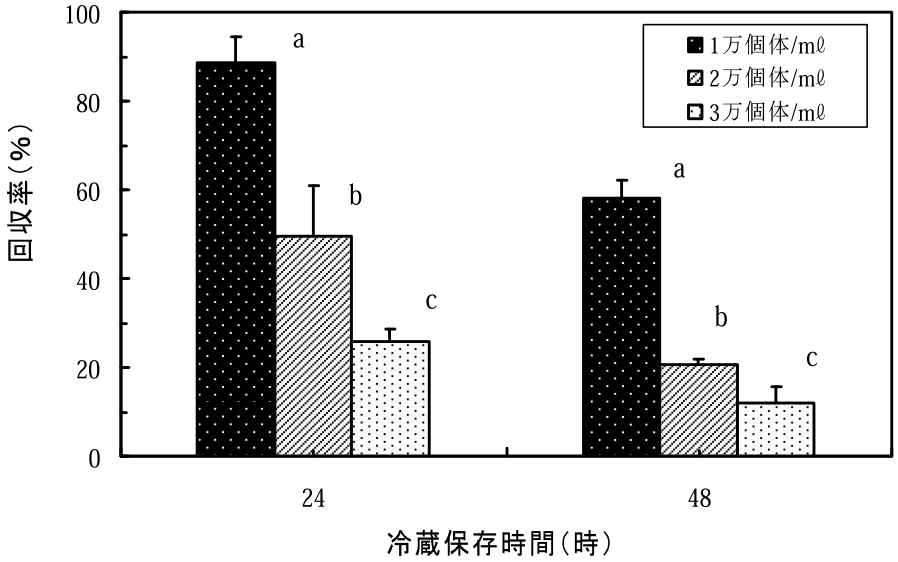


図 1　クロレラ用輸送容器への収容密度がＬ型ワムシの回収率に及ぼす影響
輸送容器は，各ワムシ密度の濃縮液を10ℓずつ入れ5℃の冷蔵庫内で静置した
アルファベットが異なる場合には有意差あり（Scheffe's 検定，$p<0.05$，a＞b＞c）

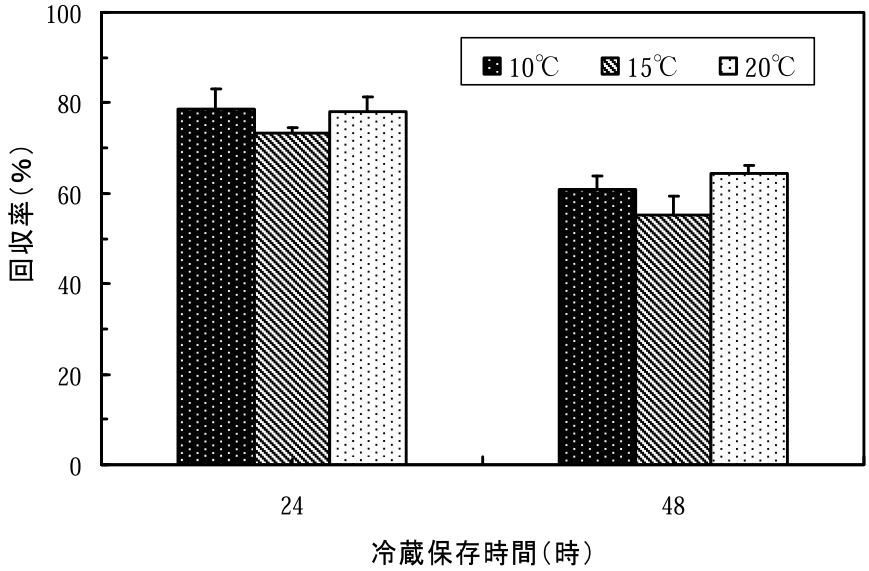


図 2　冷却処理水温の違いが輸送後のＬ型ワムシの回収率に及ぼす影響

輸送容器は，ワムシ密度が1万個体/mℓの濃縮液を10ℓ入れ，5℃の冷蔵庫内で静置した

行った。

統計処理　各試験区の回収率の検定は，逆正弦変換後の値を用い，平均値の差についてはKruskal-Wallis検定，各水準間の差についてはScheffe's検定をそれぞれ有意水準5%で行った。

結　　果

輸送密度の検討　異なった輸送密度試験の結果の概要を表1に示した。水温は全試験区とも試験開始後24時間目で6℃以下，48時間目でほぼ5℃まで低下した。酸素飽和度は開始後24時間目および48時間目で140%以上であった。各試験区の回収率の結果を図1に示した。開始後24時間目と48時間目の回収率は，それぞれ1万個体／mℓ区では88.5%と58.2%，2万個体／mℓ区では49.6%と20.7%，3万個体／mℓ区では25.9%と12.1%となり，収容密度の増加に伴って有意に低下した（共に $p<0.05$）。

輸送前の冷却処理の検討　異なった冷却処理水温による結果の概要を表2に示した。開始後24時間目の水温は20℃区で6.5℃とやや高めであったが，48時間後には全試験区とも5.4～5.5℃まで低下した。酸素飽和度は，20℃区では開始時の測定値が安定せず測定1分後の85%からさらに低下したと思われるが，開始後24時間目と48時間目には全試験区とも170%以上であった。各試験区の回収率を図2に示した。これを見ると，開始後24時間目では73.2～78.5%，48時間目では55.2～64.4%となり，有意差は認められなかった。

考　　察

能登島栽培漁業センターにおけるＬ型ワムシの高密度輸送は，輸送開始した2001年度の輸送回数75回，総輸送ワムシ数538.4億個体から，2005年度の153回，858.3億個体まで毎年増加した[2)]。このことは，各種苗生産機関で輸送による大量のＬ型ワムシの必要性が年々高まっていると考えられる。

本研究では，各種苗生産機関が緊急時に必要とする大量のＬ型ワムシの輸送技術の開発として，市販のクロレラの輸送容器の利用を検討した。その結果，当輸送容器にＬ型ワムシ濃縮液を10ℓ入れた模擬冷蔵輸送では，輸送密度が約1万個体／mℓ（輸送量0.5億～1億個体）であれば，回収率は輸送開始24時間目で約80%，48時間目で約60%と高くＬ型ワムシの輸送が可能であることが確認できた。しかし，輸送密度が2万個体／mℓ以上では回収率が大幅に低下したことから，当輸送法では輸送時に密度を1万個体／mℓ以下に調整することが重要である。

Ｌ型ワムシの輸送前の冷却処理は，本試験の結果では，水温や処理の有無による差は認められなかった。しかし，培養水温である20℃では開始時に酸素飽和度が安定せず85%以下に低下したことから，一時的な低酸素状態に曝

された可能性が考えられる。20℃ではその後水温の低下に伴いＬ型ワムシの酸素消費量が減少したことと，封入した酸素ガスのとけ込みによって酸素飽和度が回復したと考えられる。Ｌ型ワムシは6時間の無酸素状態では半数が死亡すること[4]から，より安全な輸送を行うためには，冷却処理が不可欠であると考えられた。

クロレラ用輸送容器を用いた輸送法は，従来の高密度輸送法[1,2]に比べて，輸送できるＬ型ワムシ数は1／10以下と少ないが，輸送容器は再利用のため，容器等の経費がかからないこと，作業工程が容易であることから，種苗生産機関において直ちに利用できる輸送法であると考えられる。なお，輸送後のＬ型ワムシの回復状況は，高密度輸送では回収率が低い事例でも生存したＬ型ワムシは正常に増殖することが分かっているが，当輸送法では把握されていないため，今後は輸送後の増殖状況を確認する必要がある。当輸送容器を用いた手法として，さらにＬ型ワムシ濃縮液の量，水温や塩分等について適正な輸送条件を把握するとともに，Ｓ 型ワムシへの応用を検討し，より実用的な大量のワムシの輸送技術の確立を図りたい。

文　献

1) 桑田　博(2001)シオミズツボワムシの高密度宅配. 月刊養殖，4，76-79.

2) 小磯雅彦（2007）シオミズツボワムシの高密度輸送試験の実施状況（2001～2005）. 栽培漁業センター技報，6，37-40.

3) 桑田　博（2001）日栽協におけるワムシ大量培養技術開発の取り組み．ミニシンポジウム　ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, 67, 1140-1141.

4) 今田　克(1983)大量培養における餌料および環境，シオミズツボワムシー生物学と大量培養．恒星社厚生閣，東京，pp.129-155.

栽培漁業センター技報，7，41－43，2008

ホシガレイ種苗のALC標識試験
―水温と浸漬濃度およびpH調整の有効性の検討―

清水　大輔・藤浪 祐一郎
（宮古栽培漁業センター）

放流魚の標識方法として，アリザリン・コンプレクソン（以下，ALC）を用いた耳石標識が多くの魚類で採用されている[1-7]。しかし，標識装着の適正な処理条件については，魚種ごとに断片的な情報が報告されているに過ぎない。ホシガレイについては処理条件に関する報告はなく，宮古栽培漁業センターでは経験的に濃度20mg／ℓの浸漬法で装着してきた。

ALCの浸漬法による標識装着では，装着時の大量死亡の危険性[2,6]や高コスト[2,7]などの問題が指摘されており，浸漬するALC濃度は低いほど良い。そこで本試験では，現在，宮古栽培漁業センターで行われている濃度20mg／ℓより低い濃度で装着することを目的に，装着時の水温の検討を行った。また，ALC溶液作成時のpHを調整することで標識の視認性が高まることが知られていることから[8]，pH調整導入の可能性も検討した。

材料と方法

供試魚　試験には，2006年に生産した平均全長48.2±6.54mm，平均体重1.3±0.39gのホシガレイ稚魚を用いた。稚魚は試験に供するまでに2日間の餌止めを行った。

試験Ⅰ：水温と浸漬濃度の検討　2段階のALC濃度（10mg／ℓおよび20mg／ℓ）と3段階の水温（12℃，15℃および18℃）の組み合わせにより合計6試験区を設けた（表1）。各区ともろ過海水を入れた容量12ℓのバケツにホシガレイ稚魚40尾（50g／ℓ）を収容し，設定水温に馴致後，水道水100mℓに溶かしたALCをゆっくりとバケツに入れて試験を開始した。各区とも水量は10ℓとし，ウォーターバスでそれぞれの水温を維持した。浸漬時間は24時間とし，浸漬中は止水，微通気とした。試験終了後に全個体を取り上げて耳石の標識装着状況を調査した。

試験Ⅱ：pH調整の有無　pH調整の有無と2段階のALC濃度（10mg／ℓおよび20mg／ℓ）の組み合わせと，通常のろ過海水に浸漬する対照区の計5試験区を設けた（表2）。pH調整区のALC溶液は友田・桑田[8]を参考に，1N-NaOH溶液に所定量（0.1gおよび0.2g）のALCを溶解させ，1N-HCLを加えてpH3に調整したものにろ過海水を注水して10ℓにした。また，pH調整なし区の浸漬液の作成手法は所定量（0.1gおよび0.2g）のALCを水道水に溶解させ，それにろ過海水を注水して10ℓにした。浸漬方法は各試験区15尾（20g／ℓ）を収容し24時間浸漬した。水温は12℃とし，それ以外の試験設定等は試験Ⅰに準じた。

標識装着状況の判定　取り上げた全個体のうち試験Ⅰでは無作為に15尾，試験Ⅱでは全個体の標識装着状況を確認した。サンプルより有眼側の扁平石を摘出し，凹面を上にしてスライドグラスにのせ，落射型蛍光顕微鏡（B励起フィルターBM520；Nikon ECLPSE E400）により耳石を観察した。これまで宮古栽培漁業センターの放流試験で実績のある設定（15℃，20mg／ℓ，24時間浸漬）と同等に明瞭に識別できる個体を視認度良，染色が判別可能な個体は可，判別できない個体は不可とした。

結　果

試験Ⅰ：水温と浸漬濃度の検討　表1に試験中の水温，DOおよび稚魚の生残と標識の装着状況を示した。全試験区とも供試魚はALC溶液添加直後に狂奔し，5～8割が鼻上げをした。水温が低く，ALC濃度が低い試験区ほど落ち着くまでの時間は早く，最も遅くまで鼻上げ状態が続いた18℃-20mg／ℓ区でも，試験開始1時間後にはすべての個体が落ち着き着底した。また試験中に飼育水の粘りや泡はほとんど見られず，DOの低下もなかった。

全試験区とも稚魚の生残率は95％以上であった。耳石の観察では，ほぼすべての個体でALCの装着が確認できた。ALC濃度20mg／ℓではいずれの水温でも明瞭な標識が確認できた。一方，10mg／ℓでは水温が高いほど視認性は良かったが，20mg／ℓと比較すると全体的に装着状態は劣った。

試験Ⅱ：pH調整の有無　表2に試験中のpH，水温，DOおよび稚魚の生残と標識の装着状況を示した。全試験区とも収容後の狂奔は見られず，試験期間を通して落ち着いた状態であった。試験中に飼育水の粘りや泡の発生はほとんど見られず，DOの低下もなかった。ALCの入った浸漬液の試験開始時のpH値は7.57～7.95の範囲にあり，試験終了時には全試験区とも8前後となった。試験期間中の死亡はなかった。

表 1　試験Ｉにおける試験中の水温，DO とホシガレイ稚魚の生残および標識装着状況

設定水温（℃）	ALC 濃度（mg/ℓ）	水　温（℃）	DO（mg/ℓ）	生残率（%）	視認度（%）		
					良	可	不可
12	10	12.1（12.0-12.2）	8.7（8.3-9.1）	98	0	80	20
12	20	12.1（12.0-12.2）	8.7（8.3-9.2）	100	100	0	0
15	10	14.9（14.6-15.0）	7.6（7.4-7.8）	100	0	100	0
15	20	14.9（14.6-15.1）	7.7（7.5-7.9）	100	100	0	0
18	10	17.8（17.7-17.9）	6.9（6.8-7.1）	98	13	87	0
18	20	17.8（17.7-17.9）	6.9（6.8-7.0）	98	100	0	0

表 2　試験Ⅱにおける試験中の pH，水温，DO とホシガレイ稚魚の生残および標識装着状況

設定水温（℃）	ALC 濃度（mg/ℓ）	pH 調整	pH			水　温（℃）	DO（mg/ℓ）	生残率（%）	視認度（%）		
			ALC 溶解時	浸漬液							
				開始時	終了時				良	可	不可
12	10	－	－	7.95	8.01	12.3（12.0-12.4）	8.0（7.8-8.6）	100	0	53	47
12	20	－	－	7.87	8.00	12.3（12.0-12.5）	8.0（7.8-8.4）	100	20	80	0
12	10	＋	2.98	7.72	8.01	12.3（11.9-12.4）	7.9（7.3-8.6）	100	27	60	13
12	20	＋	3.04	7.57	7.96	12.3（11.9-12.4）	7.8（7.2-8.5）	100	87	13	0
12	対照区	－	－	8.14	8.02	12.3（12.0-12.5）	8.2（7.8-8.6）	100	0	0	100

標識の装着状況をみると，ALC 濃度20mg／ℓでは pH 調整の有無にかかわらず，ほぼすべての個体で ALC の装着が確認できた。視認性の比較では pH 調整区が pH 無調整区より明瞭に識別できた。10mg／ℓでも視認性の傾向は同様であったが，pH 調整区，無調整区ともに20mg／ℓ区よりも染色状態が悪かった。

考　　察

試験Ｉにおける生残率は全ての試験区で95%以上と高く，今回の試験範囲では ALC 溶液の濃度や水温は稚魚の生残に悪影響を与えなかった。濃度20mg／ℓの ALC 溶液に24時間浸漬すれば，12℃～18℃の範囲では標識を明瞭に識別できた。一方，濃度10mg／ℓでは水温が高いほど染色状況は良かったが，濃度20mg／ℓと比較して標識は不明瞭であった。pH 調整を行った試験Ⅱでは，pH 調整区が pH 無調整区より明瞭に識別でき，友田・桑田[8] と同様に有効性が認められた。しかし10mg／ℓ-pH 調整区は，20mg／ℓ-pH 無調整区よりも染色状態が悪かった。以上のことから，今回の浸漬条件設定においては，高水温や pH 調整を行っても ALC 浸漬濃度10mg／ℓでの標識装着は困難であると判断された。平均全長50mm のホシガレイ稚魚に適した浸漬濃度は20mg／ℓであり，さらに pH 調整を行うことで視認性を高めることが可能である。

試験Ⅱでは，試験Ｉと比較すると同水温，同 ALC 濃度でも全体的に染色状態が悪かった。試験Ｉでは50g／ℓと収容密度が高く，供試魚の入ったバケツに ALC を少しずつ加える方法を用いた。供試魚は視界が遮られていくため狂奔し，落ち着くまでに長時間を要した。試験2では20g／ℓと密度が低く，濃度を調整した ALC 溶液中に供試魚を収容する方法で行ったため，供試魚はまったく狂奔しなかった。浸漬法による標識装着の際に極度のパニック状態に陥ったニシンでは，正常な標識作業が行えた場合と比較して，短時間で鮮明な染色状況となった事例がある（大河内，私信）。染色状態に差が出た理由として，パニック状態に陥ったホシガレイ稚魚の代謝が高まって，ALC を取り込んだ可能性も考えられる。

本試験では平均全長50mm のホシガレイ稚魚を用いたが，今後は様々なサイズの適正な ALC 浸漬濃度を調べることが重要である。また，適切な供試魚の収容方法や収容密度，浸漬時間等も把握する必要がある。

文　　献

1）　桒田　博・塚本勝巳（1987）アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識－Ｉ．栽培技研，**16**，93-104.

2）　桒田　博・塚本勝巳（1989）アリザリン・コンプレ

クソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識－Ⅱ．栽培技研，**17**，115-128.

3） Tsukamoto, K., H. Kuwada, M. Hirokawa, M. Oya, S. Sekiya, H. Fujimoto, and K. Imaizumi (1989) Size dependent mortality of red sea bream, *Pagrus major*, juveniles released with fluorescent otolith-tags in News Bay, Japan. *J. Fish Biol.* **35**: 59-69.

4） 岡本　昭・安元　進・蛭子亮制・森川　晃（1993）カサゴ稚魚に対するアリザリンコンプレクソンによる標識の有効性．長崎水試研報，**20**，25-29.

5） 松村靖治（2005）アリザリンコンプレクソン並びにテトラサイクリンによるトラフグ *Takifugu rubripes* 卵および仔稚魚の耳石標識. 日水誌, **71**, 307-317.

6） 友田　努（2004）キャンバスシートを用いた海上でのハタハタ稚魚の ALC 標識試験．栽培漁業センター技報，**1**，99-101.

7） 中川雅弘・大河内裕之・服部圭太（2007）Alizarin Complexoneを用いたクロソイ種苗の耳石標識試験. 水産増殖，**55**，253-257.

8） 友田　努・桒田　博 (2006) pH 調整したアリザリン・コンプレクソン溶液の希釈によるハタハタ稚魚の耳石標識．日水誌，**72**，76-78.

マダラの市場調査で得られた知見－1

銘柄別の体重－体長等の各種関係式について

手塚　信弘[*1]・荒井　大介[*2]・小磯　雅彦[*1]・友田　　努[*1]・島　　康洋[*1]
（*1　能登島栽培漁業センター，*2　屋島栽培漁業センター）

マダラ *Gadus macrocephalus* は冷水系の底棲性魚類で，北部日本の重要な漁獲対象種である[1)]。日本海北部におけるマダラの漁獲量は，1990年まで2,000～5,000トンであったが，それ以降は，1,000～3,000トンに減少している。また，石川県の漁獲量は，1990年までは北部日本海の漁獲量の30～50％を占めていたが，それ以降，10％以下に低下しており，この海域においては，種苗の放流や適切な資源管理等によるマダラ資源の維持，増大を早急に検討する必要があると考えられる。

一方，ある水産生物種における成長曲線は，多くの場合，体重ではなく体長と年齢との関係に基づいて推定されている[1)]。このことは，計算式をより単純化する上で有効であり，また，摂餌や肥満度などの生理・生態的状況に体長が左右されにくい点からも有利であると考えられる。しかし，一般的には，ある個体群の資源量はその重量によって表現されることが多く，消費者あるいは漁師にとってもある1尾の魚の重要度は体重で示されるほうが実用的である。実際に，各地の魚市場などでは殆どの場合体重のデータが蓄積されている。このため，各水産生物種の体長と体重の関連性を詳細に把握し，必要に応じて両者を相互に変換することは，的確な放流効果の評価や資源管理を行う上で非常に重要であると考えられる。

以上のことから，本報告では，マダラの資源管理手法の検討に向けた知見の蓄積を行うことを目的として本種の体長と体重の関連性について分析した。また，調査の過程で得られた，頭あるいは耳石のみからでも体長の推定が可能かどうか，併せて検討した。

材料と方法

体長および体重の測定　マダラの標準体長（以下，体長）は，七尾市公設地方卸売市場（以下，七尾公設市場）において，2004～2007年の12月から翌年3月までのマダラの漁獲期に測定した。また，一部のマダラについては，体長に加えて，全長，頭長，眼径および体重を測定した。体重を除く各項目の測定には，1,000mm 定規（ファイバー折尺78605；シンワ）を用い，体長と全長は0.5cm 単位で，頭長と眼径は1mm 単位で測定した。また，体重は上皿秤（SD-20，；大和製衡）を用いて0.1kg 単位で測定した。

一方，水揚げされたマダラは，雌雄あるいは成熟状態によって市場では全部で4種類の銘柄に区別されており，腹部が膨満し，圧迫すると精液が総排泄口から流れ出る雄を白，同様に卵子が出る雌を子，腹部を圧迫しなくても排卵され，吸水した卵子が流れ出る排卵後の雌をツメ，その他の雌雄不明のマダラがタラと呼ばれている。これらの銘柄間では腹部の膨満の程度が異なり，このことが体重と体長の関係に影響を与えることが予想されたため，体重の測定時には市場の銘柄を記録した。各銘柄については，体重を体長の3乗で除して肥満度を算出し，一元配置分散分析で銘柄間の差を検定した。また，有意差が認められた場合は多重比較法（Schffe's F 法）によりさらに個々の銘柄間の違いについて検討した。

標識魚の調査　ALC 標識魚の調査は，七尾公設市場，石川県漁協ななか支所，能都町支所，すず支所の4カ所から水揚げ魚を入手して行った。水揚げ魚の耳石の大きさ，体長，全長，頭長および眼径を測定した。全長と体長は1,000mm 定規を用いて1mm 単位で，頭長と眼径はノギスを用いて0.1mm 単位で測定した。体重はデジタル秤（DS-266；テラオカ）を用いて0.1g 単位で測定した。耳石は原則として左側の扁平石の長径と短径を，0.1mm 単位で測定した。測定にはノギス（デジタルノギス CD-30PM；ミツトヨ）を用いた。また，耳石は摘出後に海水で洗浄し，測定するまで海水あるいは70％エタノールを用いて保存した。

結果と考察

銘柄別の体長と体重の関係を図1に，関係式を表1に示した。全ての銘柄で体長と体重の間には，有意水準1％で有意な正の相関が見られた。各銘柄別の肥満度には，有意な差が認められ（$p<0.05$），ツメ，子，タラ，白の順に有意に低くなった（表2，$p<0.05$）。雌雄不明であるタラの肥満度が成熟した精巣を持つ白より低くなっていた

ことは，タラの中に充分に大きくなった生殖腺をもつ個体が多数含まれていることを示唆しているのかもしれない。

全長，頭長，眼径，耳石の長径および短径と体長との関係を図2に，関係式を表3に示した。これらの値と体長との間には，有意な正の相関が見られた（$p < 0.01$）。このことから，今後，漁獲量調査で得られた水揚げ魚の体重データを全長へ変換することが可能になると考えられた。また，頭長や耳石の大きさと体長との関係式を用いることで，ALC 標識魚の調査において，頭だけ，あるいは耳石だけ入手した場合でも，体長の推定が可能と考えられた。さらに，日本海北部でマダラの資源生態に関する調査を行っている県のうち，青森県[3] と富山県[4] では全長を，山形県[5] と石川県[6] では体長を，秋田県[7,8] では両者を用いている。全長と体長の関係式を用いることで，各県が蓄積したこれらの知見の比較が可能になり，水揚げされたマダラの体長組成の経年変化や卓越年級群の発生とその動向を明らかにできると考えられる。

しかし，眼径と体長の関係は，測定した部位の中で最も相関係数が低かった。この理由としては，マダラの眼の縁辺部が柔らかいため，変形している個体が多いことが考えられた（表3）。

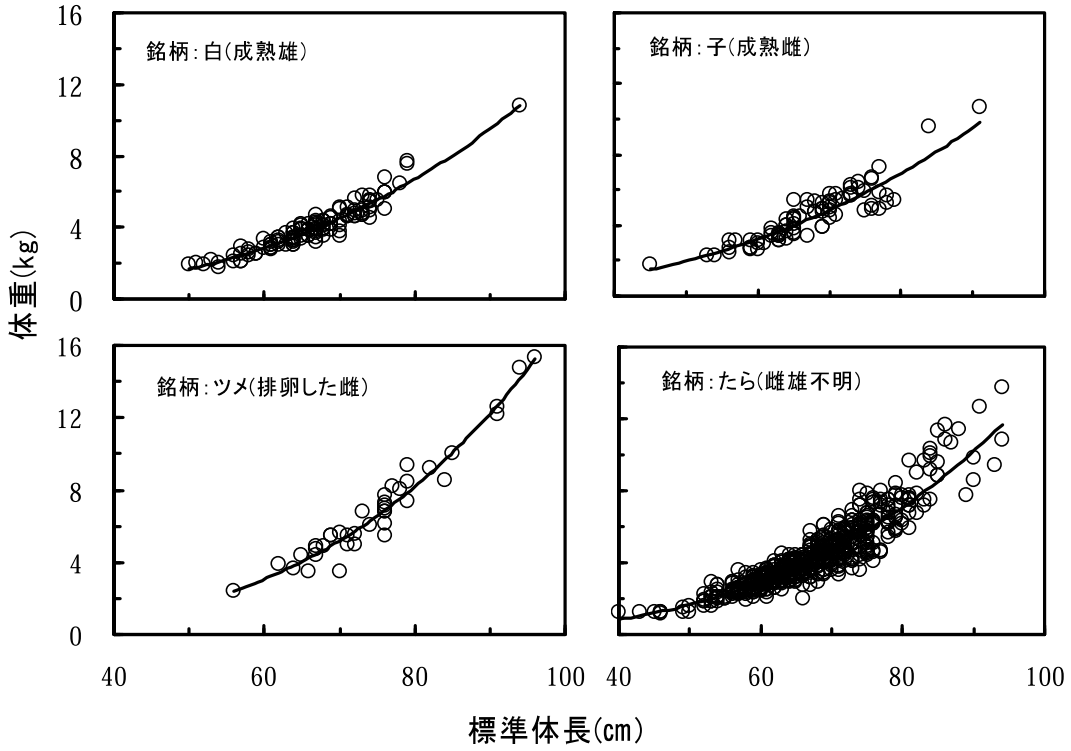


図 1　七尾公設市場に水揚げされたマダラの銘柄別の標準体長と体重の関係

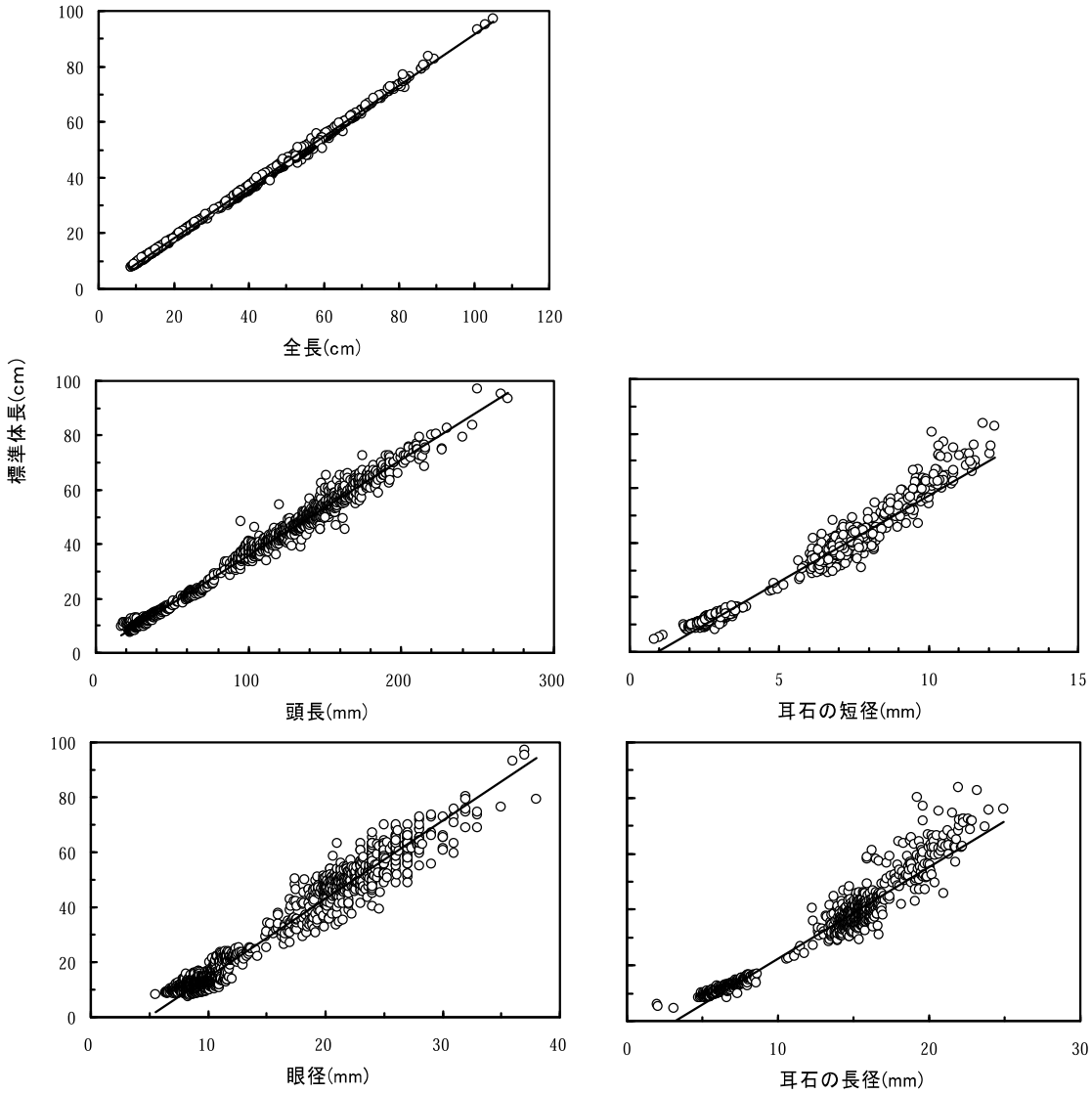


図 2　市場調査およびサンプルの買い上げ調査で明らかになったマダラの全長（左上），頭長（左中），眼径（左下），耳石の短径（右上），耳石の長径（右下）と標準体長の関係

表 1　七尾公設市場に水揚げされたマダラの銘柄別の体長（x）と体重（y）の関係式

銘柄		測定尾数	関係式	相関係数
白	（排精する雄）	117	$y = 0.0000152\,x^{2.97}$	0.958
子	（成熟した雌）	81	$y = 0.0000547\,x^{2.68}$	0.922
ツメ	（排卵した雌）	39	$y = 0.00000267\,x^{3.41}$	0.961
タラ	（雌雄不明）	643	$y = 0.00000940\,x^{3.09}$	0.937

表 2　七尾公設市場に水揚げされたマダラの銘柄別の肥満度

銘柄		測定尾数（尾）	肥満度 平均	*1	最小	最大	標準偏差
白	（排精する雄）	117	13.2	d	10.4	15.9	1.19
子	（成熟した雌）	81	14.4	b	10.8	19.8	1.88
ツメ	（排卵した雌）	39	15.6	a	10.1	19.0	1.76
タラ	（雌雄不明）	643	13.7	c	7.0	19.9	1.88

*1：Fisher's PLSD 法（$p<0.05$）による比較結果，a＞b＞c＞d

表 3　マダラの全長，頭長，眼径，耳石の長径および短径（x）と標準体長（y：cm）の関係式

部位	測定尾数		相関係数
全長（cm）	2,117	y＝0.918x － 0.201	0.999
頭長（mm）	1,775	y＝0.352x ＋ 0.456	0.996
眼径（mm）	1,442	y＝2.85x － 13.8	0.982
耳石の長径（mm）	933	y＝3.28x － 10.3	0.968
耳石の短径（mm）	933	y＝6.34x － 6.05	0.981

謝　辞

本稿の調査に便宜を図って頂いた，石川県漁協ななか支所，能都町支所，すず支所の関係者に感謝します。特に，七尾公設市場において早朝から体長等の測定調査を実施して頂いた川口雅子氏，調査に多大の便宜を図って頂いた七尾市公設地方卸売市場（七尾魚市場株式会社）の青木　紀取締役部長，田尻豊治常任監査役，及び職員の皆様に深謝します。

文　献

1）森岡泰三，山本和久，堀田和夫，大槻観三（1998）石川県能登島沖に放流されたマダラ人工種苗の成長と移動，栽培技研，**27**，11-26.

2）能勢幸雄・石井丈夫・清水　誠（1988）成長曲線，水産資源学，東京大学出版会，46-58.

3）松坂　洋・山田嘉暢（2000）平成12年度　資源増大技術開発事業，平成12年度　青森県水産増殖センター事業報告，**31**，325-335.

4）堀田和夫（2005）マダラ親魚養成に関する技術開発研究，平成16年度　富山県水産試験場年報，63-73.

5）本間仁一・石向修一・秋野　亨・白幡英樹（2004）底曳網漁業漁期前期調査，平成14年度　山形県水産試験場事業報告，7-11.

6）大橋洋一・四方崇文・古沢　優・白田光司・又多敏昭・辻口優貴子（2004）我が国周辺漁業資源調査，平成15年度　石川県水産総合研究センター事業報告書，3-4.

7）土田織江（2003）複合的資源管理型漁業促進対策事業　水産資源調査，平成13年度　秋田県水産振興センター事業報告書，108-123.

8）柴田　理（1994）地先資源漁場形成要因研究事業（マダラの生態と資源に関する研究），平成5年度　秋田県水産振興センター事業報告書，103-111.

アカアマダイの中間育成における適正密度

竹内　宏行[*1]・渡辺　　税[*1]・中川　　亨[*1]・町田　雅春[*1]・
村上　直人[*2]・津崎　龍雄[*3]・升間　主計[*1]
（*1　宮津栽培漁業センター，*2　北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センター，*3　玉野栽培漁業センター）

アカアマダイ *Branchiostegus japonicus* は日本海および太平洋中部から東シナ海にかけて分布し，主に延縄漁や一本釣り漁で漁獲され，高級魚として取り扱われている。本種は水深60～200m の砂泥域に巣穴を掘って底生生活をすることから[1-2]，定着性が強いと考えられているため，地域に密着した栽培漁業対象種として期待されている。

宮津栽培漁業センターでは，1984年以来本種の親魚養成と種苗生産の技術開発に取り組み，1999年に初めて10万尾を超す稚魚の量産に成功した。放流技術の開発では，1998年にスパゲティ型アンカータグを装着した平均全長128mm の種苗を京都府下において初めて放流し[3]，現在までに長崎県，島根県[4]，山口県[5] の各地で種苗放流を実施できるようになった。標識手法については，スパゲティ型アンカータグの他，ALC 浸漬による耳石標識[6]，腹鰭の抜去および切除*，イラストマー*等について技術開発を進め，平均全長60～168mm の種苗を用いて放流試験を実施している。これまで実施した放流試験では，平均全長98～168mm の大型種苗にスパゲティ型アンカータグを装着した放流によってのみ再捕報告が得られている[7]。今後，本種のより効果的な放流技術を確立するためには，標識技術の開発に加えて，放流適正サイズ，放流時期等の検討も必要である。したがって，適正な放流サイズまで健全に育成するための中間育成技術の開発は，本種の放流技術開発を進める上で重要な課題となる。

宮津栽培漁業センターでは，中間育成技術開発の確立を目指してこれまで育成水温について検討し，水温17℃前後が中間育成において最も効率の良い飼育水温であることを明らかにした[8]。さらに本試験では，アカアマダイの中間育成において，外部標識が装着可能な全長100～120mm までの適正飼育密度の把握を目的として試験を行った。

材料と方法

供試魚は，長崎県上対馬町（現，対馬市）沖で延縄漁によって漁獲された親魚から，2003年9月27～29日に人工授精により得られた受精卵を宮津栽培漁業センターまで搬入してふ化させ，約4ヵ月後の2004年1月22日まで飼育した平均全長59.1±8.1mm（平均値±標準偏差），平均体重2.7±0.9g の稚魚を用いた。

飼育水槽には円形 FRP 水槽（内径1.8m，高さ0.8m，水深0.4m，底面積2.5㎡，実効水量1kℓ）3槽を使用した。飼育密度別の試験区として，単位面積当り100尾，200尾，400尾を収容する区（それぞれ100尾／㎡区，200尾／㎡区，400尾／㎡区とする）を各1区ずつ設定した。なお，本種は全長約35mm から着底個体が出現することから，飼育密度は単位面積当りで表した。

飼育水には砂ろ過海水を使用し，換水率を15回転／日とした。飼育水温は加温によって17℃に設定した。餌料にはトラフグ用配合飼料（ふくちゃん；ヒガシマル）を使用し，1日3～4回，自動給餌器もしくは手撒きで，魚体重量の2.5～3.0％の量を目安として給餌した。また，配合飼料に加え，冷凍イサザアミを週5日，魚体重量の2.5～3.0％を1日当り1～2回に分けて給餌した。給餌量は下記の測定データを基に算出した。

試験は2004年1月22日～5月21日までの120日間とした。試験期間中，14～18日間隔で各試験区50尾ずつ無作為に抽出し，2-フェノキシエタノール100ppm で麻酔した後，全長および体重を測定し，平均全長，平均体重を推定した。麻酔から覚醒した測定魚は各試験区に戻した。また，生残尾数は毎日の死亡魚数から算出した。飼育水温は朝9時頃に測定した。

給餌率については，各試験区間で対応のある t 検定を行った。また，成長については，一次回帰直線を当てはめ，共分散分析によって各試験区の回帰直線を比較した。生残については，χ^2検定によって各試験区間の違いを求めた。統計的な有意差は危険率0.05以下で評価した。

結　　果

試験期間中の水温は100尾／㎡区で16.6±0.58℃（n＝89，以下同じ），200尾／㎡区で16.5±0.54℃，400尾／㎡区で16.6±0.51℃で，各試験区間に差は認められなかった。

飼育期間中の摂餌状態はいずれの試験区でも活発であった。給餌期間中の配合飼料と冷凍イサザアミを合わ

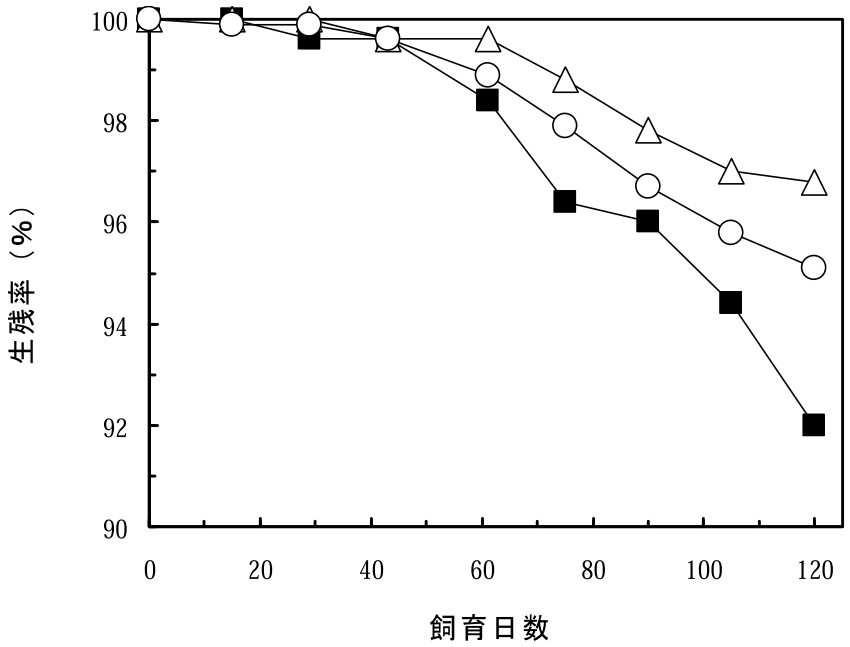
* 平成17年度アカアマダイ栽培漁業技術開発検討会資料

表 1　アカアマダイの中間育成における密度別飼育試験の給餌率

給餌期間	試験区（%／体重／日）		
	100尾／m²区	200尾／m²区	400尾／m²区
1.22 ～ 2.6	4.63	4.20	4.32
2.7 ～ 2.20	4.76	4.71	4.21
2.21 ～ 3.5	4.88	5.40	5.23
3.6 ～ 3.17	4.94	4.97	4.89
3.18 ～ 3.23	4.38	4.22	3.68
3.24 ～ 4.6	4.89	4.52	4.77
4.7 ～ 4.21	3.96	4.01	4.75
4.22 ～ 5.6	4.76	5.01	5.10
平　均	4.65	4.63	4.62
標準偏差	0.33	0.48	0.51

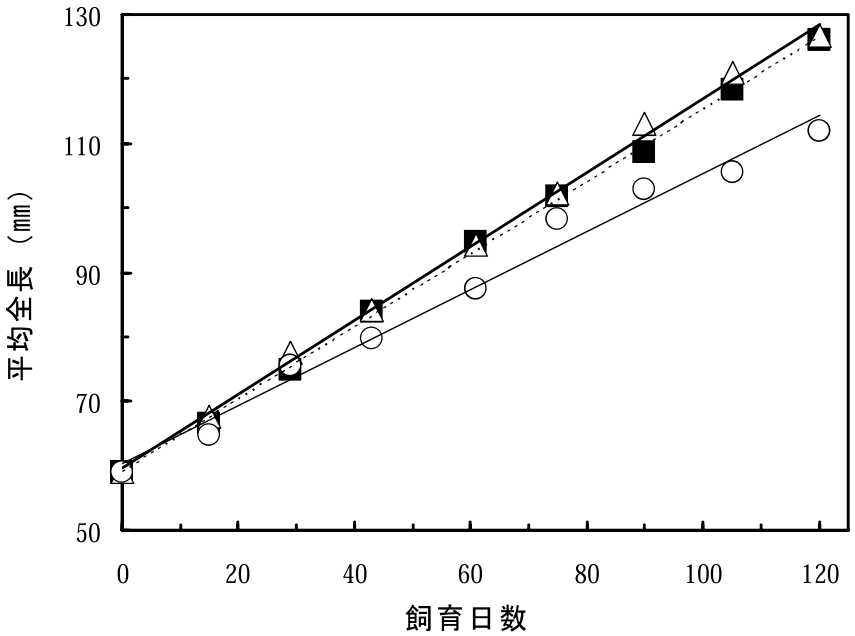
表 2　アカアマダイの中間育成における密度別飼育試験終了時の生残および死亡尾数

試験区	収容尾数	取り上げ時尾数		χ^2検定
		生　残	死　亡	
100尾／m²区	250	230	20	$p=0.006$
200尾／m²区	500	484	16	$p=0.064$
400尾／m²区	1,100	1,046	54	$p=0.147$
合　計	1,850	1,760	90	



■：100 尾／m² 区,　△：200 尾／m² 区,　○：400 尾／m² 区

図 1　アカアマダイの中間育成における密度別飼育試験の生残率



■：100尾／m²区，　△：200尾／m²区，　○：400尾／m²区
100尾／m²区：　y＝0.563x ＋ 59.0，　R^2＝0.999
200尾／m²区：　y＝0.574x ＋ 59.7，　R^2＝0.998
400尾／m²区：　y＝0.450x ＋ 60.4，　R^2＝0.985

図 2　アカアマダイの中間育成における密度別飼育試験の平均全長

せた総給餌量を給餌日数と飼育魚の総重量で除して，1日魚体重当りの給餌率を求め表1に示した。1日当りの平均給餌率はいずれの区でも4.62～4.65％とほぼ同じ値を示した。各試験区間の給餌率に有意差は認められなかった（t 検定；p＞0.05）。

生残率の推移を図1に示した。生残率は，期間中いずれの区も顕著な低下は認められず，試験終了時の生残率は100尾／㎡区が92.0％，200尾／㎡区が96.8％，400尾／㎡区が95.1％となり，低密度区の100尾／㎡区でやや低下した。各試験区間の試験終了時の生残および死亡尾数では，100尾／㎡区と200尾／㎡区間で有意差が認められた（χ^2 検定；p＝0.006）が，その他の組み合わせでは有意差は認められなかった（表2）。

試験期間中の平均全長の推移を図2に示した。100尾／㎡区と200尾／㎡区では，試験終了時の平均全長がそれぞれ126.1mm および126.6mm に達し，ほぼ同様な成長を示したが，400尾／㎡区では112.0mm と他の2区より成長が劣った。平均全長より求めた成長の回帰直線の傾き（日平均成長量）の差を比較したところ，100尾／㎡区と200尾／㎡区間では有意差が認められなかった（共分散分析；p＞0.05）が，100／㎡区と400尾／㎡区および200尾／㎡区と400尾／㎡区ではそれぞれの間で有意差（p＝0.00019および p＝0.00013）が認められた。

試験終了時の肥満度は，100尾／㎡区13.4±0.91，200尾／㎡区13.3±0.78，400尾／㎡区12.7±1.07であった。試験区間の比較では，100尾／㎡区と200尾／㎡区では有意差が認められず（一元配置分散分析および Bonferroni の多重比較検定；p＞0.05），100／㎡区と400尾／㎡区および200尾／㎡区と400尾／㎡区で有意差が認められた（それぞれ p＝0.0029および p＝0.00080）。

考　　察

本試験期間中の飼育水温，飼育魚の給餌率に関して，各試験区間に顕著な差は認められず，飼育は良好に行われたものと考えられた。

生残率については，100尾／㎡区と200尾／㎡区で有意差が認められたものの，400尾／㎡区も含めて生残率は92.0～96.8％と高い結果が得られた。本種と同様に，水槽底面に定位しやすいオニオコゼにおける収容密度別の

中間育成試験（0.3，0.6および0.9万尾／㎡）で報告されているように[9]，アカアマダイでも100～400尾／㎡の飼育密度では，生残率においては大差ないものと考えられる。成長および肥満度については，いずれの試験区でも給餌率（表1）には差がないが，400尾／㎡区は他の2区より劣る結果が得られた。

兼松ら[9]はオニオコゼ稚魚の飼育密度試験において，給餌率が同じ場合，収容密度が低い試験区（全長30mmサイズで0.3万尾／㎡）で最も成長が良好であったことを報告している。また，安藤[10]は高い密度などのストレスが加わったとき魚類はアドレナリンやコルチゾル，グルカゴンといった異化的代謝を促す複数のホルモンを分泌し，ストレス対抗に必要なエネルギーを栄養分の燃焼によって作り出し，成長に回るはずの栄養分が消費されると述べている。アカアマダイにおいても，給餌率が一定であるにもかかわらず高密度条件（400尾／㎡）が，成長および肥満度に悪影響を及ぼすことが示され，オニオコゼと同様な結果となった。このことは，安藤[10]が述べているように，本試験でも高密度のストレスにより成長へ配分されるエネルギーが抑制されたと考えられる。本試験の結果から，アカアマダイの中間育成における飼育密度は，生残率，成長および肥満度のいずれにおいても高水準の結果が得られた200尾／㎡以下が適正であると考えられた。

本種の今後の放流技術開発を進める上では，放流種苗としての種苗性についてさらに考慮する必要がある。中間育成における飼育密度と種苗性について，森岡[11]はマダイにおいて高密度と低密度で飼育した各群を用いて放流試験を実施し，低密度飼育で放流後の生き残りが高い結果を得ている。古田[12]は飼育密度がヒラメ人工種苗の摂餌行動に影響を及ぼすことを報告し，このことが，放流後の生残に影響する可能性を示した。また，兵庫県で行われたマダイの粗放的育成試験において，250尾／㎡の高密度で育成した結果，収容した種苗の大部分が底生生活に移行できず中層で群泳する行動がみられたことが報告されている[13]。

アカアマダイ稚魚の飼育では，100尾／㎡以下の低い密度で飼育すると神経質になり，水槽壁への衝突や跳びはねによる水槽外への飛び出しが原因で死亡する例が多く観察されている。今回の飼育試験では，水槽外へ飛び出さないように水面と水槽上面との差を充分に取ったことから，飛び出しによる死亡は観察されなかった。しかし，低密度での飼育がアカアマダイ稚魚の警戒心を高め，底掃除や観察などの作業時の影響により死亡した可能性も否定できない。このことは逆説的に考えると，100尾／㎡以下の低密度で飼育することによって，放流後の逃避行動等の種苗性を高められる可能性があり，適正密度を把握する場合，成長，生残および肥満度だけでなく種苗性の面からの評価も必要であろう。

津村・山本[14]は，種苗性について低密度飼育による質の向上の他に，馴致放流による種苗性の保持や種苗の取り扱いで低下した種苗性の回復を挙げている。筆者らが2002年に浅海域で行ったアカアマダイ放流試験では，輸送やハンドリングが原因と考えられたパニック行動が，放流海域にあらかじめ設置した囲い網の中に種苗を収容した直後に観察された[15]。しかし，収容翌日には放流種苗が形成したと考えられる巣穴が確認され，放流直後の種苗性の回復とその後の馴致効果について一定の効果があったと考えられた。

したがって，今後は放流前の種苗性向上のための適正密度について，巣穴の形成率や逃避行動などの行動特性を検討した上で，明らかにしていきたい。

文　献

1) 林　泰行（1985）東シナ海産アカアマダイの漁業生物学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, **20**, 1-95.

2) 通山正弘（1975）潜水調査船“しんかい”からみたアカアマダイなどについて．南西水研ニュース, **13**, 12.

3) 藤浪祐一郎（2000）資源添加技術開発の概要，アカアマダイ. 平成10年度日本栽培漁業協会事業年報, 339-341.

4) 島根県・平田市・平田市漁協（2005）平成16年度栽培漁業技術実証試験結果報告書，全国豊かな海づくり推進協会，122-123.

5) 石田祐司・尾串好隆・原川泰弘（2004）アカアマダイの標識放流および採卵試験．平成15年度山口県水産研究センター事業報告，46-48.

6) 渡辺庄一（2006）アカアマダイ，標識試験．平成17年度長崎県総合水産試験場事業報告，47-48.

7) 竹内宏行・渡辺　税・中川　亨（2004）若狭湾におけるアカアマダイの標識放流試験とその再捕状況. 栽培漁業センター技報，**1**，102-104.

8) 竹内宏行・本藤　靖・渡辺　税・村上直人（2004）アカアマダイの中間育成における適正水温の把握について．栽培漁業センター技報，**2**，80-82.

9) 兼松正衛・太田健吾・島　康洋（2006）オニオコゼ中間育成における収容密度と給餌量の影響について．栽培漁業センター技報，**5**，46-51.

10) 安藤　忠（2003）魚類の成長におけるインスリンの

役割とは．養殖8月号，緑書房，88-91.
11）森岡泰三（1996）中間育成において高密度及び低密度飼育された種苗の比較放流試験．生産力応用技術開発報告〔Ｖ〕，協会研究資料，68，日本栽培漁業協会，105-110.
12）古田晋平（1991）捕食離底時間からみたヒラメ放流用種苗の短期馴致効果．栽培技研，19，117-125.
13）日本栽培漁業協会（2001）マダイの粗放的中間育成技術開発及び放流効果調査総合報告書，協会研究資料，78，日本栽培漁業協会，p.91.
14）津村誠一・山本義久（1993）飼育方法と健苗性，放流魚の健苗性と育成技術，水産学シリーズ93，恒星社厚生閣，東京，84-93.
15）竹内宏行（2003）アカアマダイの放流技術開発．平成14年度日本栽培漁業協会事業年報，168-172.

栽培漁業センター技報，7，53－62，2008

佐伯湾においてみられたクルマエビの性比の偏り

菅谷　琢磨・加藤　雅博・今津 佐智美・樹村　美和
（上浦栽培技術開発センター）

クルマエビ *Penaeus japonicus* は，沖縄以北の沿岸に生息しており，日本海側では青森県の陸奥湾や北海道の新冠湾まで，太平洋側では宮城県の仙台湾まで分布している[1, 2]。また，本種の成体は雄が全長190mm，雌が全長250cmに達し，主に水深90m以浅の砂泥域で生活する[1, 2]。このエビは，外観が美しく美味なため，日本食の材料として古くから親しまれてきた。特に，瀬戸内海，有明海，伊勢湾および東京湾などでは漁獲が多く，沿岸漁業の重要種となっている[2]。しかし，クルマエビの漁獲量は1985年に3,741トンであったのをピークに1,500トン程度まで減少するなど，各地で資源状況の悪化が懸念され[3]，より効果的な資源管理手法の確立が求められている。

一方，日本沿岸の甲殻類について近年交配システムの多様性が明らかにされるようになり，資源管理プログラムで想定された再生産構造との食い違いが報告されている。水島ら[4]は，北海道野付湾のホッカイエビについて，資源量の増減と雄の早熟個体の出現率とが負の相関関係にある可能性を示し，漁業管理プログラムで仮定した産卵数と稚エビの生残率が必ずしも管理期間全体で妥当であったわけではなかった可能性を指摘している。また，ケガニやヒラトゲガニでは，これまで行われてきた雌のみに対する漁獲規制が交配システムの混乱と資源の弱体化を招いていた可能性が指摘された[5, 6]。これらのことから，日本沿岸の甲殻類の資源を管理する場合には，性相や交尾行動など，天然海域での交配システムや再生産構造に関する，より詳細な知見の蓄積が必要であると考えられる。しかし，クルマエビでは，これまで個体レベルの交尾行動および交配様式や雌雄の形態学的，組織学的特徴に関する報告は数多くあるものの，集団レベルの再生産戦略や雌雄の相互作用については十分には検討されていない。

以上のことから，本報告では，天然クルマエビの性相に関する予備的知見を得るため，大分県の佐伯湾におけるクルマエビの性比を明らにし，これまでに行われた同様の調査結果と比較した。

材料と方法

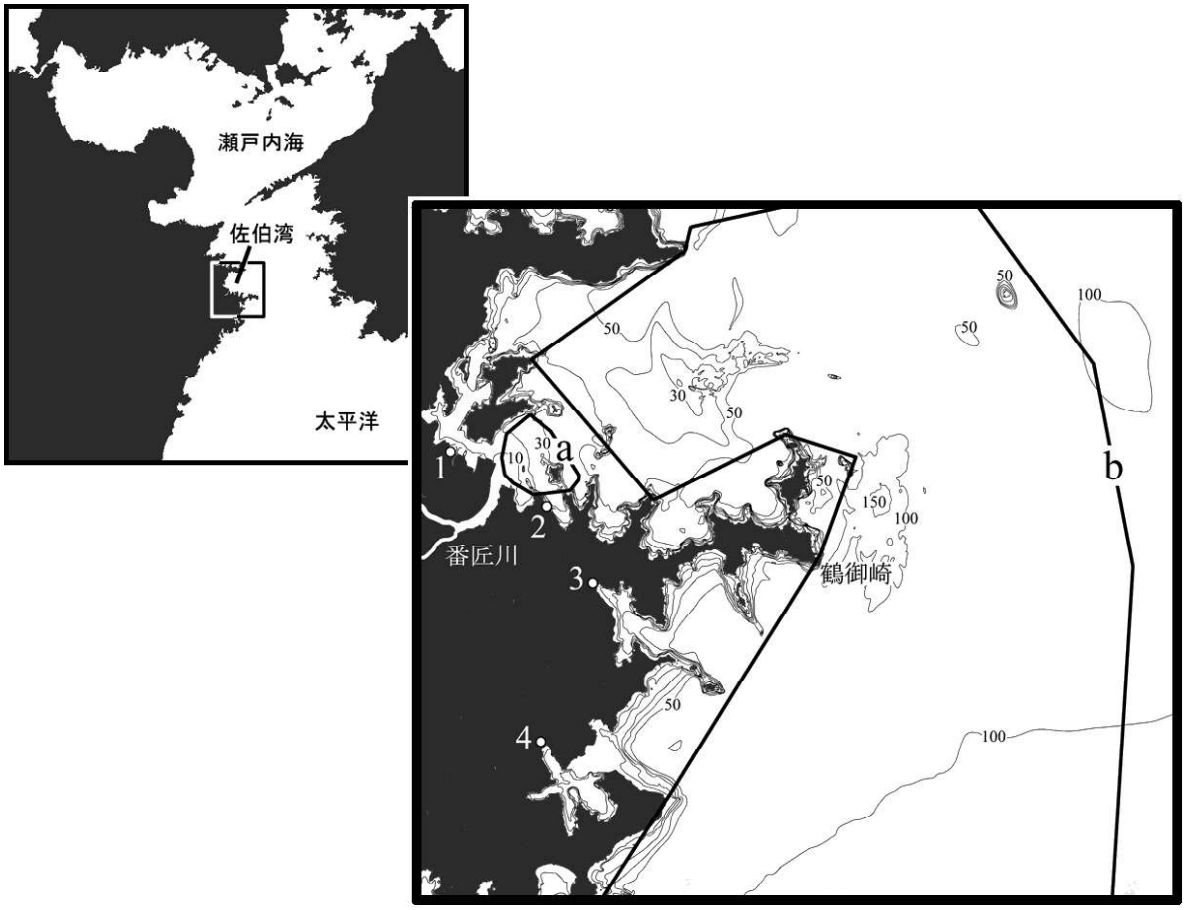
調査の概要　クルマエビの調査は2005年7月13日から同年11月14日まで（以降2005年度）と，2006年9月11日から2007年4月9日（以降2006年度）にかけて，大分県南部の佐伯湾で行った。このうち，2005年7月から9月には，番匠川河口周辺の水深5～15m の海域での底曳網を用いた試験操業によってサンプルを採集した。また，2005年9月から10月および2006年9月から11月には，それぞれ佐伯市場で刺網業者よりクルマエビを購入した。採集および購入したエビは速やかに上浦栽培技術開発センターまで搬送し，雌雄判別および体長測定を行った。2006年10月から2007年4月にはサンプルの購入は行わず，鶴見市場においてクルマエビの雌雄の判別および体長測定を行った（図1，表1）。

一方，佐伯湾では佐伯湾栽培漁業推進協議会によってクルマエビの種苗放流が毎年行われている（池田，私信）。2005年度と2006年度には全長約5cmの種苗がそれぞれ49.5万および68.8万尾放流されており，各年度で約3分の1の個体に尾肢カット標識が装着された（2005年度：14.8万尾，2006年度：23.3万尾）。また，2005年度には当センターが試験放流として19.6万尾の種苗を放流しており，そのうち4.9万尾には尾肢カット標識を装着した。このため，本研究では，得られた漁獲サンプルについて標識の有無を観察し，標識個体についても雌雄判別と体長測定を行った。

データ解析　各年に得られたサンプルについて，標識個体および無標識個体に分類した後，入手方法別（試験

表 1　本報告におけるサンプルの入手場所，漁法および調査時期

入手場所	漁法	調査時期
番匠川河口	底曳網(試験操業)	2005年 7月13日-9月10日
佐伯市場	刺網	2005年 9月14日-11月14日
佐伯市場	刺網	2006年 9月12日-10月16日
鶴見市場	底曳網	2006年10月16日-2007年4月9日



等深線は50m までは10m おき，それ以深は50m おき

a：刺網の許可海域, b：底曳網の許可海域, 1：佐伯市場, 2:鶴見市場, 3：大分県漁協米水津支店, 4：大分県漁協上入津支店

図 1　佐伯湾周辺の等深図と本報告においてサンプルを入手した市場および各漁法の許可海域

操業，佐伯市場および鶴見市場）および月別に雌雄の割合を算出した。また，鶴見市場に水揚げを行う漁業者の多くは，大分県漁業協同組合の佐伯支店，鶴見支店，米水津支店および上入津支店のいずれかに所属しており，佐伯支店に所属する漁業者は佐伯湾内で，鶴見支店の漁業者は鶴見崎以北の豊後水道で，米水津および上入津支店の漁業者は鶴見崎以南の豊後水道で漁獲することが多い。このため，鶴見市場において得られたサンプルは，月別の雌雄比の割合を漁業者が所属する支店毎に算出し，漁獲海域間の雌雄比の比較を試みた。さらに，本報告と比較するため，過去に行われた放流技術開発に関する報告書のうち，1962年から1996年の間に13府県21海域で行われた41の調査について雌雄比のデータを抽出し，用いられた漁法（刺網，底曳網，刺し網と底曳網の混合）別に集計した。調査および過去の報告書で得られた雌雄比は，χ^2検定によって1:1の割合から有意にずれているか否かを検討した。

結　　果

本研究では，2005年度および2006年度に合計3,466尾のクルマエビについて雌雄判別と体長測定を行った。このうち，2005年度に得られたサンプルでは，雄，雌の体長がそれぞれ8.8～14.2cm，7.4～15.4cm であり，9月以前の試験操業では前者が，それ以降に刺網で入手された個体では後者が大きい傾向にあった（図2）。また，調査の全期間を通じて尾肢カット標識を装着した個体が得られ，その割合は8月に約25％と最も高く，徐々に減少して11月には約1％となった。一方，2006年に得られたサンプルの体長は，雄では14.3～17.9cm，雌では15.7～21.6cm であり，全期間を通じて雌の方が大きかった。加えて，尾肢カット標識をされた個体の割合は9，10月に比較的高かった。また，尾肢カット標識個体の混獲率は2005年度よりも低かった。

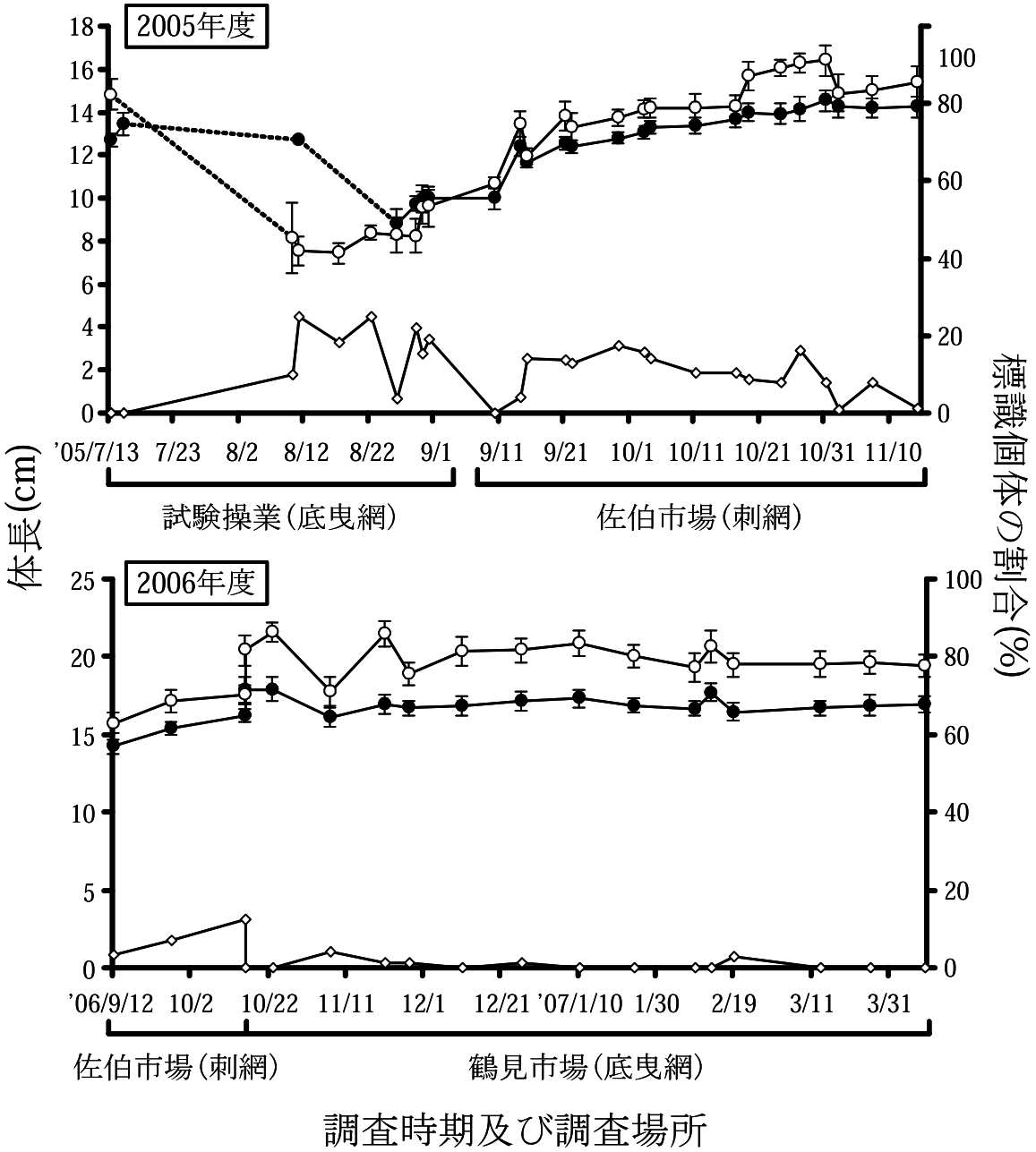
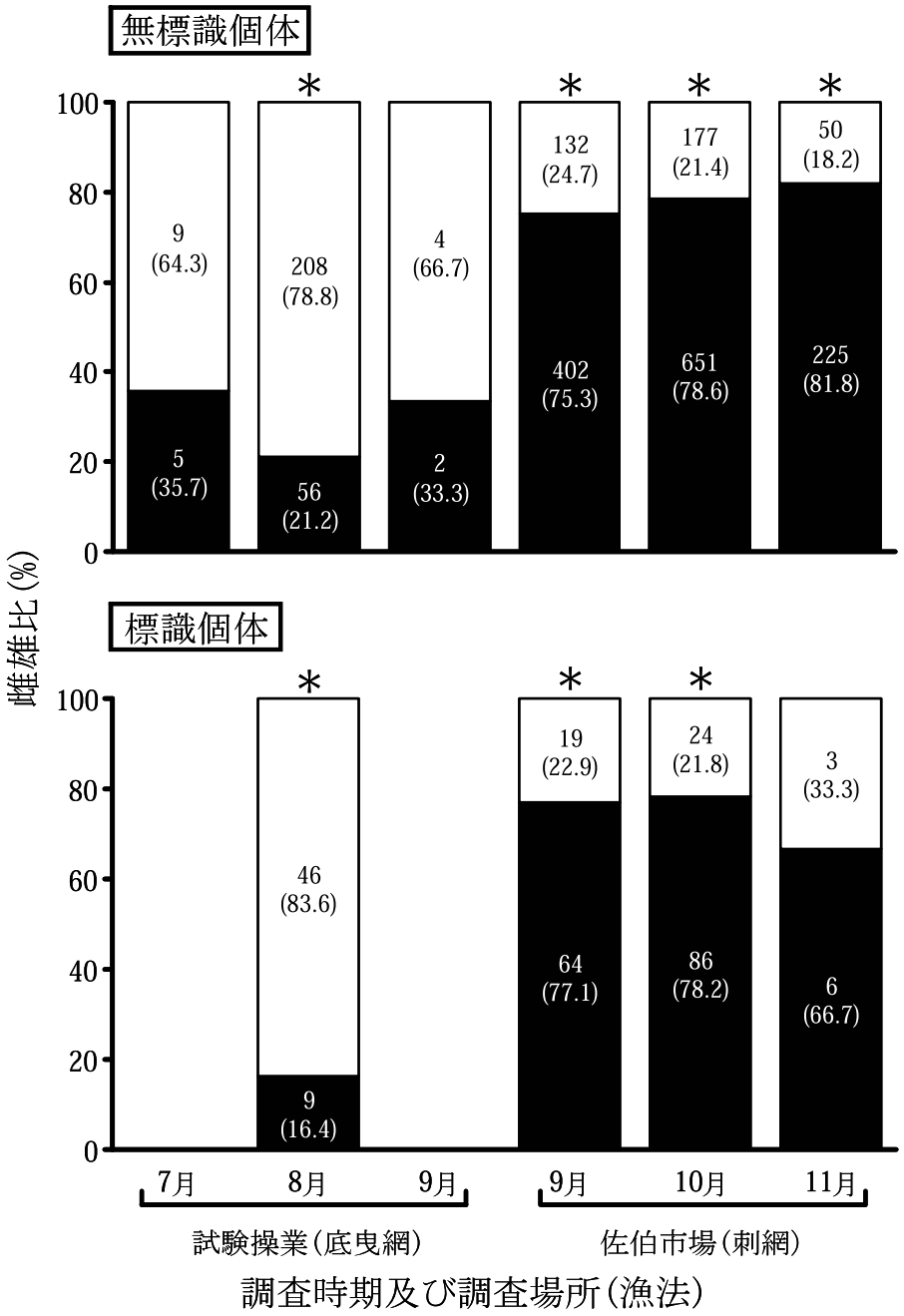
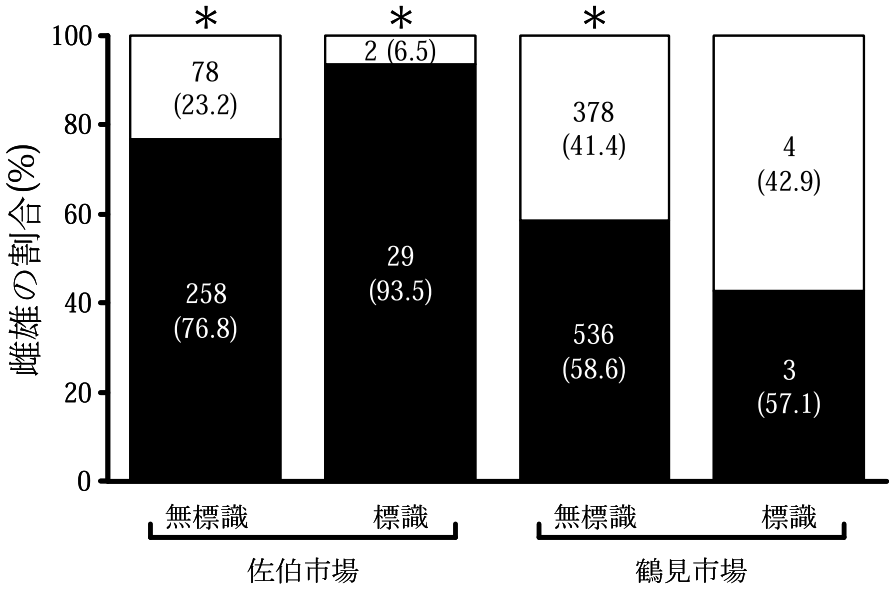


図 2　2005 年度および 2006 年度における体長（●：雄，○：雌）および標識個体の割合（◇）の推移



＊ 有意差有り（χ^2検定, $p<0.05$），■：雄，□：雌

図 3　2005 年度のサンプルにおける無標識個体および標識個体の月別の雌雄比



＊ 有意差有り（χ^2検定, $p<0.05$），■：雄，□：雌

図 4　2006 年度の無標識個体および標識個体における市場毎の雌雄比

2005年度の調査では，無標識個体および標識個体のいずれにおいても，試験操業で得られたサンプルでは雌が，刺網で得られたサンプルでは雄が有意に多くなっていた（図3，χ^2検定，$p<0.05$）。2006年度の調査では，鶴見市場の標識個体を除き，雄が有意に多くなっていた（図4，χ^2検定，$p<0.05$）。しかし，鶴見市場において漁業者が所属する支店別に月ごとの無標識個体の雌雄比を見ると，米水津および上入津支店では調査期間中の殆どで雌雄比がほぼ1:1であり，鶴見支店においても1月以降は雌雄の比率が同等か，あるいは雌の方が多くなっていた（図5，χ^2検定，$p<0.05$）。

過去の調査のうち，刺網で漁獲された事例では，10例中6例で雄の総個体数が多くなっており，雌が多かったのは3例，比率にずれが見られなかったものが1例であった（表2）。特に，福井県の小浜湾で1981年から1984年にかけて行われた3回の調査では，いずれも雄が多くなる傾向が見られた。また，本研究を行った大分県において1996年に行われた3例の調査のうち，2例では雌が多くなっており，本報告の結果とは異なっていた。

一方，底曳網に基づく調査では，13例のうち総個体数において雄が優占していた事例は無く，雌雄の比率が同等である事例が4例，雌が優占する事例が9例と，全体的に雌が多くなっていた（表3）。刺し網の漁獲物では雄の比率が高かった福井県の小浜湾においても雌雄の比率は同等である場合が多かった。また，大分県における6例の調査においても雄が優占する事例はなく，本研究と同様の傾向が見られた。さらに，刺網と底曳網の両方に基づく18例の調査においても，総個体数において雄が優占するのは4例のみであり，ほとんどの場合，雌雄の比率は同等かあるいは雌が多くなっていた（表4）。

考　　察

本報告では，各年の調査で尾肢カットの標識個体が混入した。特に2005年には調査初期の8月に標識エビが非常に多く，サンプルの約25%を占めた。佐伯湾では地元の漁協によりクルマエビの栽培漁業が行われており，2005年と2006年にはそれぞれ約70万尾の種苗が放流されている（池田，私信）。また，それらは全ての個体に標識が施されていたわけではないため，本調査の無標識のサンプルにも放流種苗が混入していた可能性がある。そのため，放流種苗が種苗の雌雄比が1:1からずれていた場合には，種苗の割合が高い調査初期の結果が影響を受けることが考えられる。

クルマエビ種苗における雌雄の割合について，Li ら[7]は，連鎖解析用に得た102尾のサンプルのうち，雄が48尾，雌が54尾であったことを報告している。また，2006年度に調査海域で用いられた放流種苗を観察した結果，524尾のうち，雄が251尾，雌が273尾であり，雌雄比に顕著な偏りは見られなかった（菅谷，未発表）。さらに，2005

表 2　過去の報告書における刺網による調査での月別および全体の雌雄比（%）と個体数

都道府県	調査海域	調査年	性別	雌雄比（%）及び個体数（括弧内）												平均（%）	総個体数および雌雄比（括弧内，%）
				4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
宮城県	志津川湾	1981[a]	♀	−	−	33.3 (2)	−	100 (4)*	−	12.5 (1)	−	−	−	−	−	48.6	7 (48.6)
			♂	−	−	66.7 (4)	−	0 (0)	−	87.5 (7)*	−	−	−	−	−	51.4	11 (51.4)
福井県	小浜湾	1981[b†]	♀	−	−			−	−	−	−	−	−	−	−	−	63 (19.4)
			♂	−	−	<60	<60	−	−	−	−	−	−	−	−	−	262 (80.6)*
		1983[c†]	♀	−		<60	<60		−	−	−	−	−	−	−	−	1184 (37.8)
			♂	−	<60			<60	−	−	−	−	−	−	−	−	1946 (62.2)*
		1984[d†]	♀	−	−	<60			<60	−		−	−	−	−	−	1041 (38.3)
			♂	−	−		<60	<60		−	<60	−	−	−	−	−	1674 (61.7)*
三重県	的矢湾	1984[d]	♀	87.5 (21)*	90.2 (1070)*	75.2 (718)*	66.7 (366)*	−	51.3 (453)	52.6 (609)	−	92 (253)*	−	−	−	73.6	3490 (69.4)*
			♂	12.5 (3)	9.8 (116)	24.8 (237)	33.3 (183)	−	48.7 (430)	47.4 (549)	−	8 (22)	−	−	−	26.4	1540 (30.6)
大阪府	大阪湾	1996[e]	♀	−	−	情報無し						−	−	−	−	−	587 (44.4)
			♂	−	−							−	−	−	−	−	736 (55.6)*
愛媛県	燧灘	1996[f†]	♀	−	−	<60		<60	<60	<60		−	−	−	−	−	不明 (37.4)
			♂	−	−		<60				<60	−	−	−	−	−	不明 (62.6)*
大分県	長洲	1996[f]	♀	−	−	51.0 (52)	30.0 (27)	45.1 (37)	70.5 (79)*	40.3 (25)	8.8 (7)	−	−	−	−	41.0	227 (43)
			♂	−	−	49.0 (50)	70.0 (63)*	54.9 (45)	29.5 (33)	59.7 (37)	91.3 (73)*	−	−	−	−	59.0	301 (57)*
	姫島	1996[f]	♀	−	−	−	54.5 (36)	60.7 (37)	51.6 (33)	57.7 (30)	64.2 (34)*	70.2 (40)*	−	−	−	59.8	210 (59.5)*
			♂	−	−	−	45.5 (30)	39.3 (24)	48.4 (31)	42.3 (22)	35.8 (19)	29.8 (17)	−	−	−	40.2	143 (40.5)
	別府	1996[f]	♀	−	−	53.8 (43)	55.7 (39)	64 (32)*	73.3 (11)	−	−	−	−	81.8 (27)*	85.4 (35)*	69.0	187 (64.7)*
			♂	−	−	46.3 (37)	44.3 (31)	36 (18)	26.7 (4)	−	−	−	−	18.2 (6)	14.6 (6)	31.0	102 (35.3)

*　有意に多い（χ^2乗検定，$p<0.05$）
†　グラフからの読み取り
a　昭和56年度 放流技術事業報告書　クルマエビ（宮城，静岡，愛知，三重，福岡）
b　昭和56年度 放流技術事業報告書　日本海クルマエビ（島根，福井，新潟）
c　昭和58年度 放流技術開発事業報告書　クルマエビ類（静岡，愛知，三重，福井，島根，福岡）
d　昭和59年度 放流技術開発事業報告書　クルマエビ（静岡，愛知，三重，島根，福井）
e　平成8年度　放流資源共同管理型栽培漁業推進調査事業報告書（クルマエビ）（大阪，和歌山，兵庫，岡山，香川，徳島）
f　平成8年度　放流資源共同管理型栽培漁業推進調査事業報告書（クルマエビ）（広島，山口，福岡，大分，宮崎，鹿児島，愛媛，高知）

表 3　過去の報告書における底曳網による調査での月別および全体の雌雄比（%）と個体数

都道府県	調査海域	調査年	性別	雌雄比（%）および個体数（括弧内）															平均（%）	総個体数および雌雄比（括弧内，%）
				3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月		
福井県	小浜湾	1981[a†]	♀	–	–	–	≈50	<60	≈50	<60	≈50	≈50	–	–	–	–	–	–		1254 (56.4)*
			♂	–	–	–	≈50		≈50		≈50	≈50	–	–	–	–	–	–		971 (43.6)
		1983[c†]	♀	–	–	–	<60	<60	≈50	≈50	≈50	≈50	–	–	–	–	–	–		2119 (57.4)
			♂	–	–	–			≈50	≈50	≈50	≈50	–	–	–	–	–	–		1572 (42.6)*
		1984[d†]	♀	–	–	–	<60	≈50	≈50	≈50	≈50	≈50	–	–	–	–	–	–		4252 (48.7)*
			♂	–	–	–		≈50	≈50	≈50	≈50	≈50	–	–	–	–	–	–		4478 (51.3)
鳥取県	美保湾	1982[g]	♀	–	–	–	55.5 (111)	45.4 (83)	66.2 (43)*	63.2 (43)*	61.5 (24)	57.4 (27)	–	–	–	–	–	–	58.2	331 (55)*
			♂	–	–	–	44.5 (89)	54.6 (100)	33.8 (22)	36.8 (25)	38.5 (15)	42.6 (20)	–	–	–	–	–	–	41.8	271 (45)
愛媛県	燧灘	1996[f†]	♀	≈50		≈50	≈50	≈50	≈50	<60	<60	≈50	≈50	–	–	–	–	–		不明 (52.5)*
			♂	≈50	<60	≈50	≈50	≈50	≈50			≈50	≈50	–	–	–	–	–		不明 (47.5)
	伊予灘	1996[f†]	♀	–	–	≈50	<60	≈50	≈50	<60		<60	–	–	–	–	–	–		不明 (47.2)*
			♂	–	–	≈50		≈50	≈50		<60		–	–	–	–	–	–		不明 (52.8)
	燧灘	1996[f†]	♀	–	–	–	<60	<60	<60	<60	<60	–	–	–	–	–	–	–		不明 (48.3)*
			♂	–	–	–						–	–	–	–	–	–	–		不明 (51.7)
大分県	長洲	1996[f]	♀	–	–	–	69.6 (71)*	46.9 (45)	43.6 (103)	39.3 (33)	42.0 (34)	63.6 (42)*	61.5 (24)	80.0 (36)*	89.5 (34)*	73.3 (22)*	–	–	60.9	444 (54.3)
			♂	–	–	–	30.4 (31)	53.1 (51)	56.4 (133)	60.7 (51)*	58.0 (47)	36.4 (24)	38.5 (15)	20.0 (9)	10.5 (4)	26.7 (8)	–	–	39.1	373 (45.7)
	別府	1996[f]	♀	–	–	–	58.7 (27)	62.7 (37)	64.6 (31)*	–	–	34.3 (35)	45.3 (24)	–	65.7 (44)*	100 (20)*	70.0 (28)*	58.5 (38)	62.2	218 (55.2)*
			♂	–	–	–	41.3 (19)	37.3 (22)	35.4 (17)	–	–	65.7 (67)*	54.7 (29)	–	34.3 (23)	0 (0)	30.0 (12)	41.5 (27)	37.8	177 (44.8)
	佐伯	1962[h]	♀	–	–	–	–	–	–	–	52.1 (101)	–	–	–	–	–	–	–	52.1	101 (52.1)*
			♂	–	–	–	–	–	–	–	47.9 (93)	–	–	–	–	–	–	–	47.9	93 (47.9)
		1963[h]	♀	–	–	–	88.5 (192)*	–	70.7 (118)*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	79.6	310 (80.7)
			♂	–	–	–	11.5 (25)	–	29.3 (49)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20.4	74 (19.3)
		1964[h]	♀	–	–	81.9 (222)*	–	95.6 (65)*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	88.8	287 (84.7)
			♂	–	–	18.1 (49)	–	4.4 (3)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11.3	52 (15.3)
		1996[f]	♀	–	–	–	–	–	–	76.8 (96)*	75.5 (83)*	62.8 (27)	40.9 (54)	–	–	77.6 (83)*	80.9 (76)*	–	69.1	343 (66.3)
			♂	–	–	–	–	–	–	23.2 (29)	24.5 (27)	37.2 (16)	59.1 (78)*	–	–	22.4 (24)	19.1 (18)	–	30.9	174 (33.7)

*　有意に多い（χ^2乗検定，$p<0.05$）
†　グラフからの読み取り
a　昭和56年度 放流技術事業報告書　クルマエビ（宮城，静岡，愛知，三重，福岡）
c　昭和58年度 放流技術開発事業報告書　クルマエビ類（静岡，愛知，三重，福井，島根，福岡）
d　昭和59年度 放流技術開発事業報告書　クルマエビ（静岡，愛知，三重，島根，福井）
f　平成8年度　放流資源共同管理型栽培漁業推進調査事業報告書（クルマエビ）（広島，山口，福岡，大分，宮崎，鹿児島，愛媛，高知）
g　昭和57年度 放流技術事業報告書　日本海クルマエビ班（新潟，福井，島根）
h　昭和47年度 別枠研究成果　浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究

表 4　過去の報告書における刺網と底曳網の両方による調査での月別および全体の雌雄比（%）と個体数

都道府県	調査海域	調査年	性別	雌雄比（%）および個体数（括弧内）												平均（%）	総個体数および雌雄比（括弧内，%）
				4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
宮城県	長面浦	1980[i]	♀	–	–	–	51.9 (40)	43.9 (25)	57.9 (11)	–	36.4 (4)	–	–	–	–	47.5	80 (48.8)
			♂	–	–	–	48.1 (37)	56.1 (32)	42.1 (8)	–	63.6 (7)	–	–	–	–	52.5	84 (51.2)
		1981[a]	♀	–	–	–	–	60.8 (113)*	43.1 (56)	–	–	–	–	–	–	52.0	169 (53.5)
			♂	–	–	–	–	39.2 (73)	56.9 (74)	–	–	–	–	–	–	48.1	147 (46.5)
	追波湾	1980[i]	♀	–	–	–	–	53.3 (8)	55.0 (11)	–	–	–	–	–	–	54.2	19 (54.3)
			♂	–	–	–	–	46.7 (7)	45.0 (9)	–	–	–	–	–	–	45.9	16 (45.7)
	名振湾	1980[i]	♀	–	–	–	–	66.7 (8)	60.0 (3)	100 (10)*	–	–	–	–	–	75.6	21 (77.8)*
			♂	–	–	–	–	33.3 (4)	40.0 (2)	0 (0)	–	–	–	–	–	24.4	6 (22.2)
	万石浦	1980[i]	♀	–	–	–	–	–	13.1 (8)	–	0 (0)	–	–	–	–	6.6	8 (8.9)
			♂	–	–	–	–	–	86.9 (53)*	–	100 (29)*	–	–	–	–	93.5	82 (91.1)*
	仙台湾	1980[i]	♀	–	–	–	–	–	–	23.5 (4)	75.0 (3)	–	–	–	–	49.3	7 (33.3)
			♂	–	–	–	–	–	–	76.5 (13)*	25.0 (1)	–	–	–	–	50.8	14 (66.7)
新潟県	日本海（新潟沿岸）	1993[k]	♀	–	–	40.9 (18)	51.3 (81)	56.8 (21)	–	–	–	–	–	–	–	49.7	120 (50.2)
			♂	–	–	59.1 (26)	48.7 (77)	43.2 (16)	–	–	–	–	–	–	–	50.3	119 (49.8)
		1995–96[l]	♀	–	71.3*	59.3	73.3*	70.6*	89.6*	79.4*	53.6	40	63.6*	53.6	71.1*	65.9	不明 (68.4)*
			♂	–	28.7	40.7	26.7	29.4	10.4	20.6	46.4	60.0*	36.4	46.4	28.9	34.1	不明 (31.6)
富山県	富山湾（西部）	1993[k]	♀	–	69.6 (39)*	53.5 (385)	65.6 (437)*	62.4 (161)*	76.5 (13)*	68.8 (11)*	40.0 (30)	12.1 (17)	–	–	–	56.1	1093 (56.1)*
			♂	–	30.4 (17)	46.5 (335)	34.4 (229)	37.6 (97)	23.5 (4)	31.3 (5)	60.0 (45)	87.9 (124)*	–	–	–	44.0	856 (43.9)
		1994[m]	♀	–	–	39.9 (369)	47.8 (210)	50.2 (217)	60.9 (241)*	46.2 (336)	30.1 (185)	34.6 (150)	–	–	–	44.2	1708 (43.1)
			♂	–	–	60.1 (556)*	52.2 (229)	49.8 (215)	39.1 (155)	53.8 (391)*	69.9 (429)*	65.4 (283)*	–	–	–	55.8	2258 (56.9)*
	富山湾（中央部）	1993[k]	♀	–	43.5 (10)	30.2 (217)	50.7 (395)	45.1 (123)	–	100 (2)	–	–	–	–	–	53.9	747 (41.6)
			♂	–	56.5 (13)	69.8 (501)*	49.3 (384)	54.9 (150)	–	0 (0)	–	–	–	–	–	46.1	1048 (58.4)*
		1994[m]	♀	–	–	32.4 (180)	34.1 (109)	27.3 (90)	–	–	–	–	–	–	–	31.3	379 (31.4)
			♂	–	–	67.6 (376)	65.9 (211)	72.7 (240)	–	–	–	–	–	–	–	68.7	827 (68.6)*
三重県	的矢湾	1982[j]	♀	79.9 (608)*	76.1 (1148)*	75.7 (408)*	61.6 (90)*	–	–	–	–	–	–	–	–	73.3	2254 (76.3)*
			♂	20.1 (153)	23.9 (360)	24.3 (131)	38.4 (56)	–	–	–	–	–	–	–	–	26.7	700 (23.7)
		1983[c]	♀	74.5 (158)*	76.0 (1569)*	71.8 (2154)*	69.8 (1668)*	–	–	–	–	–	–	–	–	73.0	5549 (72.4)*
			♂	25.5 (54)	24.0 (496)	28.2 (846)	30.2 (720)	–	–	–	–	–	–	–	–	27.0	2116 (27.6)
香川	播磨灘	1996[e]	♀	–	–	–		≈50	≈50		<60	<60	<60	<60	–	44.0	不明
			♂	–	–	–	<60	≈50	≈50	<60					–	56.0	不明
高知	宿毛湾	1996[f]†	♀	–	–	78.6 (11)*	81.3 (13)*	76.5 (13)*	–	–	–	–	–	–	–	78.8	37 (78.7)*
			♂	–	–	21.4 (3)	18.8 (3)	23.5 (4)	–	–	–	–	–	–	–	21.2	10 (21.3)
長崎	伊万里湾（湾内）	1993[k]	♀	57.4 (124)*	55.5 (187)*	58.8 (221)*	43.5 (280)	51.3 (280)	42.9 (169)	54.4 (298)*	26.0 (25)	35.1 (20)	–	–	–	47.2	1604 (49.9)
			♂	42.6 (92)	44.5 (150)	41.2 (155)	56.5 (364)*	48.7 (266)	57.1 (225)*	45.6 (250)	74.0 (71)*	64.9 (37)*	–	–	–	52.8	1610 (50.1)
	伊万里湾（湾外）	1993[k]	♀	56.7 (328)*	37.5 (33)	57.4 (174)*	63.0 (162)*	75.9 (63)*	43.7 (31)	45.3 (39)	62.9 (83)*	–	–	–	–	55.3	913 (57.1)*
			♂	43.3 (250)	62.5 (55)*	42.6 (129)	37.0 (95)	24.1 (20)	56.3 (40)	54.7 (47)	37.1 (49)	–	–	–	–	44.7	685 (42.9)

*　有意に多い（χ^2乗検定，$p<0.05$）

†　グラフからの読み取り

a　昭和56年度 放流技術事業報告書　クルマエビ（宮城，静岡，愛知，三重，福岡）

c　昭和58年度 放流技術開発事業報告書　クルマエビ類（静岡，愛知，三重，福井，島根，福岡）

e　平成8年度　放流資源共同管理型栽培漁業推進調査事業報告書（クルマエビ）（大阪，和歌山，兵庫，岡山，香川，徳島）

f　平成8年度　放流資源共同管理型栽培漁業推進調査事業報告書（クルマエビ）（広島，山口，福岡，大分，宮崎，鹿児島，愛媛，高知）

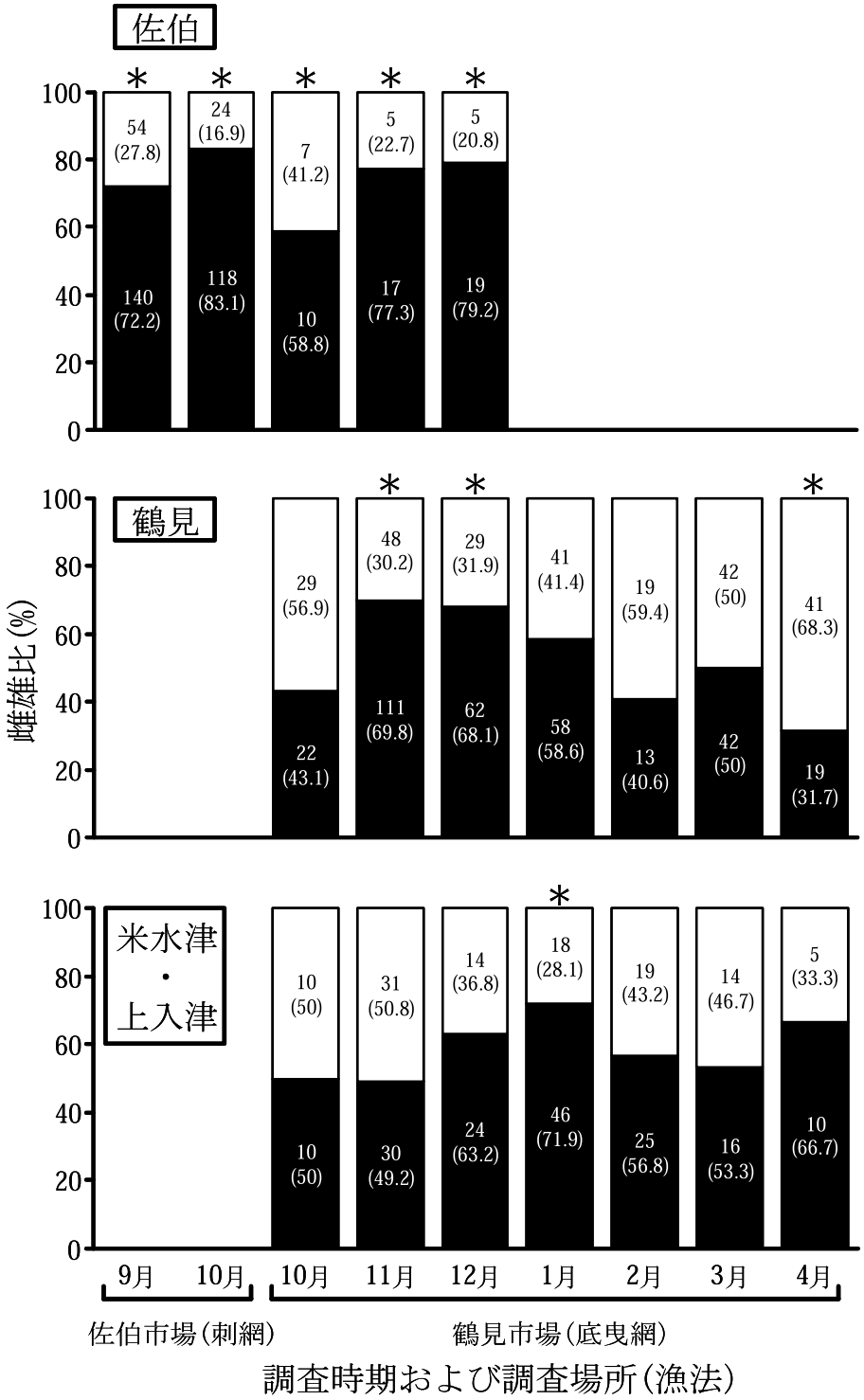
i　昭和55年度 放流技術事業実績報告書　宮城県

j　昭和57年度 放流技術開発事業報告書　クルマエビ類（宮城，静岡，愛知，三重，福岡）

k　平成5年度　重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書（クルマエビ・ヨシエビ）（新潟，富山，京都，大阪，福岡，長崎）

l　平成7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）（新潟，富山，京都，福岡，佐賀，長崎，熊本，大阪）

m　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）（新潟，富山，京都，福岡，佐賀，長崎，熊本，大阪）



＊ 有意差有り(χ^2検定，$p<0.05$)，■：雄，□：雌

図 5　2006 年度の無標識個体における所属支店別月別の雌雄比

年度の調査における尾肢カット標識が施されたサンプルでは性比の偏りは見られるものの，それらは調査期間を通じて一貫してはおらず，もともとの種苗の性比の偏りを反映しているものではない可能性が高い。これらのことから，基本的にはクルマエビ種苗の性比に大きな偏りは無く，本調査において得られた結果は放流後の性比の偏りを直接的に反映しているものと考えられる。

また，本報告において標識個体の混入が比較的少なかった各年度の9月における体長は雌雄を通じて約10～15cm であった。一般に，クルマエビの産卵は4～9月に行われることが知られており，豊後水道では4～6月がピークであると考えられている[8, 9]。さらに，春に孵化したクルマエビは3～4ヶ月程で体長10cm 近くまで達することが報告されているため[10, 11]，本報告で得られたサンプルは，主に調査を開始した年の春に発生した個体群であると考えられる。

倉田[10] はクルマエビの生活史について，体長25mm 前後になると干潟で生活していた若齢個体が成長にともなって生活域を沖合に拡大すると報告している。また，本種は雄に比べて雌の成長が早いため，浅い海域の若齢群では，雌が早く沖合に移動することにより雄の割合が高くなると推察される。本報告でも，2005年度に番匠川河口付近の刺網によって得られた比較的小型のサンプルでは，調査した全ての月で雄の割合が有意に高くなっていた。また，主に佐伯湾外で操業する米水津および上入津支店の底曳網業者の漁獲物では調査期間中のほとんどの月で雌雄比がほぼ1:1であり，同様の漁業形態である鶴見支店においても全体として雄が優占する傾向は見られなかった。これらの結果は，雌雄比のずれが雌雄の成長の差やそれに伴う移動によって生じている可能性を支持しているものと考えられる。さらに，過去の調査においても，浅所で行われる刺網による事例では全体的に雄が優占する傾向が見られたのに対し，底曳網ではむしろ雌が優占する傾向にあった。特に，福井県の小浜湾における調査では，刺網において雄が優占する傾向が顕著であった。これらのことから，日本沿岸の浅海域では，クルマエビが沖合へ移動を行う時期に雄が多くなっている可能性が高い。

一方，クルマエビ科のエビ類では，その分布に水深だけではなく底質が影響することがよく知られている[12]。また，倉田[10] は，クルマエビの若齢個体の沖合への移動が飢餓や水質汚染によっても引き起こされることを報告している。これらのことから，クルマエビにおける雌雄比が，成長に伴う移動だけではなく，海域内の物理・生物環境にも影響を受ける可能性が考えられる。実際に，本報告の2005年度の調査では，刺網と同様の海域で行われた試験操業において雌が優占しており，過去の調査においても，三重県の的矢湾と大分県の姫島では本報告とほぼ同じ時期の調査であるにもかかわらず雄が優占する傾向は見られなかった。このため，日本沿岸におけるクルマエビの性相について明らかにするには，生息環境の選択性についてさらに検討が必要であると考える。

文　献

1) 林　健一（1996）分類と分布．エビ・カニ類の増養殖．(橘高二郎，隆島史夫，金澤昭夫編)．厚生社恒星閣，東京，pp.1-28

2) 林　健一（1981）日本産エビ類の分類と生態．海洋と生物，**17**，452-455.

3) 浜崎活幸・北田修一（2005）クルマエビの放流効果ー現状と課題ー．栽培技研，**33**，27-44.

4) 水島敏博・高谷義幸（2003）北海道野付湾のホッカイエビ．エビ・カニ類資源の多様性（水産学シリーズ138，日本水産学会監修，大富　潤，渡邊精一編），厚生社恒星閣，東京，pp.21-30.

5) 佐々木潤（2003）北海道周辺のケガニ．エビ・カニ類資源の多様性（水産学シリーズ138，日本水産学会監修，大富　潤，渡邊精一編），厚生社恒星閣，東京，pp.31-44.

6) Sato, T. and S. Goshima (2006) Impacts of male-only fishing and sperm limitation in manipulated populations of an unfished crab, *Hapalogaster dentate*. Mar Ecol Prog Ser, **313**, 193-204.

7) Li, Y., K. Byrne, E. Miggiano, V. Whan, S. Moore, S. Keys, P. Crocos, N. Preston and S. Lehnert (2003) Genetic mapping of the kuruma prawn *Penaeus japonicus* using AFLP markers. *Aquaculture*, **219**, 143-156.

8) 矢野　勲 and C. C. Justo（1990）クルマエビ類の生態，生殖および生産周期の現状．世界のエビ類養殖（Claudio Chávez Justo 編），緑書房，東京，pp.3-21.

9) 田染博章・能津純治（1970）豊後水道におけるクルマエビの研究-Ⅱ　産卵期について．大分県水産試験場調査研究報告，**7**，1-10.

10) 倉田　博（1972）クルマエビ属の生活史．海洋科学，**5**，164-171.

11) 崎山一孝・宮島義和・足立純一（2002）素堀池を利用したクルマエビ親養成における成長と生残．栽培技研，**30**，7-14.

12) 阪地英男（2003）土佐湾におけるクルマエビ科エビ類の資源生物学的研究．水研センター研報，**6**，73-127.

栽培漁業センター技報，7，63－67，2008

築磯におけるクエ放流1歳魚の滞留状況

本藤　　靖[*1]・浜田　和久[*2]・中川　雅弘[*1]・服部　圭太[*1]・
羽野　克典[*3]・中村　亮一[*3]・中園　明信[*3]
（*1　五島栽培漁業センター，*2　養殖研究所上浦栽培技術開発センター古満目分場，*3　元九州大学）

五島栽培漁業センターでは，1997年より長崎県福江島周辺海域でクエ0歳魚と1歳魚の標識放流試験を行っている。この試験では，クエの放流手法に関する基礎的な知見の集積を目的とし，放流適地を探索するために天然岩礁域と人工魚礁域へ放流し，カゴ網による採捕調査等により滞留状況を比較してきた。また，2002年からは放流時期の違いによる人工魚礁への滞留状況を比較するため，0～1歳魚のクエ種苗を水温下降期と水温上昇期に人工魚礁（築磯）へ放流し，定期的なカゴ網による採捕調査と潜水観察を行った。しかし，水温下降期に放流した2月放流群は，放流後のカゴ網調査で1尾も採捕できず，放流1ヶ月後の潜水観察でも種苗の滞留は確認できなかった。これまで，放流後の築磯における種苗の行動や滞留状況を調査した事例が少ないことから，放流直後の集中的および長期的な潜水観察によるデータ収集が必要と考えられた。

そこで，長崎県五島市小泊漁港地先の築磯において，2002年に行った2回の放流試験のうち，水温上昇期の6月に放流した群の滞留状況について，約4年間にわたり潜水観察を行ったのでその経過を報告する。

材料と方法

放流地点　放流試験を行った長崎県五島市小泊漁港地先の築磯を図1に示した。この築磯は，1991～1992年に水深4～8m の地点に1.0～1.5m 角の天然石を積み上げたもので，築磯は計4個の人工魚礁で構成される。それぞれの人工魚礁は縦30m×横20m×高さ3～4m の大きさで平行に2列に並び，4魚礁の延べ面積は約3,500m^{2}である。各人工魚礁の積み上げた石の間には幅20～60cm ほどの空隙が形成され，1つの魚礁にはこの空隙が約1万個存在する。なお，魚礁は岸側が沖側よりも高さがあるため空隙は多い。

供試魚　放流に供した種苗は，2001年5月に五島栽培漁業センターで採卵・種苗生産したもので，60kℓ水槽4面で約12ヶ月間飼育した1歳魚2,500尾を用いた。放流時の大きさは平均全長165mm（146～206mm）で，全個体の第1背鰭基部にスパゲティ・タグ（ホールプリント）を装着した。

放流試験　2002年は2月と6月に放流を行ったが，本試験では水温上昇期にあたる6月18日の放流群を追跡した。放流の2日前に陸上水槽より取り上げ，1kℓ輸送水槽を積んだトラックで当センターから約20km 離れた玉之浦漁協（現，五島漁協玉之浦支所）の海面生簀に収容し，放流当日は船上に設置した1kℓ輸送タンクで放流場所まで約2時間かけて輸送した。放流は，築磯岸側の人工魚礁の端（図1の☆印）で行い，船上より小型タモ網を用いて海面に直接10～50尾ずつ放った。また，海面での放流方法と比較するため，種苗の一部をビニール袋に入れて海底付近まで携行し，岸側の魚礁の間にある比較的平坦な海底（砂地）から放流した。

観察方法　観察はスキューバ潜水により行い，2002年6月18日の放流直後から1週間は毎日行い，その後は不定期に2006年10月1日まで延べ13回行った。築磯内における滞留尾数の推定は，目視観察と水中ビデオカメラで記録した。水中ビデオカメラによる撮影は，放流場所周辺を中心に約1ヶ月間行った。目視観察のため，放流点から東西南北方向にそれぞれ長さ30m のロープを設置した。放流後1週間は，ロープの両脇2m 以内に観察された放流種苗を目視で計数し，種苗の分散が著しくなった1週間目以降は，築磯全体で目視計数した。なお，放流後3日目の観察時に，築磯の空隙周辺で配合飼料を給餌したところ，種苗が空隙から出て摂餌することが確認された。そこで18日目以降は配合飼料（ノヴァ EP10号；マルハ。おとひめ EP4，5号；日清丸紅）を携帯し，築磯の空隙周辺へ撒き，隠れた種苗を誘い出して種苗数を目視計数した。

結　　果

放流直後の行動　放流されたクエ種苗は，一瞬水面近くで静止した後，急速に海底へ向かい，着底後直ちに人工魚礁の空隙へ隠れた。放流場所の岸側の魚礁は他の魚礁よりも空隙が多く，放流された種苗はそれらの空隙の中に入り込み，海底から離れて遊泳する個体は観察されなかった。特に，着底までは群として行動する傾向はみられなかったが，空隙に潜入後は一つの空隙に多いもの

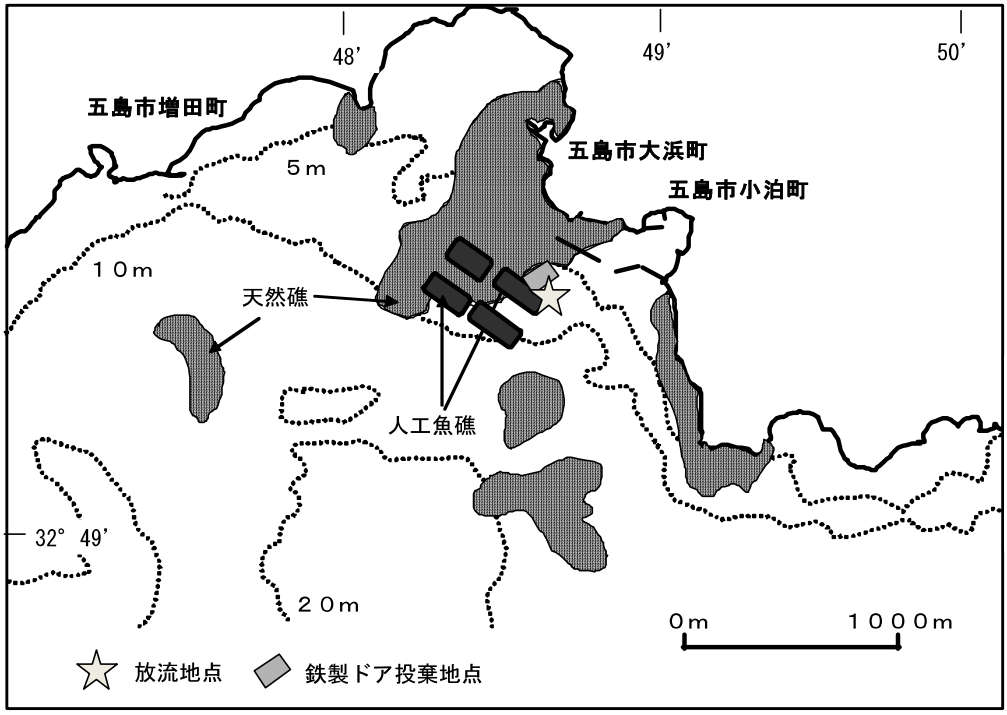


図１　五島市小泊沖のクエ放流試験海域

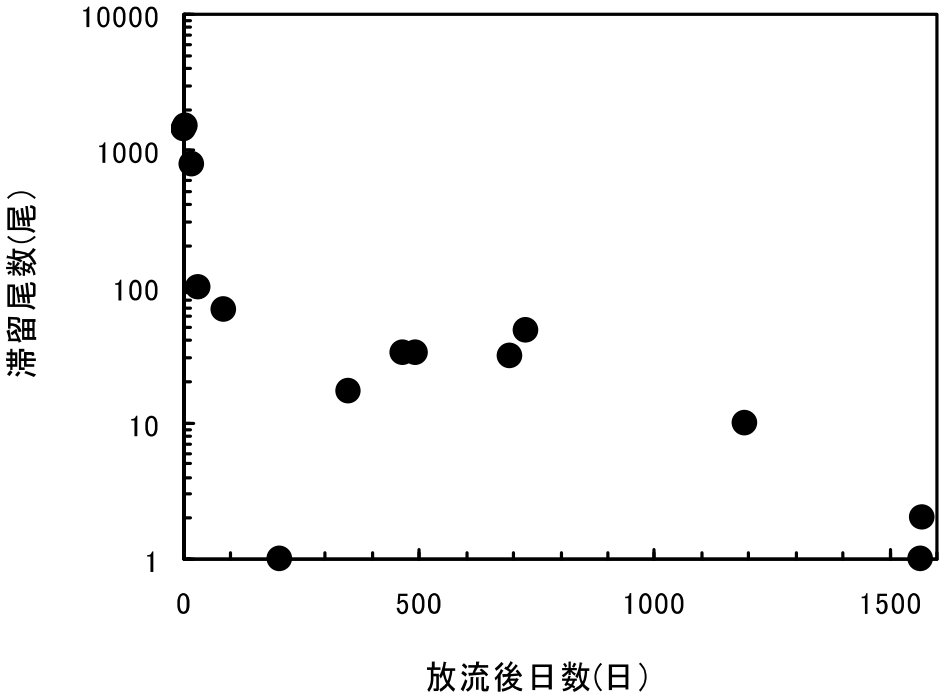


図２　潜水観察から推定した築磯におけるクエ放流魚の滞留尾数

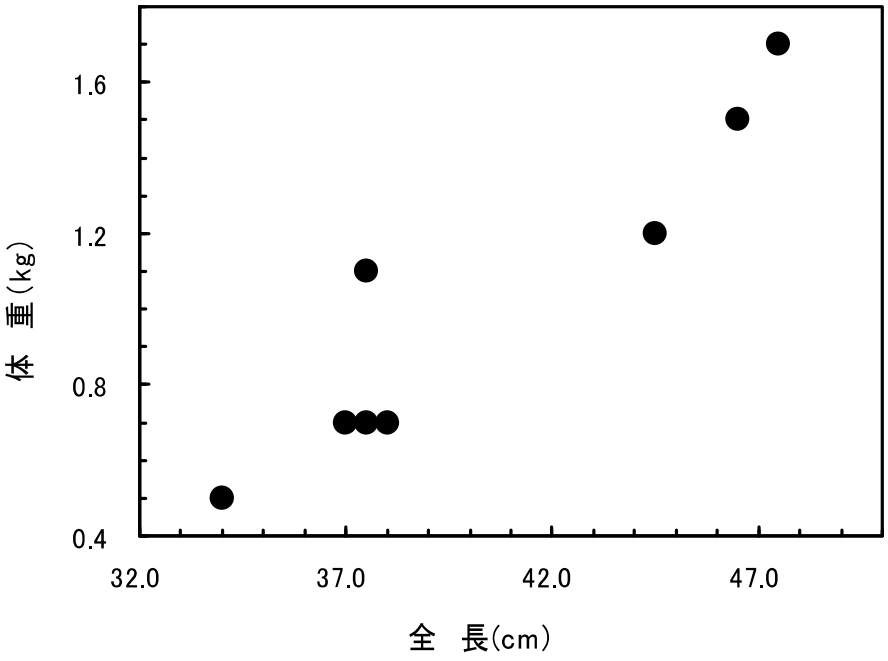


図 3　2005 年に福江島小泊周辺海域で再捕された 2002 年放流群

で約500～1,000尾，少ないもので20～50尾の群を形成した。なお，空隙に入り込んだ種苗同士による個体間の攻撃や，空隙を独占しようとする排他的行動は観察されなかった。

ビニール袋に入れて海底（砂地）の平坦な場所へ放流した種苗は，その場に静置することなく，隠れ場所を探すように直ちに築磯のある方向へと移動し，空隙の中へ潜入した。

放流後1年間の滞留尾数と行動　図2に，潜水観察から推定した築磯内のクエ放流魚の滞留尾数を示した。放流翌日は，放流直後と同じ空隙にほぼ同数が蝟集し，ビデオ映像から推定した尾数は約1,300尾，またビデオ撮影以外の場所で約200尾が観察された。3～4日目もほぼ同数が目視で観察され，放流後4日目までは約6割の種苗が放流地点から30m 以内に留まっていると推察された。なお，配合飼料の給餌を開始した3日目は，摂餌のため蝟集する状況が中間育成中の陸上水槽内の摂餌状況に類似することが確認された。滞留尾数は，ビデオと目測から18日目は約800尾，29日目は約100尾と推定された。なお，18日目は台風の接近によるうねりのためか，多くの個体が空隙から出ていたが，これらの放流魚の行動は放流直後と大きな変化は認められなかった。84日目（9月10日）では，放流場所周辺の空隙に隠れている種苗は数尾しか観察されなかったが，配合飼料の給餌により放流場所の人工魚礁で63尾，その岸側隣の魚礁で12尾を確認し，種苗がほぼ築磯全体に分散していると推察された。205日目（2003年1月9日）の観察では，水温が12℃と低く，配合飼料の給餌により確認できた個体はわずかに1尾のみで，この個体は配合飼料を摂餌しなかった。349日目（同6月2日）は，目測で体長約20cm の種苗17尾を放流場所の人工魚礁とその岸側隣の魚礁で確認した。なお，これらの種苗全てで鼻腔隔壁の欠損を確認し，そのうち5尾で標識（スパゲッティ・タグ）を確認した。

放流2年目以降の滞留状況と行動　464日目（2003年9月25日）に配合飼料の給餌により33尾を確認した。これらの種苗は人工魚礁の空隙と縁辺部周辺に分布し，数個体で群を形成していた。群の平均尾数は3±1.5（n=11）尾，種苗の大きさは目測で全長約20cm であった。694日目（2004年5月12日）と729日目（同6月16日）の観察で，それぞれ31尾と47尾を確認した。これらの個体では大きさに顕著な差が生じており，大（目視で全長約40cm），中（同35cm）および小（同30cm）の群に類別された。729日目に確認した47尾のうち大型個体は6尾で，空隙の奥深い場所や人工魚礁の近くに投棄された船舶の鉄製ドア（図1）の下に生息しており，投与した配合飼料の摂餌は確認できたが開けた場所に出てくることはなかった。なおこの時点で，初めて群間での攻撃行動が観察された。1,193日目（2005年9月23日）の調査で10尾の生息を確認した。また，1,186（9月16日）～1,210日目（10月10日）までに，築磯周辺および約500m 離れた天然礁において漁

業者による刺網漁で計8尾の放流魚が再捕され，その平均全長は40.3cm，平均体重は1.0kg であった（図3）。2006年は10月3日～11月1日に4回の観察を行い，10月5日（1,570日目）に1尾，10月17日（1,582日目）に2尾を確認した。2007年は潜水調査を実施しておらず，また漁業者等からの再捕報告もない。

天然餌料の摂餌と捕食魚　今回の潜水観察では，放流種苗が天然餌料を捕食する現場は確認できなかったが，放流4日目にホンベラ，メジナ，ニザダイ等（目測で全長約10cm）に対する放流種苗の追撃行動が観察された。その後の観察でも，ベラ，スズメダイ等への追撃行動は頻繁に観察された。また，築磯の空隙内で放流種苗が口内よりホンベラを吐き出している現場も確認できた。

この築磯で，放流種苗を捕食する可能性がある魚種はカサゴであった。実際の食害現場は観察できなかったが，全長約25cm（目測）のカサゴが，空隙の中で放流直後の種苗を盛んに追いかけているのが観察され，また，放流翌日には体側に傷のある種苗が観察された。

考　　察

人工種苗のクエ1歳魚を水温上昇期の6月に人工魚礁に放流し，その行動および滞留状況を潜水観察した。その結果，放流種苗は放流直後から魚礁にある適度の大きさの空隙を利用すること，空隙内では数十尾～数百尾の群を形成するが，種苗間で攻撃的な行動をとらないことがわかった。育成中の陸上水槽において，人工種苗がこのような群れを形成する行動は通常観察されるが，天然海域でクエ天然魚が岩礁域や空隙周辺に群れを形成する状況はこれまで観察された例はない。こうした群れの形成は人工種苗特有の行動なのかもしれないが，今後は天然のクエ若齢魚の生態についてさらに知見を収集する必要がある。

放流初期の滞留尾数をみると，放流後18日目までは放流場所に約30%が滞留していると推定されたが，その後は他の魚礁への移動が確認されており，放流種苗は台風がきっかけとなって築磯全体へと拡散したと推察された。なお，18日目以降の滞留尾数は，配合給餌により空隙へ隠れた種苗を計数したが，空隙数も多いことから見落としにより過小評価されている可能性がある。

放流種苗が放流に伴う輸送やハンドリング等のストレスなどから，放流直後に大きな食害を受けることはマダイで報告されている[1]。また，浜崎ら[2] はサンゴ礁において，同じハタ科の全長5～20cm サイズのスジアラ天然魚の推定生息密度から，人工種苗の集中放流による分布密度が被食率を高めている可能性を指摘している。また，クエ0歳魚を用いた被食試験[3] でも，アオリイカ，マダコ，ミノカサゴ，クロアナゴ，クエ1歳魚等が捕食魚として確認されている。しかし，放流直後の集中して行った潜水観察でも，この築磯で捕食者候補として認められたのは唯一カサゴのみであり，また，放流種苗が捕食されている現場も確認できなかったことから，放流を行った時期の築磯における捕食圧はさほど高くないと考えられた。

一般に，放流された人工種苗は空胃のものが多く，摂餌が十分でないと考えられ，それが食害や逸散の要因になりうるものと推定されている[4,5]。今回の潜水観察でも，放流種苗が多くの小魚を追撃する行動はみられたが，実際に天然餌料を捕獲する状況は確認できなかった。また，放流魚の配合飼料に対する摂餌行動は，放流当初は中間育成時の習性を残した結果と考えられたが，約2年間を経過した個体でも摂餌が確認されたことは本種の持つ特性なのか，またはこの魚礁における天然餌料の不足による結果なのかはさらに検討を進める必要がある。

人工魚礁への滞留経過をみると，1年目以降も20～50尾程度の滞留が確認され，1.5カ年後では3～4尾の小さな群を形成し，その群も成長に伴って大きさ別の群を形成することが確認された。また，このサイズで初めて群間における攻撃行動が観察されたことから，群れ間でのなわばり行動の発現時期と考えられた。推定全長35～40cm に達した放流魚は，人工魚礁近くの投棄された鉄製ドアの空間を利用していたことや，魚礁から500m ほど離れた天然礁で平均全長40cm の放流魚が再捕されたことから，この時期には行動範囲を拡大していくものと考えられた。今回調査した小泊地先の築磯を利用するクエ種苗の大きさは全長で約35～40cm，滞留期間は3～4年間程度と推察された。

これまでの放流試験では，全個体へ外部標識を装着する必要から1歳魚までの大型に育成する必要があった。しかし，長期の育成ではウイルス性神経壊死症（VNN）等の病気に罹る危険性が高く，また育成コストもかさむ。現在では，より小型サイズに適した標識も開発されており，今後は0歳魚による放流も検討する必要がある。今回，1歳魚で放流したこの築磯が0歳魚にも適しているかは不明であるが，魚礁の空隙は捕食圧が低いと考えられ，また放流初期に配合飼料の給餌等により逸散を抑制できる可能性が考えられた。今後は，築磯を放流初期の生育場として利用する手法の検討が必要である。

文　　献

1）塚本勝巳（1991）魚類の初期減耗過程とそのメカニズムに関する標識放流私見．魚類の初期発育，恒

星社厚生閣，東京，pp.105-108.
2) 浜崎活幸・竹内宏行・塩澤　聡・照屋和久（2004）サンゴ礁域に放流したスジアラ人工種苗の滞留，摂餌および被食に及ぼす囲い網による環境馴致効果．日水誌，70，22-30.
3) 本藤　靖・斉藤貴行・服部圭太（2006）放流したクエ人工種苗の被食と保護について，栽培漁業センター技報，5，52-57.
4) 照屋和久（1999）資源添加技術の開発，スジアラ，日本栽培漁業協会年報（平成9年度），307-310.
5) 古田晋平・渡部俊明・山田英明・宮永貴幸（1997）鳥取県沿岸残海域に放流したヒラメ人工種苗の摂餌状態と餌料条件．日水誌，63，886-891.

感染試験によるネオヘテロボツリウム寄生状況

山田　達哉[*1]・塩澤　　聡[*2]・小金　隆之[*3]・森田　哲男[*4]・吉田　一範[*5]
（*1　小浜栽培漁業センター，*2　奄美栽培漁業センター，*3　屋島栽培漁業センター，
*4　水産庁増殖推進部栽培養殖課，*5　五島栽培漁業センター）

ネオヘテロボツリウム *Neoheterobothrium hirame* は，本邦ではヒラメに特異的に寄生する吸血性単生虫であり[1-2]，ヒラメのネオヘテロボツリウム症の原因虫である。本種の成虫は主にヒラメの口腔壁に寄生し，寄生された個体において鰓および肝臓の褪色，心臓の肥大，造血組織における病理組織学的変化および血液性状の異常などの顕著な貧血症状を引き起こすことが知られている[3-7]。本種は卵より孵出した体長0.25～0.32mm のオンコミラシディウム幼生がヒラメの鰓に着定して成長し，幼生の寄生から約30日後には口腔壁に移動して産卵する生活環をもつことが知られている[8-9]。

また，近年の鳥取県でのヒラメ資源の減少は本疾病がかかわっている可能性が指摘され，本種の寄生がヒラメ資源に悪影響を及ぼしている可能性が報告されている[10]。小浜湾における天然0歳ヒラメの寄生状況の調査では，寄生率は8月から10月にかけて増加して約60％に達するが[11]，本種の寄生過程には未だ不明の部分が多い。本寄生虫の影響を極力軽減するためには放流適地として本種の寄生が少ない海域を把握する必要がある。

しかし，天然海域で本種の卵・幼生を採集し，定量的に把握することは極めて困難であることから，本試験ではヒラメの人工種苗を用いて感染試験を行った。感染試験は*N.hirame*の寄生がないヒラメ人工種苗を各調査海域に一定期間放置後，本種の寄生状況を調査するとともに小浜湾内での地域差について検討した。

材料と方法

調査地点　調査地点は若狭湾に属する小浜湾内（図1）とし，ヒラメ0歳魚の生息水深である10～15m の堅海沖，仏谷沖，赤礁崎沖および蒼島沖の4地点とした（表1）。堅海沖は離岸距離0.2km，水深11m で底質は貝殻が多く混入した砂泥であった。仏谷沖は離岸距離0.2km，水深12m で底質はシルト状であった。赤礁崎沖は離岸距離0.5km，水深10m で底質は砂であった。蒼島沖は離岸距離1.0km，水深14m で底質はシルト状であった。

供試魚　供試魚には，2002年と2003年に小浜栽培漁業センターで種苗生産した全長5.5～19.4cm のヒラメ稚魚80尾を用いた（表2）。供試魚の飼育には，取水海水からの *N.hirame* 寄生を防除するため5μm のフィルター（TOCEL ワインドカートリッジフィルター；東洋濾紙）でろ過した海水を用いた。

感染試験　試験は2002年10月，2003年7月，8月および10月の4回行い，試験期間は約2週間とした（表2）。試験には，円柱状の鉄製枠（直径70cm×高さ30cm）に目合い1cm のクレモナ製ネットを張ったカゴを用い，潜水によりカゴの底部の網が完全に海底に埋没するように設置した。カゴは4本の鉄製杭で海底に固定した。1カゴ当たりの収容尾数は7月と8月の試験では16尾，10月の試験では8尾とした。試験期間中の給餌は行わなかった。試験終了後，潜水によりカゴを回収し，生残した個体を小浜栽培漁業センターまで移送した。

***N.hirame* の寄生状況調査**　回収したヒラメは，寄生した*N.hirame*の幼生が成体になり口腔内に移動して目視で判断できるまで，1ヶ月間センター内で飼育した。飼育には0.6kℓ水槽を使用し，換水率5回転／日でフィルター濾過海水を注水し，飼育水温は20℃を維持した。山田ら[12]の報告に基づき，確実に感染状況が把握できる給餌手法として配合飼料を7日に1回飽食量を給餌する方法とした。飼育が終了したヒラメは1尾ずつ袋に入れ5％ホルマリンで固定し，2週間後には75％エタノールに置換した。*N.hirame* の寄生はヒラメの口腔，咽頭および鰓を実体顕微鏡で観察した。

結　　果

感染試験期間中の生残　ヒラメ稚魚の生残状況を表3に示した。各調査地点の平均生残率は堅海沖では85.0％（78.1～93.8％），仏谷沖では20.0％（0～56.3％），赤礁崎沖では57.8％（12.5～100％：回収出来なかった2003年7月を除く），蒼島沖では40.6％（0～81.3％：回収出来なかった2003年7月・8月を除く）であった。生残率の傾向は，堅海沖で高く他の海域はばらつきが大きく，中でも仏谷沖は概ね低かった。また，2002年と2003年の10月を比較すると，堅海沖を除き2003年の生残率が著しく低下した。

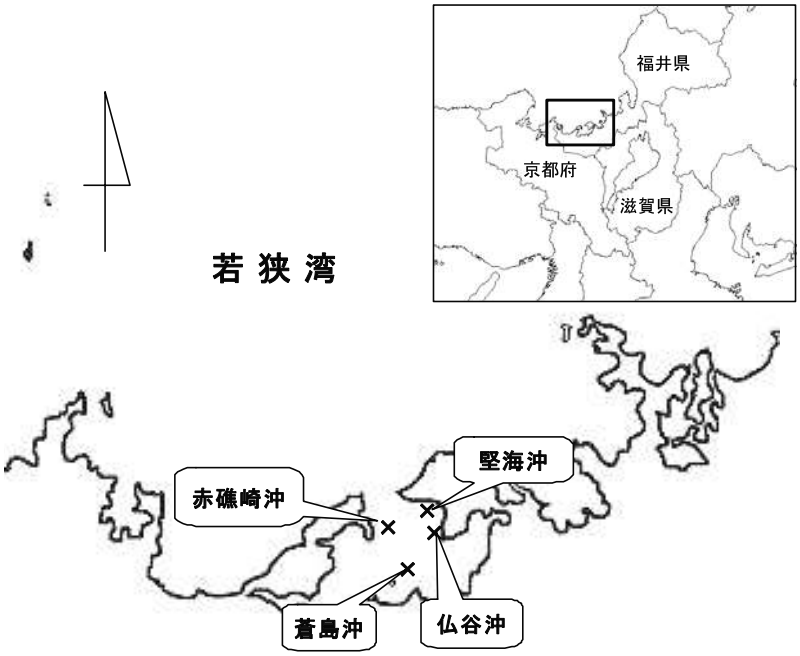


図 1　小浜湾内における調査地点

表 1　調査地点の位置と水深

調査地点	位置	水深	底質
堅海沖	N35° 31′ 59.7″ E135° 43′ 08.4	11	貝殻と砂泥
仏谷沖	N35° 31′ 05.1″ E135° 43′ 00.7″	12	シルト状
赤礁崎沖	N35° 31′ 02.4″ E135° 40′ 22.6″	10	砂
蒼島沖	N35° 29′ 35.4″ E135° 41′ 19.0″	14	シルト状

表 2　天然海域感染の調査概要

開始年月日	平均全長 (範囲)	調査尾数 (尾)	水温 (℃)	調査期間 (日)
2002年10月9日	12.6 (9.6～15.6)	16	24.2	14～16
2003年7月11日	6.1 (5.5～7.1)	16	21.0	14
2003年8月25日	10.3 (8.0～12.4)	32	23.3	15
2003年10月27日	16.3 (14.0～19.4)	16	20.61	17～18

表 3　天然海域感染中の生残率

調査年月	堅海沖 生残率（%） （生残尾数）	仏谷沖 生残率（%） （生残尾数）	赤礁崎沖 生残率（%） （生残尾数）	蒼島沖 生残率（%） （生残尾数）	合計 生残率（%） （生残尾数）
2002年10月	87.5 (14)	37.5 (6)	100 (16)	81.3 (13)	**76.6** (49)
2003年7月	93.8 (15)	56.3 (9)	**流失** **－**	**流失** **－**	**75.0** (24)
2003年8月	78.1 (25)	3.1 (1)	59.4 (19)	**流失** **－**	**41.7** (45)
2003年10月	87.5 (14)	0 (0)	12.5 (2)	0 (0)	**25** (16)
合計	**85** (68)	**20** (16)	**57.8** (37)	**40.6** (13)	**51.1** (134)

表 4　*N.hirame* の寄生率

調査年月	堅海沖 寄生率（%） （調査尾数）	仏谷沖 寄生率（%） （調査尾数）	赤礁崎 寄生率（%） （調査尾数）	蒼島沖 寄生率（%） （調査尾数）	合計 寄生率（%） （調査尾数）
2002年10月	78.6 (14)	0 (5)	6.3 (16)	7.7 (13)	**27.1** (48)
2003年7月	0.0 (6)	0.0 (6)	**流失** **－**	**流失** **－**	**0** (12)
2003年8月	40.0 (25)	0 (1)	0 (14)	**流失** **－**	**25.0** (40)
2003年10月	64.3 (14)	－ －	0 (2)	－ －	**56.3** (16)
合計	**50.8** (59)	**0** (12)	**3.1** (32)	**7.7** (13)	**27.6** (116)

寄生状況　*N.hirame* の寄生率を表4に示した。各調査地点の寄生率は，堅海沖では2002年10月は78.6%，2003年7月は0%であったが，8月以降は上昇した。仏谷沖では各年，各月とも寄生は認められなかった。赤礁崎沖では2002年10月に6.3%（1尾）の寄生が認められたが，2003年の寄生はなかった。蒼島沖では，2002年10月の寄生率は7.7%であったが，2003年はカゴの流失とヒラメの死亡により寄生率は不明であった。

このように，人工ヒラメへの寄生は堅海沖で高く仏谷沖，赤礁崎沖，蒼島沖で低く，仏谷沖では全く寄生が無かった。寄生率が最も高かった堅海沖では，水温が低下する時期に向けて寄生率が高くなる傾向が認められた。

考　　察

ヒラメ人工種苗に対する *N.hirame* の寄生状況は，調査地点および時期により大きな違いが見られた。調査地点毎の比較では，堅海沖で高く，仏谷沖，赤礁崎沖および蒼島沖では生残尾数が少ないが寄生率は著しく低かった。特に仏谷沖は，堅海沖とは海岸線で1.7km と比較的近いにもかかわらず全く寄生が確認されなかったことは，*N.hirame* の寄生が局所的に起こっていることが示唆された。しかし，仏谷沖ではヒラメの生残率が平均20.0%と他の3地点より低く，寄生の有無にかかわらずヒラメの生息に適した場所とはいえない可能性がある。放流種苗の減耗要因として，イシガニやオニオコゼ等の大型捕食魚あるいはウミホタル等の小型甲殻類が知られている[13, 14]。今回の調査ではカゴの外からの被捕食は考えにくいこと

や，ヒラメの死骸がカゴ内に無かったことから小型の生物による影響が疑われ，放流に際してはこれらに対する知見の収集も必要となる。

寄生率を時期別に比較すると，堅海沖の結果のみであるが，2003年の感染は調査時期が遅いほど寄生率が高く，これは漁獲物調査[11] による寄生状況が7月の5.2%から8月の32.1%に急上昇した結果と同じ傾向であった。10月の寄生率は，2002年が64.3%，2003年が78.6%と高く，2週間で天然魚と同程度（約60%[11]）の寄生を受けることが分かった。このことは，今後の放流時期や放流適地を検討する上で，重要な情報になると考えられた。

今回の調査結果から，ヒラメの放流を *N.hirame* の寄生率が低い地点に行うと生残率が低くなる可能性があり，逆に生残率が高い場所では寄生率が高くなることが予想された。また，寄生を受けない場所へ放流しても寄生率の高い地点への分散が考えられ，その場合2週間程度で天然種苗と同程度の寄生率となることを考えると寄生を受けない地点を探索することは困難であろう。現状では放流後の寄生は避けられないことから，寄生率の低かった7月以前の放流や放流種苗の肥満度の上昇での体力向上による放流海域への適応化促進により対応する必要があると考えられた。

文　献

1) Ogawa, K. (1999) *Neoheterobothrium hirame* sp. nov. (Monogenea: Diclidophoridae) from the buccal cavity wall of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Pathol.*, **34**, 195-201.

2) Yoshinaga, T., N. Tsutsumi, T. Shima, T. Kamaishi, and K. Ogawa (2001) Experimental infection of southern flounder *Paralichthys lethostigma* with *Neoheterobothrium hirame* (Monogenea: Diclidophoridae). *Fish pathol.*, **36**, 237-239.

3) 三輪　理・井上　潔（1999）日本沿岸で発生している貧血を特徴とするヒラメの疾病の病理組織学的研究．魚病研究，**34**，113-119.

4) 良永知義・釜石　隆・瀬川　勲・熊谷　明・中易千早・山野恵祐・竹内照文・反町　稔（2000）貧血ヒラメの血液性状，病理組織および単生類 *Neoheterobothrium hirame* の寄生状況．魚病研究，**35**，131-136.

5) Yoshinaga, T., T. Kamaishi, I. Sagawa, K. Yamano, H. Ikeda, and M. Sorimachi (2001) Anemia caused by challenges with the monogenean *Neoheterobothrium hirame* in the Japanese flounder. *Fish Pathol.*, **36**, 13-20.

6) 虫明敬一・森　広一郎・有元　操（2001）天然ヒラメにおける貧血症の発生状況．魚病研究，**36**，125-132.

7) Nakayasu, C., T. Yoshinaga, and A. Kumagai (2002) Hematological characterization of anemia recently prevailing in wild Japanese flounder in Japan. *Fish Pathol.*, **37**, 38-40.

8) Ogawa, K. (2000) The oncomiracidium of *Neoheterobothrium hirame*, a monogenean parasite of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Pathol.*, **35**, 229-230.

9) Anshary, H. and K. Ogawa (2001) Microhabitats and mode attachment of *Neoheterobothrium hirame,* a monogenean parasite of Japanese flounder. *Fish pathol.*, **36**, 21-26.

10) Anshary, H., E.Yamamoto, T.Miyanaga and K.Ogawa (2002) Infection Dynamics of the Monogenean Among Young Wild Japanese Flounder in the Western Sea of Japan. *Fish Pathol.*, **37**, 131-140.

11) 水田洋之介・有元　操・虫明敬一・森　広一郎・西岡豊弘・今村茂生・山田達哉・本藤　靖（2001）ヒラメの増殖阻害要因の解明．水産基盤整備開発調査委託事業（大規模砂泥域開発調査）報告書.

12) 山田達哉・塩澤　聡・森田哲男（2006）異なる給餌条件下で飼育したヒラメにおけるネオヘテロボツリウム寄生状況について．栽培漁業センター技報，**1**，66-69.

13) 首藤宏幸・梶原直人・藤井徹生（2006）佐渡島真野湾に放流したヒラメ種苗の被食減耗．水産総合研究センター研究報告，別冊**5**，165-167.

14) 首藤宏幸（2003）　オニオコゼ！イシガニ!!　ヨコエビ・ウミホタル?ーヒラメ種苗の捕食者の特定ー．水産総合研究センター広報，**4**，23-24.

栽培漁業センター技報第７号

平成 20 年 2 月 15 日　発行

編集人
発　行　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　15Ｆ
電　話　045（227）2715

印刷所　有限会社　光星社
川崎市中原区木月住吉町 22-3
電　話　044（433）2424