

令和5年度

さけ・ます等栽培対象資源対策事業  
新規栽培対象種技術開発（魚類・甲殻類）

調査報告書

さけ・ます等栽培対象資源対策共同研究機関  
新規栽培対象種技術開発（魚類・甲殻類）グループ

令和6年3月

## 目 次

ア. 親魚養成技術の開発	
① キンメダイの親魚養成及び人工授精技術の開発	3-8
② アマダイ類の親魚養成技術の開発	9-21
③ アカムツの親魚養成技術の開発	22-26
イ. 種苗生産・中間育成技術の開発	
① キンメダイの種苗生産技術の開発	27-30
② アマダイ類の種苗生産技術の開発	31-36
③ アカムツの種苗生産技術の開発	37-42
ウ. 効果の高い放流手法の開発	
① アマダイ類の放流技術の開発	43-45
② バイオテレメトリーおよびデータロガーによるキジハタの生態解明	46-50
③ 甲殻類用標識（トラモアタグ）を利用した放流適条件の把握	51-57
エ. 検討会の開催	
① 研究推進会議の開催	58-61

## ア. 親魚養成技術の開発

### ①キンメダイの親魚養成及び人工授精技術の開発

静岡県水産・海洋技術研究所

石田孝行・倉石 祐

#### 【目的】

静岡県のキンメダイ年間水揚量は最盛期の7,000トンから近年は1,000トン台に減少し、県内漁業者からは資源回復を図る方法の一つとして栽培漁業の実現による種苗放流が求められている。

本研究では種苗生産に必要な受精卵を安定的に得るため、産卵期に捕獲したキンメダイ親魚から効率よく採卵・採精する方法を検討するとともに、駿河湾深層水を使った長期飼育により親魚養成する技術を開発する。

#### 【研究方法】

##### ①人工授精技術の開発

###### 1) 天然親魚の確保

2023年6月～2024年2月、南伊豆、稲取の漁船を傭船し、伊豆半島南東沖、新島沖、石廊崎沖の漁場で親魚採捕調査を実施した。たてなわで釣獲した親魚は船上で麻酔処理した後、水温12～14℃を維持しながら活魚のまま持ち帰り、採卵用として水産・海洋技術研究所伊豆分場（下田市）へ、また駿河湾深層水を使った長期養成用として水産・海洋技術研究所駿河湾深層水利用施設（焼津市）へ活魚搬送し、それぞれの施設へ収容した。

###### 2) 冷蔵保存精液を使った人工授精

前年までの成果により、採精や採卵を含めた人工授精の手順が整理されているが、今年度は新たに開発された冷蔵保存精液<sup>\*1</sup>（長谷川ら 2023）を実際の種苗生産試験に導入し、その実用性と人工授精の効率化について検討した。

1)で確保した成熟雄から採精し、長谷川らの方法により冷蔵保存精液を調製した後、50mLチューブに入れて4℃で保存した。精子の運動活性を確認するため、一定期間ごとに微量の保存精液を顕微鏡下に取り出し、海水を滴下した際の運動活性を目視による4段階（運動する精子の割合：8割以上、半分以上、半分以下、2割以下）で判断した。

種苗生産試験に活用する際は、同様に確保した成熟雌から採卵した未受精卵を前年までに整理した手順（カレイ用リンガー液による洗浄等）により、冷蔵保存精液を使って人工授精させた。

参考文献 \*1 長谷川雅俊、稲葉一男、永倉靖大、野田浩之、川合範明（2023）キンメダイ種苗生産のための冷蔵精子保存液の開発、日本水産学会誌，89(3)，236-243

## ②親魚養成技術開発

### 1) 長期飼育魚に対するホルモン投与効果について

長期飼育しているキンメダイは通常飼育を行っているだけでは、成熟が進行しないことが知られている。また、成熟要因も不明であり、昨年、水温を上昇させた環境下で飼育したが、成熟の進行が見られなかった。そこで、今年度は成熟を促進すると言われるホルモンを投与し、生殖腺重量指数 (GSI) と血中性ステロイド濃度について調べることで、キンメダイの成熟を促すことが可能か検討を行った。

試験魚は半年以上飼育しているキンメダイ (体重約 500g 以上) を選別し、試験に供した。親魚 8 尾 (雄 3 尾、雌 5 尾) をコンクリート製 20t 水槽に水深 270m および 397m から汲み上げた海水を掛け流しにした水槽に入れて飼育した。飼育期間中の水温は 12 ~ 14°C であった。給餌は冷凍ホタルイカを解凍し、週 2~3 回飽食量与えた。催熟のためのホルモンとして、ヒト絨毛性ゴナドトロピン (hCG : 商品名ゴナトロピン 3000) 500IU と性腺刺激ホルモン放出ホルモンアナログ (GnRH $\alpha$  : 商品名スポルネン・注) 1 $\mu$ g を腹腔内に毎週 1 回、合計 4 回投与した。開始時に雌雄 1 尾ずつ、終了時に残りの 6 尾をサンプリングし、体重、尾叉長、生殖腺重量、血中性ステロイド (エストラジオール-17 $\beta$  (E2)、テストステロン (T)、11-ケトテストステロン (11-KT)) 濃度について、分析を行った。また、成熟の進行が見られた魚については、生殖腺を固定後、定法に従って HE 染色を行い、顕微鏡による組織観察を行った。

## 【研究成果の概要】

### ①人工授精技術の開発

#### 1) 天然親魚の確保

親魚採捕調査の結果を表 1 に示した。6 月から 10 月まで 12 回出船し、計 209 尾を釣獲した。このうち 90 尾 (雄 34 尾、雌 56 尾) を伊豆分場へ活魚搬送し、66 尾が施設到着後も生存し (生存率 73%)、その後の種苗生産試験に供した。一方、深層水利用施設へは活魚搬送後の生存個体 104 尾を收容し、飼育を継続した。

捕獲時の船上水槽の大型化 (100L $\rightarrow$ 200L) や伊豆分場内の一時收容水槽の形状改良 (角型 $\rightarrow$ ネット内張で円形) により、收容後の親魚の活力や生残状況が改善した。

伊豆分場に收容した親魚は、8 月中旬までは捕獲後の経過日数にかかわらず十分な採卵量が得られなかったが、8 月下旬以降は比較的大型の成熟雌がみられ (図 1)、釣獲直後に船上で採卵できたことや、收容後の水槽内で自然産卵するなど、持ち帰り後の翌日までに採卵に供する機会が多かったため、経過日数による採卵状況の検討はできなかった。

表1 キンメダイ親魚採捕調査結果（2023年度）

回次	捕獲日	出港場所	表層水温(°C)	底層水温(°C)	釣獲(尾)	伊豆分場搬入(尾)	雄(尾)	雌(尾)	生存(尾)	到着時生存率(%)
1	6月6日	稲取	20.7	9.0	39	-	深層水利用施設へ活魚搬送			
2	6月14日	南伊豆	22.3	9.0	13	13	7	6	13	100
3	6月27日	稲取	22.9	-	38	8	2	6	8	100
4	7月6日	南伊豆	24.2	8.5	6	6	1	5	6	100
5	7月19日	南伊豆	27.4	11.0	14	14	7	7	11	79
6	7月27日	南伊豆	28.8	8.5	7	7	2	5	6	86
7	8月2日	南伊豆	29.3	9.0	3	3	1	2	2	67
8	8月24日	南伊豆	28.7	-	9	9	3	6	2	22
9	8月26日	稲取	28.0	-	0	-	-	-	-	-
10	8月30日	南伊豆	29.1	9.0	5	5	0	5	3	60
11	9月6日	南伊豆	28.5	8.5	5	5	2	3	3	60
12	9月13日	南伊豆	28.0	9.5	7	7	3	4	5	71
13	9月21日	南伊豆	28.3	8.0	7	7	4	3	2	29
14	9月30日	稲取	25.1	13.0	50	-	深層水利用施設へ活魚搬送			
15	10月6日	南伊豆	26.9	8.0	6	6	2	4	5	83
16	12月9日 (2024年)	稲取	19.1	11.3	83	-	深層水利用施設へ活魚搬送			
17	2月8日	南伊豆	19.6	10.8	15	-	深層水利用施設へ活魚搬送			
計					209	90	34	56	66	73

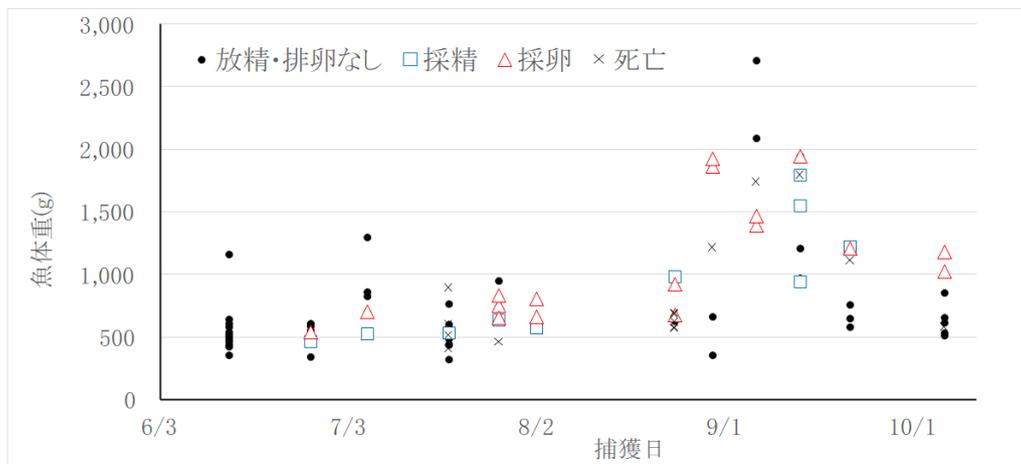


図1 捕獲日ごとの魚体重の推移及び採精・採卵個体の出現状況

## 2) 冷蔵保存精液を使った人工授精

伊豆分場に収容した親魚のうち、計 10 尾の雄から採精し 9 ロット分の冷蔵保全精液を調製した。精子の運動活性を確認したところ、採捕時期や個体による差はあるが、保存後概ね 1 ヶ月間は運動活性を保持していた（表 2）。

種苗生産試験の期間中、10 回の採卵（雌 16 尾を使用）を行い、このうち同日採捕群から採精できなかった場合など計 6 回の人工授精に冷蔵保存精液を使用したところ、4 回でふ化仔魚が得られ、ふ化後の飼育で最長 10 日間の生存を確認した（表 3）。

ふ化後の飼育経過については「イ キンメダイの種苗生産技術の開発」に記載する。

冷蔵保存精液を使うことで一連の人工授精作業が効率化されたほか、8 月 30 日に捕獲魚が全て雌だった回次や 10 月 6 日に漁業者が釣獲直後に船上採卵して保冷持ち帰りした卵からもふ化仔魚が得られるなど、実用性と有用性を確認できた。

表 2 冷蔵保存精液の運動活性の保持

No.	採精日	運動活性を確認(又は人工授精に使用)した日											運動活性※ 保持日数
		7/27	8/3	8/28	8/30	9/7	9/19	9/26	10/2	10/6	10/16	10/31	
SP1	7月3日	(○)	(○)										31日
SP2	7月28日			○	(○)		△	△	×	×			33日
SP3	8月3日			○	(○)								27日
SP4	8月25日			○	(○)		○	○	△	×			32日
SP5	9月6日					(○)	○	○	△	△	△	×	20日
SP6	9月13日						◎	◎	◎	(◎)	○	△	33日
SP7	9月21日							◎	◎	(◎)	◎	△	25日
SP8	9月28日								○	○	○	×	18日

※採精日から○以上だった日までの日数

表 3 採卵及び人工授精結果 (2023 年度)

捕獲日	雌	採卵日	採卵状況	体重(g)	GSI	卵数	媒精方法 <sup>※1</sup>	ふ化及び仔魚の状況
6月27日	No.8	7月3日	麻酔 搾出	538	3.6	少量	同日No.6	ふ化せず
7月6日	No.4	7月6日	麻酔 搾出	703	7.6	2.8g	同日No.6	ふ化(2尾) 当日死亡
7月27日	No.2	7月27日	ひん死 搾出	752	5.2	0.1g	SP1	ふ化せず
	No.3		ひん死 搾出	833	4.3	少量		ふ化せず
	No.5		ひん死 搾出	655	3.9	少量		ふ化せず
8月2日	No.3	8月3日	麻酔 搾出	806	3.5	少量	同日No.2+SP1	ふ化(10尾) 2日齢
8月24日	No.1	8月24日	死亡 搾出	917	9.3	少量	SP2+SP3	ふ化せず
	No.2		死亡 搾出	674	3.9	少量		ふ化せず
8月30日	No.4	8月30日	船上放卵 死亡 搾出	1,858	6.8	6.37g	SP2+SP3+SP4	ふ化 10日齢
	No.5	8月31日	死亡 搾出	1,923	7.9	少量		ふ化せず
9月6日	No.4	9月6日	ひん死 搾出	1,387	7.9	3.5g	同日No.1	→深層水へ ふ化 6日齢
	No.5	9月6日	ひん死 搾出			9.1g		ふ化 4日齢
		9月7日	水槽内放卵を回収			不明	SP5	ふ化 7日齢
9月13日	No.6	9月13日	ひん死 搾出	1,942	5.0	少量	同日No.2+同日No.3	ふ化せず
9月21日	No.3	9月21日	船上搾出採卵 <sup>※2</sup>	1,208	3.6	不明	同日No.6	ふ化 7日齢
10月6日	No.1	10月6日	船上搾出採卵 <sup>※3</sup>	1,177	2.1	0.87g	SP6+SP7	ふ化(10尾) 3日齢
	No.2	10月6日	船上搾出採卵 <sup>※3</sup>	1,020	2.2	5.26g		ふ化 8日齢

※1 SP は冷蔵保存精液 (複数表記は混合使用)、No.は同日に採捕した雄個体の精液

※2 釣獲直後に船上採卵した個体から採卵し、未受精のまま保冷で持ち帰り

※3 ※2 の作業を漁業者に依頼し、持ち帰った未受精卵を帰港時に受け取り

## ②親魚養成技術開発

### 1) 長期飼育魚に対するホルモン投与効果について

使用した試験魚の測定データを表 4 に示す。GSI は、雌雄共に上昇傾向が見られ、卵巣については成熟の進行に伴うとみられる変色 (写真 1) も見られたものの、排精・排卵は確認できなかった。

表 4 使用した試験魚の測定結果

	平均体重 (g)	平均尾叉長 (cm)	平均 GSI	
			開始時	終了時
雄	611	30.5	0.17	0.42
雌	867	33.4	0.57	1.64

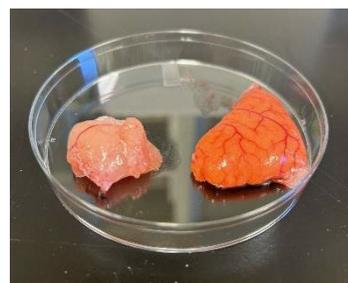


写真 1 卵巣外観

次に、卵巣の顕微鏡観察結果を写真 2 に示す。開始時の卵巣は周辺仁期の細胞がほとんどを占め、未成熟であったが、ホルモン投与区は卵黄形成期の細胞が見られ、成熟が進んでいる様子が見られた。しかし、成熟期の卵細胞は見られなかったため、最終成熟や排卵に至るにはホルモンの投与期間の延長や最終成熟を促すホルモンの投与が必要であると考えられる。

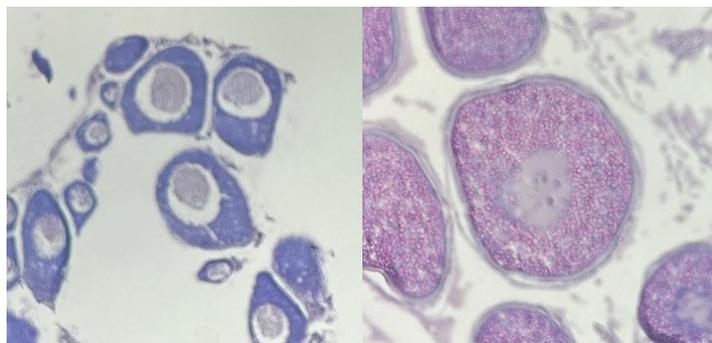


写真 2 卵巣顕微鏡観察結果

次に、血中性ステロイドの濃度を表すに示す。すべての性ステロイドについて、血中濃度の上昇が見られた。その一方で、雄の精巣について、GSI の顕著な増加は見られず、成熟の進行は確認できなかった。そのため、ホルモンの投与期間の延長や別の種類のホルモンの投与を検討する必要がある。

表 5 試験魚の血中性ステロイドの濃度

	E2 (pg/mL)		T(pg/mL)		11-KT(pg/mL)	
	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時
雄	153.5	160.2	76.2	351.5	30.0	1831.0
雌	218.6	267.4	28.5	324.2	9.2	12.8

【次年度以降に向けた提言】

冷蔵保存精液を使うことで、多様な方法によってふ化仔魚が得られる見通しが立つため、成熟盛期を中心に採卵と人工授精を行い、仔魚飼育の技術開発に多くの事例検討を進める。

長期飼育とホルモン投与により卵巣の発達が確認できたが、排卵には至らなかった。このため、催熟する魚に対するホルモンの投与期間や濃度・成熟度の確認方法・排卵用ホルモンなど、人工授精に至るまでには複数の問題を解決する必要がある。

## ア 親魚養成技術の開発

### ②アマダイ類の親魚養成技術の開発

山口県水産研究センター

阿武遼吾

#### 【目的】

シロアマダイは、アマダイ類の中でも希少性が高い高級魚である。山口県では、日本海と瀬戸内海に分布し、漁業者からの種苗放流の要望が強い魚種の1つである。

本研究では、シロアマダイの種苗生産に必要な受精卵を安定的に得るために、人工生産種苗を採卵親魚に養成する技術を開発することを目的とした。

今年度はこれまで養成してきた令和2年度人工生産種苗（人工親魚）から採卵を試み、その卵質を調べるための初期種苗生産試験を実施した。

#### 【研究方法】

##### 1) 人工親魚からの採卵試験

4月13日または21日、表1の条件で飼育した人工親魚6尾に、ヒト絨毛性ゴナドトロピン（HCG）を300IU/体重1kgを目安に打注した。HCG打注24～360時間後に腹部を圧迫・搾卵し、その浮上卵を計数した。

比較の目安として、5月3日に本県瀬戸内海の水深60m付近ではえ縄により漁獲された3尾の雌個体（天然親魚）にも、HCGを300IU/体重1kgを目安に打注し、その48、72時間後に腹部を圧迫・搾卵し、その浮上卵を計数した。

HCG打注336～360時間後の人工親魚から搾出した卵およびHCG打注48～72時間後の天然親魚から搾出した卵に、速やかに精子を加えて攪拌し、乾導法により人工授精を行い、受精24時間後の浮上卵率を比較した。なお、人工親魚から搾出した卵、および天然親魚から搾出した卵ともに同じ精子を使用した。その精子は液体窒素中で保存した5月に本県瀬戸内海で漁獲した雄親魚から採取したものである。

##### 2) 人工親魚から採取した卵を用いた初期種苗生産試験

4月19日と24日に採取した人工親魚の卵を、4月1日に本県瀬戸内海で漁獲された2尾の雄個体から採取した精子を用いて受精させ、受精24時間後の浮上卵を2基の1kL青色円形FRP製水槽に収容した。収容後、表2の飼育条件で飼育試験を行った。初期摂餌の状況は、開口直後とみられた4日齢の仔魚の消化管内のワムシの咀嚼器の数から、群摂餌率および仔魚1尾あたりのワムシ摂餌個数を求めて把握した。また、5日齢以降は、開鰓を促すために油膜除去を継続して行い、7日齢の仔魚により開鰓率を確認した。そして、10日齢の生残尾数から最終的な初期生残率を求め、これらの結果から卵質を評価した。

#### 【研究成果の概要】

##### 1) 人工親魚からの採卵試験

採卵結果を表3に示した。HCGを打注した全ての雌の人工親魚から卵が得られ、計404万粒の卵を搾出した。搾出した卵から計96万粒の浮上卵を得た（浮上卵率23.7%）。浮上卵率は低かったが、採卵数および浮上卵数ともに過去の天然親魚からの採卵試験と比べて、非常に多い数が確保できた。

HCG打注336～360時間後の人工親魚から搾出した卵、およびHCG打注48～72時間後の天然親魚から搾出した卵の受精24時間後の浮上卵数および浮上卵率を表4に示した。人工親魚の卵の24時間後の浮上卵率は、天然親魚の卵と同程度であった。

## 2) 人工親魚から採卵した卵を用いた初期種苗生産試験

初期種苗生産試験の結果を表5に示した。内部栄養から外部栄養に完全に切り替わると思われる10日齢まで問題なく飼育できたことから、人工親魚から得られた卵の卵質は問題ないことが分かった。

### 【次年度に向けた提言】

今年度、日本で初めて人工親魚からの採卵に成功した。得られた卵の質も問題なく、1個体からの採卵数も平均67万粒と非常に多く、種苗生産現場に実装可能なレベルであることが分かった。採卵後の個体は全て死亡してしまったため、再度人工親魚の養成を行い、今年度の結果の再現性の検証を行う。

表1 親魚養成試験における飼育条件

		9週齢～ (R2.7.17)	12週齢～ (R2.8.6)	15週齢～ (R2.8.24)	22週齢～ (R2.9.29)	26週齢～ (R2.10.24)	40週齢～ (R3.2.1)	54週齢～ (R3.5.14)
飼育水		砂ろ過海水						
収容尾数(尾)		500	350	100	75	50	50	30 (徐々に減少)
収容密度(尾/m <sup>2</sup> )		111	78	22	16	11	11	7 (徐々に減少)
水温(°C)		11.5～30.9(自然水温)						
給餌方法	回数 (回/日)	6～12	12	1	2	2	1	1
	餌料	配合飼料	配合飼料	配合飼料	配合飼料 オキアミ	配合飼料 オキアミ	配合飼料 オキアミ、ア ジ、イカ	オキアミ、イカ
	給餌量	飽食量	飽食量	魚体重の1%	魚体重の4%	魚体重の6%	魚体重の 0.5%	魚体重の1%

表2 人工親魚から採卵した卵を用いた初期種苗生産試験の飼育条件

水槽	①	②
水面照度	3,000LUX	
飼育水槽	1kL青色FRP製円形水槽	
飼育水	砂ろ過紫外線殺菌処理海水	
飼育水温	18.0～21.5℃（ヒーターの設定温度は20.0℃）	
通気	エアストーン（長さ70mm、直径20mm）を1水槽あたり2個設置し、1個あたりの通気量は300ml/分	
換水	止水	
微細藻類の添加	スーパー生クロレラ（クロレラ工業社製）を50万cells/mlになるように1日2回投与	
ワムシ	2～3日齢：S型ワムシを10個/mlになるよう1日1回投餌 4～6日齢：栄養強化したS型ワムシを10個/mlになるよう1日1～2回投餌	
ワムシの強化	スーパー生クロレラ（クロレラ工業社製）を200ml/億個体になるように投与し、20時間強化	

表3 採卵結果

	hCG打注後の時間 (日付)	放卵雌 個体数	採卵数 (粒)	浮上卵数 (粒)	浮上卵率 (%)
人工親魚	48時間後	6	1,326,600	168,300	12.7
	72時間後(4/24)	5	386,280	238,500	61.7
	144時間後(4/27)	5	972,900	329,400	33.9
	336時間後(5/5)	5	1,087,200	113,760	10.5
	360時間後(5/6)	5	267,840	108,360	40.4
天然親魚	48時間後(5/5)	3	54,180	34,740	64.1
	72時間後(5/6)	1	386,280	44,460	11.5

表 4 受精 24 時間後の浮上卵数および浮上卵率

	hCG打注後の時間	A : 受精0時間後浮上卵数 (粒)	B : 受精24時間後の浮上卵数 (粒)	受精24時間後の浮上卵率 (% : B/A × 100)
人工親魚	336時間後 (5/5)	113,760	56,340	49.5
	360時間後 (5/6)	108,360	63180	58.3
天然親魚	48時間後 (5/5)	34,740	15,886	45.7
	72時間後 (5/6)	44,460	21,060	47.4

表 5 人工親魚から採卵した卵を用いた初期種苗生産試験の結果

	水槽①	水槽②
收容した卵	人工親魚 (4/19採卵)	人工親魚 (4/24採卵)
收容卵数 (胚胎形成卵数)	12,060粒 (3,100粒)	19,620粒 (7,200粒)
ふ化率・ふ化尾数	ふ化率: 24.9% (3,000尾)	ふ化率: 35.7% (7,000尾)
初期摂餌 (4日齢)	摂餌率: 100% 平均摂餌個数: 9.6個	摂餌率: 80% 平均摂餌個数: 3.5個
開鰓率 (7日齢)	66%	46%
10日齢生残尾数 (生残率)	2,400尾 (80%)	6,500尾 (92%)

## ア 親魚養成技術の開発

### ②アマダイ類の親魚養成技術の開発

宮崎県水産試験場

山本太一

#### 【目的】

アマダイ類の種苗生産に必要な受精卵を安定的に得るために、人工生産種苗および天然の未成熟個体を採卵親魚に養成する技術と凍結精子の保存と利用技術を開発する。

#### 【研究方法】

##### 1. アカアマダイ成熟試験

人工アカアマダイ 3 歳魚 4 尾、4 歳魚 1 尾、計 5 尾を用い、水温を 23°C に調温し、養成を行った。飼料には両区ともモイストペレット（ダイニチ DMP-アマダイ SP）を用い、週 5 回、魚体重の 1.5-2% 量を給餌した。

##### 2. 凍結精子試験

天然アカアマダイの雄鮮魚から VNN フリー個体の精子を用いて凍結精子を複製し、その後 1 月毎に精子の活性を確認した。

#### 【研究成果の概要】

##### 1. アカアマダイ親魚成熟試験

令和 5 年 5 月 19 日に供試魚 5 尾を収容し加温冷却装置（アース、WTCA-752H-10）を用いて 23°C 程度になるよう調温した。給餌は市販モイストペレット飼料（ダイニチ、DMP-アマダイ SP）を 1 日 1 回、週 5 回、魚体重の 1.5-2.0% 程度給餌した。前年度試験結果<sup>1)</sup>より 9 月から 10 月に親魚の成熟が予想されたことから、令和 5 年 9 月 12 日に供試魚の背筋部に生殖腺刺激ホルモン剤（以下「HCG」という）を 300IU/kg を目安に接種した。HCG 接種 24、48 及び 72 時間後に藤田ら<sup>2)</sup>の方法により採卵し、供試魚 5 尾中 3 尾（60%）から採卵することができた。HCG 接種後の採卵状況を図 1 に示す。採卵は接種 48 時間後にピークに達し、最大 65g/尾（推定卵量 110 千粒）の採卵を確認した。72 時間後に親魚 1 尾から採取した未受精卵 50.6g を「3. 受精試験」に供した。今年度は令和 5 年 3 月 30 日に飼育施設の火災が発生し、その影響で飼育開始前に一部供試魚が死亡するなどのトラブルが発生したものの、前年度<sup>1)</sup>に引き続き採卵に成功した。ただ、採卵成功率は 60% 程度であり、1 尾あたりの採卵量を考慮すると、生産に供するためには数十尾程度の飼育が必要と予想される。このため、今年度新たに飼育施設を整備した。次年度以降は新施設を用いて採卵量拡大を検討する。

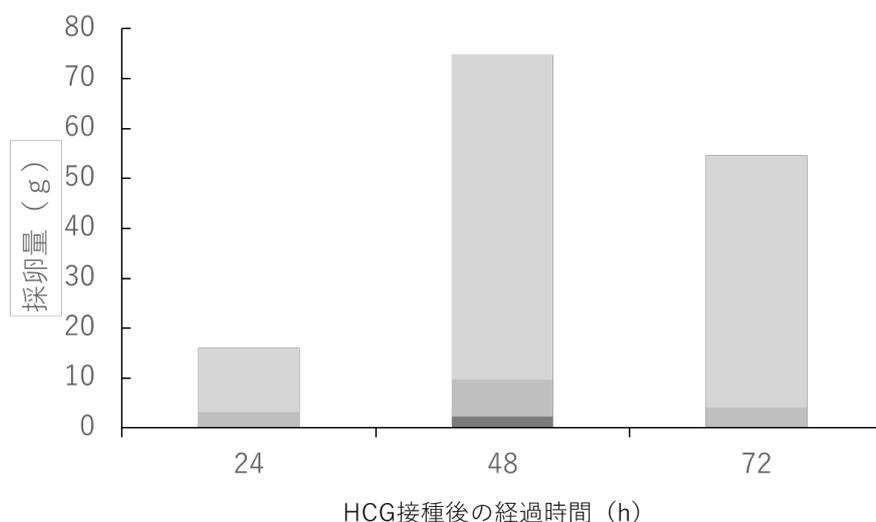


図1 HCG接種後の採卵状況

## 2. 凍結精子試験

日向灘海域の天然アカアマダイ雌の成熟状況調査から本県海域に生息するアカアマダイの成熟は9月をピークに8-10月頃と想定される<sup>3)</sup>。このため供試魚は令和5年8月17日(n=3, BW 764±230g)及び令和5年9月11日(n=10, BW 705±158g)に本県海域で採捕され宮崎県水産試験場に死後24時間以内に持ち込まれた天然アカアマダイ雄を用いた。水産試験場に供試魚を搬入後、精巢を取り出し、メスで細かく切り刻んだ後、精巢重量の3.5倍量の人工精しょう(以下「ASP」という)<sup>1)</sup>を加え、滅菌済45µmフィルター濾過し、直ちに終濃度10%となるようDMSOを添加した。DMSO添加後、高木ら<sup>1)</sup>の方法に従い凍結精子を作製し、液体窒素中で保管した。凍結・解凍の影響を検討するため、DMSO添加前の精子及び解凍後(20°C程度の水道水で約10秒間かけ解凍)の精子の運動状況を光学顕微鏡で常法により観察した。精子様構造物を約100個計数し、うち運動性が確認された精子様構造物を全精子様構造物で除し、100を乗じた値を精子活性(%)として算出することで供試魚毎に凍結前または解凍後の精子活性を評価した。結果を図2に示す。9月採捕群は8月採捕群と比べ、確保数が多くかつ精子活性の高い精子が得られた。また、全ての個体で解凍後の精子活性は凍結前と比べ低下していたが、特に凍結前の精子活性が50%を下回る精子は活性が確認されないものも確認されたことから、凍結前の精子活性を測定し、50%以上のロットのみ保管の方がよい可能性が示された。また、凍結精子では親魚の個体毎にVNNを検査する時間的な余裕があることや、本県海域で採捕されたアカアマダイではVNNからの防疫対策向上のため、高木ら<sup>1)</sup>の方法に従いVNNのサーベランスを行った方が良いと

示唆された。次年度は、9月頃の天然アカアマダイを大量確保することで、今年度の再現性の確認を行うと共に、量産試験に必要な凍結精子の確保を検討する。

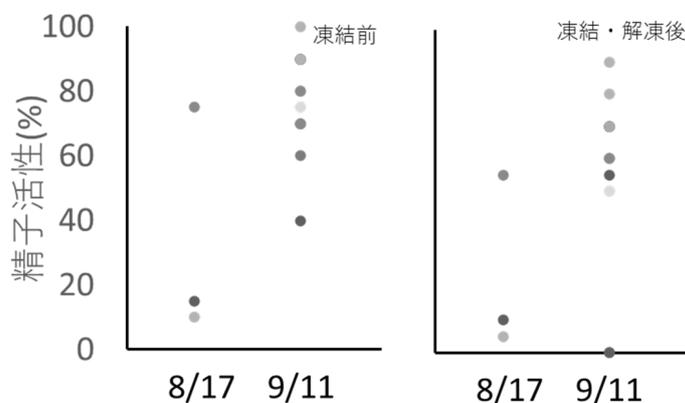


図2 凍結前及び凍結・解凍後の精子活性

### 3. 受精試験

サンプルは「1. アカアマダイ親魚成熟試験」で採取した未受精卵 50.6g 及び「凍結精子試験」で採取した凍結精子のうち、解凍後の精子活性が 70%であった精子（親魚の魚体重 854g、採取した精子重量 1.12g）を供試した。受精は未受精卵 50.6g に対し凍結精子 4.0mL 添加することで行った。受精後の受精卵の管理は、藤田ら<sup>2)</sup>の方法に従い行い、水温 22-23°C に調温した海水で管理した。また、ふ化仔魚は 500mL ビーカーを用いて複数回サンプリング、計数し管理水槽の容量で算出する容積法により計数した。

浮上卵は 61 千粒得られ、再浮上卵率は 61.7%であった。ふ化仔魚の尾数は 40 千尾で孵化率は 64.8%であった。今年度の試験において、人工雌親魚から採取した未受精卵及び天然雄親魚から採取した凍結精子を用いることで、種苗生産ができる可能性が示された。次年度以降は再現性の検証を行うと共に、生産規模の拡大を検討する。

#### 【次年度以降に向けた提言】

##### 1. アカアマダイ親魚成熟試験

水温制御及びモイストペレット給餌による成熟の再現性を検証すると共に人工親魚及び天然親魚を用いた飼育規模の拡大を検討する。

## 2. 凍結精子試験

量産化に向けて凍結精子の大量確保を検討する。

## 3. 受精試験

今年度実施した受精試験の再現性を検証すると共に、量産化に向け種苗生産試験への供給を検討する。

## 文献

- 1) 高木ゆり, 藤田裕也,南隆之,水田篤,井上海斗,甲斐晴貴. アマダイ類における親魚養成技術等の開発. 令和4年度宮崎県水産試験場事業報告書.
- 2) 藤田裕也,南隆之,中神秀一、水田篤,井上海斗,甲斐晴貴. アマダイ類における親魚養成技術等の開発. 令和3年度宮崎県水産試験場事業報告書.
- 3) 中西健二, 外山寛隆, 松浦光宏.アカアマダイの効果的な資源管理に関する研究. 平成30年度宮崎県水産試験場事業報告書.

## ア 親魚養成技術の開発

### ②アマダイ類の親魚養成技術の開発

公益財団法人 海洋生物環境研究所

渡邊裕介

#### 【目的】

アマダイ類の種苗生産に必要な受精卵を安定的に得るために、人工生産種苗および天然の未成熟個体を採卵親魚に養成する技術、ならびに凍結精子の保存と利用技術を開発する。研究成果および開発した技術は参画機関で共有し、技術開発を効率的に進める。

#### 【研究方法】

##### 1) アカアマダイ親魚養成技術の開発

本年度は養成した人工生産魚及び天然魚を採卵親魚として用い、毎週採卵する群(毎週区)と隔週採卵する群(隔週区)に分けて人工授精を実施し、同一個体からの複数回採卵に適した採卵間隔を検討した。同時に人工授精に用いる凍結精子の適正量および凍結精子作製時の適切な希釈率について検討した。採卵は8/31～10/26の期間に行った。

雌個体として、2018年度天然採集個体(京都府伊根町沖)の雌1尾(1,045g)、2016年度人工生産魚(水研機構宮津庁舎)の雌8尾(666±162g)および2017年度人工生産魚(山口県栽培公社)の雌11尾(558±94g)、2019年度人工生産魚(山口県栽培公社)の雌7尾(505±110g)を使用した。毎週区には生産魚(宮津)4尾、(山口2017)6尾、(山口2019)3尾を収容(N=13)し、隔週区には天然魚(伊根)1尾、生産魚(宮津)4尾、(山口2017)5尾、(山口2019)4尾を収容(N=14)した。分槽は8/18に行った。上記雌個体は自然日長条件下において水温が25°Cを超えないように調整して飼育した。飼育水の換水率は0.5回転/時とした。午前に冷凍オキアミ(ツノナシオキアミ)、午後モイストペレットをそれぞれ体重の1～2%を目安に給餌した。噛み合いによる個体間の干渉を軽減することを目的に、縦50cm、横37cmのパンチングボード(塩化ビニール製)を加工し、衝立として設置した(図1)。

採精用の雄個体には、7/5、9/11、10/12に新潟県柏崎市沖で漁獲された天然魚11尾(体重:1,007±97g)を使用した。漁獲された日に精巣を摘出し、精子抽出液(3、5、10倍希釈精子)を作製し、凍結保存した。また、試験日直前に漁獲された場合は人工精漿(50倍希釈精子)を作製した。凍結精子の作製・保存方法は2022年水産研究・教育機構上浦庁舎にて行われた「精子凍結研修会」の内容に準



図1 飼育水槽へ設置した衝立

じ、人工授精および人工精漿作製については、日本海区水産研究所宮津庁舎（現：水産技術研究所宮津庁舎）が作成した試作マニュアル(未公開)を参考に実施した。雌個体にホルモン剤（ヒト絨毛性性腺刺激ホルモン、HCG、あすかアニマルヘルス(株)「動物用ゴナトロピン 3000」）を魚体重 1kg あたり 300IU 打注し、48 時間後に腹部を圧迫し、卵を絞り出した。複数個体から絞り出した卵を混和し試験に供した。人工授精は採卵日に実施し、凍結精子の使用量は 4～10ml とした。人工授精を行った卵を 100L パンライト水槽（水温 20℃）に収容し、発生状況の観察、浮上卵数・沈下卵数を計数した後、正常ふ化率を算出した。

## 2) シロアマダイ人工生産魚の性分化の確認

令和 4 年度に引き続き、2022 年 5 月に山口県外海水産研究所が生産したシロアマダイのホルマリン固定試料について、1 ヶ月齢 41 尾、2 ヶ月齢 53 尾を魚体測定後に生殖腺を摘出し、70～100%のエタノール系列で脱水した後、親水性樹脂（Technovit7100、Kulzer 社）に包埋し常法により厚さ 5µm の切片を作製した。これらの切片に Gill のヘマトキシリンとエオシンの 2 重染色を施し、光学顕微鏡を用いて生殖腺の組織学的観察を行った。

### 【研究成果の概要】

#### 1) アカアマダイ親魚養成技術の開発

毎週区および隔週区ともに採卵を重ねるごとに採卵できた個体数は減少した(図 2)。採卵量は両区ともに回数を重ねるごとに減少する傾向にあったが、平均採卵量は両区で違いは認められなかった(図 3)。試験終了時まで採卵を継続できた個体は、毎週区で 3 尾、隔週区で 2 尾であり、試験途中で採卵が終了した個体は、毎週区、隔週区ともに 6 尾であった(表 1)。第 5 回(9/28)および第 9 回(10/26)の採卵で得られた卵を使用し、10 倍希釈凍結精子を用いて人工授精を行い、卵の正常発生率および正常ふ化率を毎週区と隔週区で比較した(表 2)。その結果、人工授精した卵の正常発生率および正常ふ化率は、凍結精子を使用した場合、毎週区と比較し隔週区がそれぞれ高かった。人工精漿を使用した場合は、両区の受精卵の正常発生率とふ化率に顕著な違いはなかった。この結果から、採卵量は毎週区と隔週区で違いはなかったが、卵質は毎週区より隔週区が高いことが示唆された。

凍結精子の使用量は、希釈率によらず 4ml 以下の使用では発生を確認できなかったが、5～10ml の使用で発生を確認できた。第 2 回(9/7)および第 9 回(10/19)の採卵で得られた卵を使用し、凍結精子作製時の適切な希釈率について検討した(表 3)。その結果、5 倍希釈凍結精子の 10ml 使用時に最も高い発生率(86.29%)で、10 倍希釈凍結精子の 10ml 使用時に最も高いふ化率(26.25%)であった。また、参照試験として人工精漿を用いた人工授精を実施したが、凍結精子よりも人工精漿を用いた人工授精の方が、受精卵の正常発生率およびふ化率は高かった。なお、他の採卵日(第 1、4 および 6 回)に採卵した卵については、発生卵を得られなかったため検討は行わな

った。

本試験で使用した雌親魚には、2020年度に性転換の有無を調べる目的でバイオプシーを行った個体が含まれていたが、全て雌個体であったことから、昨年度に引き続き性転換は確認されなかった。

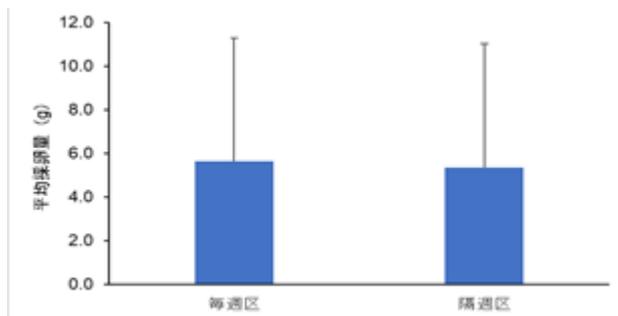
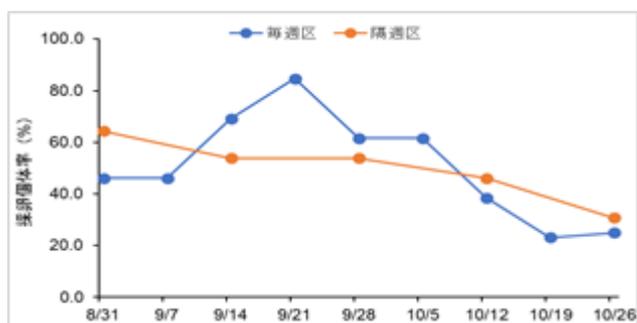


図2 採卵可能個体率推移(毎週区 N=13、隔週区：N=14)  
 ※毎週区では、10/24に山口2017年度生産魚1尾死亡、隔週区では、9/12に山口2019年度生産魚1尾が、10/18に天然魚1尾がそれぞれ死亡

図3 平均採卵量(総採卵回数 毎週区：N=59 隔週区：N=33、バーは標準偏差、T検定：P>0.05)

表1 試験期間中の供試個体の採卵状況

試験区	個体数(尾)			
	採卵継続	採卵終了	断続採卵	採卵不可
毎週区	3	6	1	3
隔週区	2	6	3	3

※採卵継続：採卵を継続できた個体  
 採卵終了：採卵が途中で終了した個体  
 断続採卵：断続的に採卵できた個体  
 採卵不可：採卵できなかった個体

表2 人工授精した卵の正常発生率・ふ化率

使用精子	試験区	正常発生率 (%)		ふ化率 (%)	
		第5回	第9回	第5回	第9回
凍結精子10倍	毎週区	5.5	3.6	0.0	2.5
	隔週区	32.6	14.8	14.4	5.0
人工精漿50倍	毎週区	49.5	54.7	40.0	27.5
	隔週区	36.1	79.1	34.2	12.9

※参照試験として人工精漿を用いた人工授精を実施。参照試験では、第3回(9/14)および第7回(10/12)の採卵で得られた卵を使用

表3 各凍結精子を用いて人工授精した卵の正常発生率・ふ化率

試験区	正常発生率 (%)		ふ化率 (%)	
	第2回	第8回	第2回	第8回
凍結精子3倍	71.15 (6)	-	lost	-
凍結精子5倍	-	86.29 (10)	-	5.0
凍結精子10倍	77.78 (6)	49.02 (10)	lost	26.3
人工精漿50倍	36.1~79.1		12.9~40.0	

※lost は卵流出のため欠測、括

弧内は凍結精子使用量を示す

(ml)。また、参照試験として

## 2) シロアマダイ人工生産魚の性分化の確認

図4に1ヵ月齢および2ヵ月齢のシロアマダイの生殖腺組織像を示した。1ヵ月齢（平均体長1.2cm）の生殖腺には初期の卵巢腔とみられる組織像が観察された。2ヵ月齢（平均体長3.2cm）ではほとんどの個体で生殖細胞の活発な分裂像が観察され、卵巢への分化を示唆していた。1ヵ月齢ですでに卵巢への分化を示す個体がみられたこと、2ヵ月齢の生殖腺では形態的に明確な2型は観察されずほとんどが卵巢とみられたことから、ふ化後1ヵ月以前に生殖腺の雌雄分化が完了し、観察個体のほとんどが雌に分化していたと考えられた。

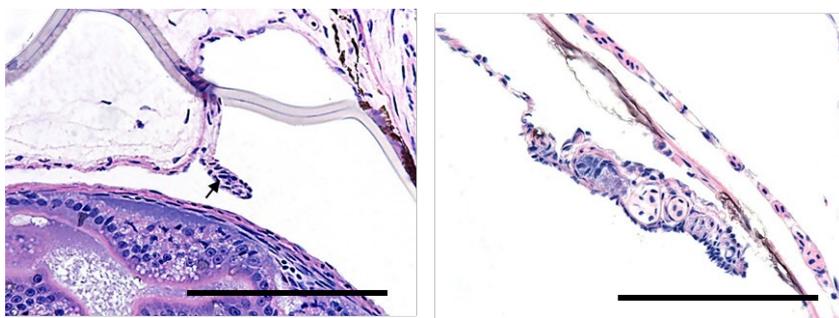


図4 1ヵ月齢（左）および2ヵ月齢（右）のシロアマダイの生殖腺組織像  
矢印：初期の卵巢腔、各図ともスケールバーは0.1 mmを示す。

### 【次年度以降に向けた提言】

アカアマダイ親魚養成技術の開発については、産卵盛期とされる8月から10月までの期間（渡辺・鈴木，1996）に親魚養成した天然魚及び人工生産魚を用いた人工授精を実施する。採卵間隔は隔週とする。それに伴い、天然雄の凍結精子を確保する。凍結精子の作製方法や使用方法については、検討を継続して最適化を図る。安定的に受精卵が得られた場合は小規模な種苗生産を実施し、人工生産魚における雄の出現条件を検討する。

シロアマダイについては、本年度に山口県から入手した人工生産魚（2023年種苗生産）を引き続き養成する。また、48ヵ月齢養成親魚を用いた人工授精を山口県外海水産研究所と共同で実施する。

**【引用文献】**

渡辺健一，鈴木信洋（1996）徳島県太平洋沿岸のアカアマダイの性分化，成熟および産卵期．日本水産学会誌, 62(3),406-413.

## ア 親魚養成技術の開発

### ③アカムツの親魚養成技術の開発

新潟市水族館マリニピア日本海

新田 誠

#### 【目的】

アカムツの種苗生産において大きな課題は受精卵の確保であり、成熟年齢や採卵が可能な時期を明らかにすることが必要である。採卵・採精用親魚を安定的に確保するため、人工生産魚および捕獲した天然魚を飼育し、飼育下で採卵・採精するための技術開発に取り組む。

#### 【方法】

##### 1) 成熟年齢に達した天然雌個体の入手と飼育試験

人工生産魚から雌個体が得られないことから、親魚養成試験に用いるため、成熟年齢に達したと想定される大型魚（天然雌個体）の採集を実施した。採集は、佐渡海峡で5月と6月に3回実施した。採集方法は釣りで、採集魚のハンドリングには魚体への接触を減少させるため自作の水ダモを用いた。船上では250L水量の活魚水槽に水温約14°Cに調温した海水を満たし、採集された個体を速やかに収容した。港から水族館までは水量2.3m<sup>3</sup>の断熱水槽を搭載した活魚輸送車を使用した。輸送時の水温は14°C前後を保った。魚体の収容から輸送まで一貫して表層水温（17°C前後）よりも低い水温で実施した。

得られた天然魚は、水族館の角型水槽（FRP製、水量2m<sup>3</sup>）で飼育試験を開始した。飼育環境は、生息環境に合わせるため水槽周囲を遮光して照度を下げ、水温はストレスを軽減させるためにアカムツ飼育に適した13°C前後とした。水温の管理にはコイル式クーラーを用い、水温の変動を最小限に抑えるために半閉鎖式ろ過循環で飼育を開始した。馴致後、生息深度の環境に合わせるため、水温をさらに低下させた。

##### 2) 天然個体からの人工採卵

受精卵を得るため、新潟県長岡市寺泊での人工採卵を9月に計3回実施した。刺し網で漁獲された天然魚を用い、船上で完熟卵を採卵し乾導法による人工授精を行った。人工授精には、天然魚の雄の精子に加え、人工生産した雄の受精能力を検証するため、人工生産した雄の精子も使用した。人工生産した雄の精子は水族館で採精後、人工精漿内で保存して船上まで輸送した。人工生産した雄と天然魚の雄との受精能力に差があるかを検証するため、天然雌の卵を2等分し、同一の雌の卵を用いて、人工生産した雄と天然の雄との受精卵をそれぞれ入手した。入手した卵は受精率を計測後、それぞれ同じ水量のふ化水槽（水量30L）に収容し水温約28°Cで管理し、ふ化率を算出するとともに、人工生産魚との受精卵から得られた仔魚につ

いては育成試験に用いた。

### 3) 人工生産魚の水溫別飼育試験

アカムツの飼育には 13°C前後の低水溫飼育が適しているが、雄が成熟するまでに3年を要する。高水溫飼育で成熟までの期間を短縮できるかを検証するため、11ヵ月齡の人工生産魚を 13°C、16°C、18°Cの水溫で飼育し、12ヵ月後の1歳11ヵ月齡で生殘率を算出し、各区5個体を取り上げて、全長、体長、体重の測定、目視による生殖腺の發達段階の確認と性別の判定を行った。その後2歳齡まで飼育を継続し、各区5個体を取り上げて生殖腺重量を測定し、雄については精子濃度を計測した。

## 【研究成果の概要】

### 1) 成熟年齡に達した天然雌個体の入手と飼育試験

2023年5月18日、5月25日、6月1日に佐渡海峡の水深200m等深線付近において、天然魚の釣りによる採集を実施し、16個体を採集した。採集時の水深は170~180m、表層水溫は15.8~18.5°Cであった。生存は7個体（生殘率43.8%）で、水溫12.5~14.8°Cで輸送し、水族館の施設内で飼育試験を開始した。死亡した9個体については、性別、全長、体長、体重、生殖腺重量指数（GSI）を計測し、雌雄ともに成熟サイズであることを確認した（表1）。水槽馴致の期間は2023年5月~2024年1月で、水溫は $12.3\pm 0.29^{\circ}\text{C}$ 、照度は1LUX以下であった。馴致期間中に2個体が死亡したが、生存した5個体の餌付きを確認した後、2024年2月から成熟試験に供した。水溫環境による成熟試験を実施するため、2月以降は生息環境に合わせて水溫を低下させることを計画し、2月については水溫 $9.33\pm 0.27^{\circ}\text{C}$ 、照度1LUX以下で飼育を継続した。

表1 成熟サイズの天然個体の生物精密測定の結果

採集日	性別	全長 (mm)	体長 (mm)	体重 (g)	生殖腺重量 (g)	生殖腺重量指数
5月25日	♂①	317	256	454	5.82	1.28
5月25日	♂②	324	263	497	3.09	0.62
5月25日	♂③	324	266	449	2.69	0.60
6月1日	♂④	216	177	166	1.50	0.90
6月1日	♂⑤	226	187	183	0.85	0.46
5月25日	♀①	311	259	462	7.58	1.64
5月25日	♀②	383	317	735	14.92	2.03
5月25日	♀③	435	367	1128	21.66	1.92
5月25日	♀④	296	241	341	6.17	1.81

2) 天然個体からの人工採卵

2023年9月9日、9月13日、9月30日に天然魚を用いた人工採卵を試みた。完熟卵を抱卵した雌は9月9日と9月13日に計8個体が得られた。生産用の人工授精は3ペアで実施し、得られた受精卵を富山県水産研究所へ輸送した。天然雌の完熟卵と人工生産雄および天然雄の精子を用いた人工授精を計3回行った。1回目は9月9日に実施し、生殖腺重量1.01g(生殖腺重量指数0.76)の人工生産雄と生殖腺重量43.98g(生殖腺重量指数3.82)の天然雄の精子を使い、それぞれ受精させた。受精率は、人工生産雄が93%、天然雄が92%、ふ化率は、人工生産雄が55%、天然雄が56%であり、両者で大きな違いは認められなかった。2回目と3回目は9月13日に実施し、天然雄は同じ個体の精子、人工生産雄は異なる個体の精子で人工授精を行った。2回目の人工生産雄(生殖腺重量0.35g、生殖腺重量指数0.24)の受精率は83%、天然雄(生殖腺重量4.13g、生殖腺重量指数2.08)の受精率は85%、ふ化率は、人工生産雄が12%、天然雄が31%であった。3回目の人工生産雄(生殖腺重量1.90g、生殖腺重量指数1.28)の受精率は83%、天然雄(生殖腺重量4.13g、生殖腺重量指数2.08)の受精率は76%、ふ化率は、人工生産雄が39%、天然雄が45%であり(表2)、全体として受精率には大きな差異はないものの、ふ化率については天然雄を用いた場合でやや高かった。人工生産魚との受精卵から得られた仔魚について、ふ化率の高かった1回目と3回目の個体を育成試験に供し、いずれも稚魚期までの育成が可能であった。ふ化率にはやや差が認められたが、人工生産魚の雄を人工授精に用いた場合でも生産および育成が可能であることを昨年度に続き確認した。

表2 寺泊沖の採卵結果

実施回	採卵日	オス (GSI)	メス (GSI)	搬入時				ふ化仔魚数	ふ化率
				総卵数	沈下卵数	浮上卵数	浮上卵率		
1	9月9日	人工 (0.76)	天然 (9.01)	137,400	9,000	128,400	93%	71,000	55%
		天然 (3.82)		89,600	7,600	82,000	92%	45,600	56%
2	9月13日	人工 (0.24)	天然 (7.79)	558,800	93,700	465,100	83%	56,500	12%
		天然 (2.08)	天然 (13.49) 天然 (13.19)	391,000	57,000	334,000	85%	102,800	31%
3	9月13日	人工 (1.28)	天然 (10.93)	323,000	54,000	269,000	83%	104,600	39%
		天然 (2.08)	天然 (10.26)	296,300	70,600	225,700	76%	101,600	45%

3) 人工生産魚の水溫別飼育試験

11ヵ月齡魚(全長:76.2±4.4mm、体長:61.4±4.0mm、体重:6.7±1.5g、n=10)を13°C(水量2.5m<sup>3</sup>、収容尾数500個体)、16°C(水量1m<sup>3</sup>、収容尾数200個体)、18°C

(水量 1m<sup>3</sup>、収容尾数 200 個体) の 3 区で、半閉鎖式ろ過循環で飼育した。12 ヶ月後 (1 歳 11 ヶ月齢) の生残率は、高水温の試験区ほど低かった。一方で、各区における 5 個体の測定を行った結果、成長については高水温の試験区ほど良好であった (表 3)。生殖腺については、13°C の試験区では紐状を呈していたため、性別の判定ができなかった。16°C、18°C の試験区では生殖腺の発達を確認され、性別が判定できた。生殖腺が発達し性別判定のできた個体はすべて雄であった。2 歳齢に達した後、各区 5 個体を取り上げ、生殖腺重量を測定した。生殖腺重量指数は、13°C 区では測定不能、16°C 区では 0.16~1.24、18°C 区では 0.29~0.84 であった。13°C 区は性別の判定ができなかったが、16°C 区、18°C 区はすべて雄であったため、精子濃度の計測を行った。精子濃度は、16°C 区と 18°C 区ともに 5 個体すべてが計測でき、16°C 区では 122 億 2,400 万~332 億 8,000 万个/ml、18°C 区では 154 億 4,880 万~247 億 400 万个/ml であった (表 4)。このように、高い水温で飼育した場合、低水温飼育に比べ、生残率はやや低い成長は良好であること、および生殖腺重量指数と精子濃度には 16°C 以上の飼育水温であれば大きな差は認められないことが示された。

表 3 12 ヶ月後の水温飼育試験結果

	13°C	16°C	18°C
水温 (2022年9月~2023年10月)	13.2±0.2°C	15.9±0.4°C	18.0±0.2°C
生残率 (2023年10月)	56%	46%	33%
全長 (n=5)	110.2±2.4mm	149.4±5.5mm	152.8±3.0mm
体長 (n=5)	86.4±2.9mm	121.2±4.5mm	123.0±2.9mm
体重 (n=5)	18.3±1.3g	54.8±5.9g	57.9±3.7g
性別 (n=5)	不明	すべて♂	すべて♂

表 4 2 歳齢の雄の生殖腺重量指数および精子濃度

	13°C	16°C	18°C
生殖腺重量指数 (n=5)	測定不能	0.16~1.24	0.29~0.84
精子濃度 (n=5)	---	122億2,400万~ 332億8,000万个/ml	154億4,880万~ 247億400万个/ml

【次年度以降に向けた提言】

本年度は、成熟年齢に達すると想定される天然の大型魚 (推定雌が 3 個体、推定雄が 2 個体) の水槽馴致と餌付けを計画通りに実施した。次年度は、水槽内で成熟、産卵させるための条件の探索を試みる予定である。新潟沿岸における天然魚は通常、

水深 200m 付近に生息し、成熟個体は産卵のために 8～9 月に浅所に移動してくることが確認されており、成熟条件には水温や照度が関係していると推測される。本年度、成熟年齢に達していると推測される個体が 5～6 月に得られ、採集深度は 170～180m であった。よって、6 月までは低水温を維持させる必要があると考えられる。天然魚の繁殖習性から、成熟条件は水温の変動に関連していると想定され、季節を基準にして移動水深を推測し、水温と照度を変動させる飼育試験の実施により成熟個体が得られる可能性がある。

人工生産魚の水温別飼育試験から、16°C 以上で飼育した場合において雄の成熟が早まることが確認された。これは、成熟雄の効率的な育成方法と雄の精子の安定確保に繋がる結果と判断できる。

昨年度に続き、人工生産雄から採取した精子を用いた人工授精を行い、受精卵の入手、ふ化した仔魚の稚魚期までの育成を行うことができた。船上での天然雄個体の入手が困難な場合も想定され、人工生産雄の精子を人工精漿で希釈して冷蔵保存すれば、船上での受精に使用可能である。ただし、生殖腺重量指数の低い個体でふ化率が低かったことから、次年度も受精試験を継続しデータを蓄積する必要がある。

## イ 種苗生産・中間育成技術の開発

### ①キンメダイの種苗生産技術の開発

静岡県水産・海洋技術研究所

石田孝行

#### 【目的】

キンメダイの仔魚飼育に関して、過去に20日間（高知県1999年）や18日間（日裁協1995年、静岡県2016年）の記録があるが、これを超える長期飼育例はなく、種苗生産においてふ化後の仔魚の飼育管理が課題となっている。本研究では仔魚の生存期間の長期化を目指し、産卵期に捕獲した親魚から人工授精を行い、初期餌料及び飼育環境等について検討する。

#### 【研究方法】

##### 1) 初期餌料の検討

2L角型プラスチック水槽にふ化仔魚約50～100尾を収容し、23°Cに空調設定した室内で止水飼育しながら、人工授精によりふ化させたマガキ幼生やSSワムシ（タイ株）を給餌し、仔魚の生残状況を観察した。

##### 2) 飼育環境の検討

走光性を把握するため、1)と同じ水槽に3日齢の仔魚約50尾を収容し、片側半分の4面を厚紙で覆って暗区（8lux）、反対側の解放部分を明区（室内照明666lux）とし、30分静置した後の仔魚の分布を観察した。2回目以降は場所を交換し、計3回繰り返した。

止水飼育における水質悪化対策として、前年度の塩酸オキシテトラサイクリンに替わる新たな抗生物質（ペニシリンGカリウム、ストレプトマイシン）を添加して仔魚の生残状況を観察した。

##### 3) 沈降死対策

前年度の仔魚飼育では、ふ化後1週間前後から多くの仔魚が水槽底部に沈降し、

衰弱して死亡する状況がみられた。これら沈降死の対策として、弱い回転流を伴うクラゲ鑑賞用水槽（2.5L）やクライゼル水槽（6L）の他、容量の大きなアルテミア孵化槽（100L）を用いて仔魚を飼育した。4日齢から栄養強化ワムシを給餌し、生残状況を観察した。

## 【研究成果の概要】

### 1) 初期餌料の検討

給餌試験の結果を表1に示した。給餌の際は仔魚が啄む様な行動が観察されたほか、顕微鏡観察により消化管内への取り込みが確認されたが、各区の最長生存日数は6～8日間であった。無給餌区と給餌区でほとんど差が無いことから、摂餌量が十分でなかったか、摂餌しても消化吸収されていない可能性が示唆された。

表1 給餌試験の結果

試験開始日	餌料の種類	給餌開始	消化管内	最長生存日数
8月3日	無給餌			8日齢
	マガキ幼生	7日齢	有	8日齢
9月27日	無給餌			7日齢
	ワムシ(栄養強化なし)	3日齢	有	6日齢
	ワムシ(栄養強化1)	3日齢	有	7日齢
	ワムシ(栄養強化2)	3日齢	有	6日齢

### 2) 飼育環境の検討

3回の平均で明区に分布した仔魚は41.7尾、暗区は2.3尾であり、この時期の仔魚は明るい方へ集まりやすく、正の走光性を持つことが確認された。

9月以降の仔魚飼育から、飼育海水にペニシリンGカリウム（6μg/L）とストレプトマイシン（12μg/L）の添加する方法に切替えたが、以降の飼育で水質悪化等の問題は発生しなかった。

### 3) 沈降死対策

水槽形状による仔魚の飼育結果を表 2 に示した。一部の水槽は自然水温で流水飼育したため、9月21日のクライゼル水槽は水温 25.4~28.0℃、10月6日のクライゼル水槽とアルテミア孵化槽は水温 23.1~24.3℃で推移した。多くの水槽で4~5日齢までの仔魚は良好に浮遊し、ワムシの摂餌も確認されたが、その後、徐々に活力が低下し、底面に沈んで死亡する個体が増えた。全ての試験区の中で最長の生存日数は10日間であった。

クラゲ鑑賞用水槽(図1)やクライゼル水槽(図2)を使った飼育では、回転水流による浮遊分散効果は見られたが、5日目以降は底面に着底する個体が増え(図3)、生存日数の長期化には至らなかった。



図1 クラゲ鑑賞用水槽



図2 クライゼル水槽

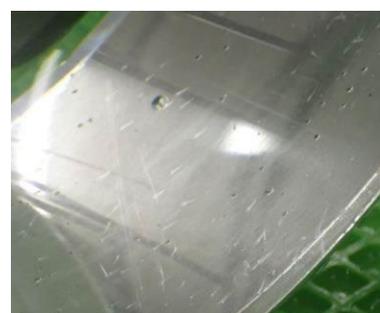


図3 水槽底面に沈む仔魚

表2 水槽形状による仔魚の飼育結果

採卵・受精日	水槽形状	容量	収容尾数	飼育水	水温(℃)	最長生存日数
8月30日	ビーカー	1.0L	約50尾	止水	22.0~23.0℃	9日齢
	クラゲ鑑賞水槽	2.5L	約100尾	止水	22.0~23.0℃	10日齢
9月7日	クラゲ鑑賞水槽	2.5L	約50尾	止水	22.0~23.0℃	7日齢
	角型プラスチック	1.3L×4槽	約50尾	止水	22.0~23.0℃	7日齢
9月21日	クラゲ鑑賞水槽	2.5L	約50尾	止水	22.0~23.0℃	7日齢
	角型プラスチック	1.3L×4槽	約50尾	止水	22.0~23.0℃	7日齢
	クライゼル水槽	6.0L	約100尾	流水	25.4~28.0℃	5日齢
10月6日	クラゲ鑑賞水槽	2.5L	約50尾	止水	22.0~23.0℃	8日齢
	角型プラスチック	15.0L×4槽	約50尾	止水	22.0~23.0℃	8日齢
	クライゼル水槽	6.0L	約100尾	流水	23.1~24.3℃	8日齢
	アルテミア孵化水槽	100L	約200尾	流水		5日齢

### 【次年度以降に向けた提言】

初期餌料や水槽形状の検討で、最長 10 日間の生存を確認したが、昨年度の 9 日間に比べて生存日数を大きく延ばすには至らなかった。

一方、別事業で実施した共同研究では、静岡県調査船「駿河丸」で船上人工授精した受精卵を東京海洋大の館山ステーションに搬送し、栄養強化ワムシを給餌して飼育したところ、33 日齢までの生存を確認した。また、25 日齢の仔魚の脂肪酸分析では全脂肪酸中の DHA 含有率が 4.6%であり、成魚の筋肉中の DHA 含有率 13%と比べて著しく低く、仔魚体内の DHA が不足していた可能性が示唆された。(2024 年 3 月の水産学会で東京海洋大が発表予定)。

上記の事例から、栄養強化ワムシを中心とした初期餌料の検討により長期生存の可能性が示唆され、今後は仔魚に十分量のワムシを摂餌させ、DHA 含量をより高く維持するための給餌、飼育技術の開発が課題となる。また、これまで早朝に捕獲した親魚を採卵に供していたが、「駿河丸」の事例は夜半前に釣獲した親魚から採卵しており、33 日齢生存の要因の一つとして、キンメダイの良質卵を得る上で親魚の捕獲及び採卵の時間帯が重要なタイミングだった可能性が推察されている。このため、「ア 親魚養成及び人工授精技術の開発」においても、これらの時間帯を意識した計画を立てる必要がある。

## イ 種苗生産・中間育成技術の開発

### ②アマダイ類の種苗生産技術の開発

公益社団法人山口県栽培漁業公社

桶屋幸司

#### 【目的】

消費者のニーズが高く、漁業者からの種苗生産に対する要望が強いアマダイ類の種苗量産技術の開発を促進させることを目的とする。

アマダイ類の種苗生産では、精子の凍結保存方法や人工授精技術、ウイルス性疾病の防除技術が開発され、数10万尾の生産が可能となったが、採卵用の親魚を天然魚に依存しているため必要な数量の受精卵を安定して確保できる状態にはなっていない。仔稚魚の飼育では、光条件や通気量を調整することで飼育初期の生残率をある程度高めることができるようになったが、ヒラメ等に比べて放流までの飼育期間が長いことから生産コストが高く、生産の省力化や低コスト化が求められている。

そこで、シロアマダイとアカアマダイでは成熟個体（天然親魚）を用いて従来法による人工授精を行い、得られた受精卵から種苗生産し、シロアマダイについては全長3cmサイズの種苗を25,000尾生産し、山口県水産研究センターが実施する試験放流に用いる種苗を生産する。アカアマダイについては、全長3cmサイズの種苗を生残率30%以上、飼育密度2,000尾/kLで安定的に生産する技術を開発するとともに、生産した全長3cmサイズの種苗を用いて閉鎖循環式飼育システムによる中間育成を実施し、適正な飼育密度や水温等を明らかにし、全長7cmの種苗を高密度で飼育可能な中間育成技術を開発する。

中間育成の目標は全長7cmサイズの放流種苗を生残率95%以上、700尾/m<sup>2</sup>（450尾/kL）以上の密度で生産するシステムを開発し、生産コストを従来の1/2以下に削減することである。

#### 【研究方法】

##### (1) 種苗生産技術の開発

###### 1) シロアマダイ試験放流用種苗の生産

山口県水産研究センターが成熟個体（天然親魚）から人工授精により5月6日から5月7日にかけて採卵した受精卵を一晩微流水で育卵し（育卵水温20℃）、翌日、胚体を確認した後、浮上卵を0.5ppmのオキシダント濃度に調整した電解殺菌海水で1分間消毒し、受精卵156千粒を50kL八角形水槽に収容してふ化させた。92千尾がふ化し（全長2.2mm）、ふ化率は59%であった。

飼育水は、紫外線殺菌砂ろ過海水を使用した。換水は、日齢2から10%で開始し、以降は注水量を徐々に増加させた。飼育水温は、21℃に設定し、自然水温が21℃を上回った時点からは自然水温とした。通気は、水槽底面8ヵ所に固定したユニホース

8本と水槽中央部に設置したユニホース1本から行った。また、開鰓させるため日齢3～10に水面の油膜除去を行った。電照は、150w形LEDレフランプ電灯6基を水槽上部に設置し、日齢2から取り上げまで24時間行った。

餌料は、S型ワムシ、アルテミア幼生、配合飼料とした。S型ワムシの給餌は、日齢2から開始し、日齢23に終了した。栄養強化は市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラで栄養強化した。アルテミア幼生は、市販の天然のDHAを含んだシドキトリウムで6時間栄養強化し、日齢19から日齢50まで給餌した。配合飼料は、日齢25から給餌を開始し、仔稚魚の成長に応じて増量し、粒径も大きいものに変更した。飼育水槽への藻類添加は、市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラを日齢2から日齢42まで添加した。

## 2)アカアマダイ種苗生産技術の開発

成熟個体(天然親魚)を9月29日から9月30日に雌88尾、雄7尾、10月14日に雌18尾、雄3尾を購入し、雌にはヒト胎盤性生殖腺刺激ホルモンHCG(以下、HCG)を打注し、活魚籠に入れ、水温20℃に調整した屋内コンクリート水槽に収容した。雄は精巢を摘出し人工精漿中で細片し、精巢重量の50倍の人工精漿で希釈し精子抽出液を作製した。精子抽出液は、冷蔵庫内に4℃で保存した。

採卵は、HCGを打注し、48、72時間後の10月1日から10月3日、10月16日から10月17日に実施した。採卵方法は人工授精法とし、雌1尾ずつから卵を搾出後、冷蔵精子を滴下し媒精を行い、受精卵を200ℓアルテミア孵化槽に収容した。5日間の採卵で2,003千粒の受精卵を得た。

浮上卵を200Lアルテミア孵化槽内で再浮上させた後、500Lポリカーボネート水槽に収容し、0.7L/分の通気をし、一晩止水で育卵した(育卵水温23℃)。翌日、胚体を確認した後、浮上卵を0.5ppmの濃度に調整した電解殺菌海水で1分間消毒し、50kL八角形水槽に収容し、ふ化させた。

飼育水は、紫外線殺菌砂ろ過海水を使用した。換水は、日齢3から10%で開始し、以降は注水量を徐々に増加させた。飼育水温は、23℃に設定した。

通気は、水槽底面8カ所に固定したユニホース8本と水槽中央部に設置したユニホース1本から行い、各通気管には流量計を取り付け調整した。通気量は側面の通気を0.3～1.0L/分とした。また、開鰓させるため日齢3～10に水面の油膜除去を行った。

電照は、150w形LEDレフランプ電灯8基を水槽上部に設置し、日齢2から取り上げまで24時間行った。

餌料は、S型ワムシ、アルテミア幼生、配合飼料とした。S型ワムシの給餌は、日齢2から開始し、日齢27に終了した。栄養強化は市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラで栄養強化した。アルテミア幼生は、市販の天然のDHAを含んだシドキトリウムで6時間栄養強化し、日齢18から日齢47まで給餌した。配合飼料は、日齢21から給餌を開始し、仔稚魚の成長に応じて増量し、粒径も大きいものに変更した。

飼育水槽には市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラを日齢 2 から日齢 47 まで添加した。

(2) 閉鎖循環式飼育システムによるアカアマダイの中間育成

- 1) 大型水槽を用いた飼育では、12 月 13 日に 30kL 角形水槽に平均全長 42.8mm の稚魚 14 千尾を収容し、収容時の飼育水温は 20°C とし、全長 50mm からは水温を徐々に降下させ全長 60mm 以降では水温を 17°C とし、飼育水は 80% 海水とした。飼育密度は 730 尾/m<sup>2</sup> (467 尾/kL)。電照は 60w 形 LED 電球 2 基を水槽上部に設置し開始し、日齢 100 からは 20w 形 LED 電球 2 基に変更し、取り上げまで 24 時間行った。
- 2) 小型水槽を用いた飼育では、12 月 13 日に 500ℓ 円形水槽に平均全長 42.8mm の稚魚 500 尾を収容し、収容時の飼育水温は 20°C とし、全長 50mm からは水温を徐々に降下させ全長 60mm 以降では水温を 17°C とし、飼育水は 80% 海水とした。飼育密度は 778 尾/m<sup>2</sup> (1,157 尾/kL)。電照は 20w 形 LED 電球 1 基を水槽上部に設置し、取り上げまで 24 時間行った。

【研究成果の概要】

(1) 種苗生産技術の開発

1) シロアマダイ試験放流用種苗の生産

ふ化仔魚収容尾数は 92 千尾で、飼育開始密度は 1,840 尾/kL であった。56~57 日間の飼育で平均全長 46.0mm の稚魚 70 千尾を取り上げた。生残率は 76.0% で、飼育密度は 1,400 尾/kL であった。日齢 10 における 開鰓率は 100% であった。

2) アカアマダイ種苗生産技術の開発

ふ化仔魚収容尾数は 723 千尾で、飼育開始密度は 3,020~4,980 尾/kL であった。50~63 日間の飼育で平均全長 38.2~46.1mm の稚魚 228 千尾を取り上げた。平均生残率は 31.5% で、飼育密度は 940~1,380 尾/kL であった。

(2) 閉鎖循環式飼育システムによるアカアマダイの中間育成

- 1) 大型水槽では、12 月 13 日から 1 月 28 日まで中間育成を行い、平均全長 72.32mm の稚魚を 13.95 千尾取り上げた。生残率は 99.7% であった。

平均日間成長は 0.64mm/日 ※1.38 万尾収容した R4 は 0.74mm/日 (これまでの平均日間成長 0.23~0.7mm/日 (H29~R4))。

- 2) 小型水槽では、12 月 13 日から 1 月 28 日まで中間育成を行い、平均全長 76.18mm の稚魚を 483 尾取り上げた。生残率は 96.6% であった。

平均日間成長は 0.73mm/日 ※これまでの平均日間成長 0.25~0.67mm/日 (R2~R4)。

- 3) 閉鎖循環式飼育システムでの飼育期間中は従来型の中間育成 (流水飼育) と比較し、加温費用が 1/2 以下となった。

### 【次年度以降に向けた提言】

シロアマダイの試験放流用種苗の生産では、今年度、受精卵がある程度確保できたことにより、46.0mm の種苗 7 万尾を生産することができた（生残率 76.0%）。安定的に受精卵を得ることが課題である。

アカアマダイ種苗生産技術の開発では、近年、山口県沖での採卵最盛期である 9 月下旬から 10 月初旬頃の水温、気温が非常に高く、飼育適正水温の維持が課題となっている。

アカアマダイ中間育成技術の開発（全長 70mm サイズ（生残率 95%以上）30kL 水槽（長方形）、500L 水槽（円形）を用い、これまでの試験結果を基にして飼育し、運用上の問題点の抽出と改善に取り組むでは、以下の 4 点

#### ①配管・水槽からの水漏れ（劣化・老朽化等）

- ・閉鎖循環飼育開始前に配管・水槽の点検

#### ②配合飼料給餌による飼育水の濁り→ろ材の目詰まり

- ・配合飼料のメーカーを C 社から N 社に変更→濁り軽減→目詰まり軽減

#### ③30kL 水槽（長方形 RC 製）

- ・これまでの平均日間成長 0.23～0.74mm/日（H29～R4）

今年度は 1.4 万尾を収容(飼育密度 730/m<sup>2</sup> (467 尾/ kL)、平均日間成長 0.64mm/日

#### ④500L 水槽（円形 FRP 製）

- ・これまでの平均日間成長 0.25～0.67 mm /日（R2～R4）

今年度は 500 尾を収容(飼育密度 778 尾/ m<sup>2</sup> (1,157 尾/kL)、平均日間成長 0.73mm/日

中間育成での収容尾数については、成長・種苗性を考慮して再検討する。

## イ 種苗生産・中間育成技術等の開発

### ②アマダイ類の種苗生産技術の開発

一般財団法人 宮崎県水産振興協会

甲斐晴貴

#### 【目的】

全長 30mm のアマダイ類の種苗を飼育密度 2,000 尾/KL、生残率 30%以上で安定的に生産し、放流サイズ（全長 70mm）まで高密度で飼育する技術を開発するため、『採卵用親魚を大量確保する方法の確立』、『種苗生産技術の開発』の 2 課題について取り組む。

『採卵用親魚を大量確保する方法の確立』では、親魚運搬及び採卵、卵消毒技術の習得を目的とした。『種苗生産技術の開発』では、異常行動の発生及び共喰いによる減耗を抑制するため、収容密度を変えた比較飼育試験を行い、より健苗性の高い生産方法を探ることを目的とした。

#### 【研究方法】

##### 1. 採卵用親魚を大量確保する方法の確立

今年度はアカアマダイの親魚採捕を 10 月に 2 回行った。得られた活魚は現地でホルモン打注（HCG300IU/kg）を行い、宮崎県水産試験場に輸送し、後日採卵に供した。オスは鮮魚を購入し、精巢を摘出して精子抽出液を作製した。また、オスのみ個別に脳と網膜をサンプリングし、VNN ウイルスの検査を行い、陰性個体の精子抽出液のみを媒精に使用した。

採卵はホルモン打注から 48 時間、72 時間、96 時間後を目安に搾出法で行い、得られた卵は受精させた後、200L アルテミアふ化槽に収容し、一晚卵管理した。翌日、胚体形成後に有効オキシダント濃度 0.5ppm の電解殺菌海水で 1 分間卵消毒を行い、ウナギ袋に収容して宮崎県水産振興協会（以下、「協会」という）に輸送した。

協会到着後、水温馴致を行い 30L パンライトに移し替えた後、浮上卵を密度法で計数した。

##### 2. 種苗生産技術の開発

###### （1）種苗生産について

飼育水槽は屋内 40KL 角形水槽（7×3×2m、コンクリート製）3 槽（以下、「A-5、A-6、A-7」という）を使用した。自然光による照度変化を防ぐため水槽上面、側面を寒冷紗で覆い完全遮光を施し、24 時間電照を行った。

電照は 100W と 150W の白色 LED ライトを各 5 個ずつ、スズランコードを用いて水槽中央に 1 列に設置し、水面から約 100cm になるように高さを調整した。

飼育水は光触媒併用急速殺菌活水化装置（機種名：アクロス）で処理したろ過海水を



が確認できなかったため、宮崎県水産試験場が保有していた凍結精子を解凍して使用した。また、卵管理時の水温が設定値よりも低く、翌朝、発生が進んでいなかったため、廃棄した。20日の採卵では60.0千粒の浮上卵を得た。浮上卵率は28.7%であった。

2回目の親魚採捕は、10月23日～25日の3日間行い、活魚76尾、鮮魚46尾を確保した。採卵は10月25日から3日間行い、275.0千粒の浮上卵を得た。平均浮上卵率は38.7%であった。なお、2回目の採卵では凍結精子ではなく、精子抽出液を使用した。

今年度は良質な卵を確保することを目的とし、卵管理に使用するパンライトの容量をこれまでの120Lから200Lに変更した。また、浮上卵分離をこれまでの1回から2回に増やした。

表2 採卵結果

採卵日	卵重量 (g)	総卵数 (千粒)	浮上卵 (千粒)	沈下卵 (千粒)	浮上卵率 (%)
10月18日	95.1	131.0	-	131.0	0
10月20日	148.3	209.0	60.0	149.0	28.7
10月25日	53.9	91.0	25.0	66.0	27.5
10月26日	114.3	192.0	75.0	117.0	39.1
10月27日	115.8	272.0	115.0	157.0	42.3
合計	527.4	895.0	275.0	620.0	-
平均	175.8	298.3	110.0	206.7	27.5

## 2. 種苗生産技術の開発

### (1) 種苗生産結果

種苗生産結果を表3、成長曲線を図1に示す。

今年度は、2回の採卵で得られた受精卵を3水槽に分けて収容した。10月20日に得られた浮上卵60.0千粒をA-6に収容した。10月25日に得られた浮上卵25.0千粒と翌26日に得られた浮上卵75.0千粒、合計100.0千粒はA-7に収容した。10月27日に得られた浮上卵115.0千粒はA-5に収容した。A-6では19.0千尾がふ化し、ふ化率は31.7%、飼育開始密度は475尾/KLであった。A-7では49.0千尾がふ化し、ふ化率は49.0%、飼育開始密度は1,225尾/KLであった。A-5では75.0千尾がふ化し、ふ化率は65.2%、飼育開始密度は1,875尾/KLであった。

各水槽とも、開鰾は4～5日齢から始まり、開鰾率は10日齢までに70%と例年に比べ低く、開鰾率が90%～100%に達したのは15日齢頃であった。また、ワムシ摂餌率は6日齢までに100%に達した。

A-7において、11月10日(14、13日齢)のへい死魚にガス病等の環境性疾病が原因と推測される、腹部膨満、眼球突出の症状が現れ、この症状はA-5、A-6においても11月16日(A-5:18日齢、A-6:25日齢)に観察された。なお、A-6では生残尾数が減少したため、28日齢で生産を中止した。へい死魚における、腹部膨満、眼球突出の症状

は 30 日齢頃まで継続して観察されたが、暫くすると、自然終息した。

A-7 では、33 日齢に稚魚の蝟集を抑制し、分散させることを目的として、直径約 5mm のロープを 27 本、等間隔になるように垂下した。ロープはほぼすべての個体が着底した 75 日齢に全て撤去した。

75 日齢から両槽ともに遮光幕を徐々に撤去し、日中の照度変化への馴致を行った。遮光幕の撤去は急激な照度変化が生じないようにするため、曇りか雨の日の朝方または夕方に実施した。電球の撤去も暗幕の撤去と同時進行し、95 日齢頃に 24 時間電照を終了した。

取り上げは 12 月 7 日 (A-5 : 101 日齢、A-7 : 103、102 日齢) に実施し、重量法を用いて尾数を把握した。A-5 では 8,540 尾を取り上げ、ふ化仔魚からの生残率は 11.4%、取り上げ密度は 214 尾/KL であった。A-7 では 13,000 尾を取り上げ、ふ化仔魚からの生残率は 26.5%、取り上げ密度は 325 尾/KL であった。

取り上げまでの飼育期間中において、両水槽ともに大量へい死は発生しなかったが、生残率に約 15%の差が出た要因として、A-5 では 3~4 日齢頃の浮上へい死が他水槽と比べて多く、これが生残率の差に影響したと考えられた。

2 月 18 日 (A-5 : 110 日齢、A-7 : 113、112 日齢) から、滑走細菌症が原因と考えられるへい死が増加し、飼育環境の改善をしたが、症状の改善は見られず、ダラダラとへい死が継続した。2 月 25 日にはへい死魚および瀕死魚に、鰾の膨満、横臥位等の症状が現れ、ウイルス性疾病の可能性を疑ったが、ウイルス、細菌等は検出されず、鰓に脂球が観察されたことから、推定原因として脂質異常が考えられた。

表 3 種苗生産結果

	A-5	A-6	A-7
卵収容日	10/28	10/21	10/26、10/27
卵収容数 (千粒)	115.0	60.0	25.0、75.0
ふ化仔魚数 (千尾)	75.0	19.0	49.0
ふ化率 (%)	65.2	31.7	49.0
開始時水槽 (KL×槽)	40×1	40×1	40×1
開始密度 (尾/KL)	1,875	475	1,225
飼育水温 (°C)	24.3~16.4	-	22.7~16.4
開鰾率 (%)	~100 (15日齢)	-	~100 (15日齢)
摂餌率 (%)	100 (6日齢)	-	100 (6日齢)
取り上げ日齢	101	-	113,112
取り揚げ尾数 (尾)	8,540	-	13,000
取り揚げ密度 (尾/KL)	214	-	325
生残率 (%)	11.4	0	26.5
備考	3~4日齢の浮上へい死が 他水槽に比べ多い	-	-

※ふ化率はふ化仔魚数/卵収容数×100で計算した値

※A-6は尾数減のため、28日齢で生産を中止



図 4 成長曲線

【次年度以降に向けた提言】

親魚採捕においては、当初、良質な卵を確保することを目的として、繁殖盛期である9月に親魚採捕を実施する計画であったが、海面水温が約30℃と高く、漁場との水温差による親魚へのダメージを考慮し、10月に延期した。

例年、親魚採捕時期が不安定であり、それに伴い種苗生産時期も安定しないことから、人工魚の親魚養成技術の早期開発及び関係機関での受精卵の受け渡し体制を構築することが必要である。また、浮上卵率、ふ化率ともに低く、採卵及び卵管理方法についても検討する必要がある。

種苗生産においては、採卵量が少なかったため、計画していた、収容密度を変えた比較飼育試験を実施することができなかった。収容密度の違いによる比較飼育試験は卵をある程度入手することが前提となるため、次年度は比較試験の内容を再検討する必要がある。

また、取り上げ後にスレ及び脂質異常が原因と考えられる、へい死が継続して発生したため、取り上げ後の飼育方法、配合飼料の栄養面の見直しについても検討する必要がある。

## イ 種苗生産・中間育成技術の開発

### ③アカムツの種苗生産技術の開発

富山県農林水産総合技術センター水産研究所

福西悠一

#### 【目的】

飼育に適した環境条件等を明らかにし、全長 5cm の稚魚を短期間で効率的に量産する技術を開発する。メスホルモンと似た働きをする大豆イソフラボンの給餌等により、メスを作成する技術を開発する。

#### 【研究方法】

##### 1) 人工授精による採卵

(新潟での採卵は、新潟市水族館マリニア日本海と共同実施)

採卵は、富山県富山市沖では令和 5 年 9 月 13 日に 1 回、新潟県長岡市沖では 9 月 9 日に 1 回 (富山県水産研究所の参加回数) 行った。刺網漁に同行し、船上で完熟卵を持つメスの腹部から卵を搾出し、乾導法により人工授精を行った。

##### 2) 種苗生産試験

富山産のふ化仔魚 85,600 尾を 5m<sup>3</sup> 丸型 FRP 水槽 (水量 4 m<sup>3</sup>) 1 水槽に収容し、種苗生産試験を開始した。仔魚の餌料であるワムシ (S 型、L 型) はスーパー生クロレラ V-12 (クロレラ工業株式会社)、プログロスリッチパウダー (株式会社 USC) およびタウリンで栄養強化した。アルテミアはプログロスリッチパウダーで栄養強化した。飼育水にはナンノクロロプシスおよびスーパー生クロレラ V-12 を添加した。配合飼料は海産仔稚魚用アンブローズ (フィードワン飼料株式会社) を使用した。底質改善を目的に、貝化石を水槽内に散布した。また、水質改善を目的に、アクアリフト (アクアサービス株式会社) を飼育水槽内に吊るした。

##### 3) メスを増やす技術の開発「大豆イソフラボン給餌試験」

アカムツの種苗生産では、人工生産魚の性別が極端にオスに偏ることが問題となっている。そこで本試験では、メスホルモンと類似した働きをすると考えられている大豆イソフラボンを仔稚魚に与えることにより、種苗のメスの割合を増加させることを目的とし、以下の 2 つの試験を実施した。

###### ① 大豆イソフラボンを展着した配合飼料の給餌試験 (令和 4 年度より継続)

配合飼料にフィードオイルで大豆イソフラボンを展着し、メス化に効果があると考えられるゲニステインの濃度を A 区:1000μg/g、B 区:100μg/g、対照区: 0μg/g (フィードオイルのみ) に設定した。500L 水槽 (各区 2 試行) に 32 日齢の稚魚 (TL:12±1mm、BW:0.03±0.008g) を 500 尾ずつ収容して試験開始とし、種苗の放流サイズとしている全長約 5cm になった 129 日齢 (TL:52±4mm、BW:2±1g) までイソフラボンを含有

した餌を給餌した（令和4年度実施）。130日齢以降は、いずれの区にもイソフラボンを含まない配合飼料を給餌し、令和5年度も継続して飼育した。242日齢時に水槽のサイズを500Lから2tに変更した。396日齢時に各区から15尾ずつ取り上げ（TL:105±7mm, BW:20±4g）、ブアン液で固定した後、70%エタノールで置換した。生殖腺をパラフィン包埋し、厚さ6μmに薄片後、ヘマトキシリン-エオシン染色による二重染色を行い、連続組織切片標本を作製して観察した。また、生殖腺がより発達した494～496日齢時に各区から合計60尾ずつ取り上げて（TL:118±8mm, BW:28±6g）、生殖腺を肉眼及び顕微鏡下で観察することにより性別を判定し、大豆イソフラボンを与えることによりメスの割合が増加したか検証した。

#### ② 大豆イソフラボンで栄養強化したアルテミアの給餌試験

試験区を、栄養強化剤（プログロスリッチパウダー）と大豆イソフラボンで栄養強化したアルテミアを給餌するイソフラボン区と、栄養強化剤のみで栄養強化したアルテミアを給餌する対照区の2区設定した。各区2水槽とし、5m<sup>3</sup>丸型水槽（水量4m<sup>3</sup>）と3.6m<sup>3</sup>（水量m<sup>3</sup>）ユーロタンクを1つずつ使用した。新潟産のふ化仔魚92,400尾を試験に用い、6,600尾/m<sup>3</sup>の密度で各水槽に収容した。仔魚の飼育方法は、アルテミアの栄養強化を除き、種苗生産試験に準じた。仔魚へのアルテミア給餌は18日齢から開始し、0.2～0.9個体/mLの密度で1日に2回給餌した。

#### 4) アカムツ親魚のPITタグ装着試験（新潟市水族館マリニピア日本海と共同実施）

本試験では、アカムツ親魚を個体識別するためにPITタグの装着が有効か検証することを目的とした。

飼育試験は、富山県農林水産総合技術センター水産研究所で行った。供試魚には、アカムツの人工生産魚（年齢:3歳+, TL:198±10mm）を用い、令和5年7月19日に試験を開始した。PITタグは、Biomark社製のBIO9（9×2.1mm、0.06g、134.2kHz）を使用した。試験区は、腹部の正中線上にメスで数ミリの切り込みを入れてPITタグを腹腔に挿入する標識区、同様に腹部を切り、何も挿入しない対照区を設定した。供試魚の数は各区20尾とし、合計40尾を試験に用いた。試験魚は、200mg/Lに調整したFA100を用いて麻酔し、全長と体重を測定した後、角型の施術容器に入れたスポンジの間に腹部を上にして収容した。また、試験魚が施術中に弱ることを防ぐため、口元からビニールチューブを用いて海水を供給した。腹部をメスで切り、専用のインジェクターを用いてPITタグの挿入を行った。また、試験終了時に標識区と対照区を外見から判断するため、試験魚の腹鰭の片方をハサミで根本から切除した（標識区:左切除、対照区:右切除）。施術が終了したら、標識区と対照区の試験魚を同じ飼育水槽（円形FRP水槽5m<sup>3</sup>）に収容した。配合飼料を給餌して197日間飼育を行った。令和6年1月31日に取上げ、全長と体重を測定し、標識残存率および生残率を求めた。

## 【研究成果の概要】

### 1) 天然魚の人工授精による採卵

富山市沖の採卵結果の概要を表1に示した。受精卵は、9月13日に計3尾から得られた。総卵数は、134,400～210,800個、ふ化仔魚数は、19,200～128,400尾、ふ化率は、39～69%であった。得られたふ化仔魚の合計尾数は186,000尾であった。得られた仔魚のうち、85,600尾を用いて種苗生産を行った。

9月9日に行った長岡市沖の採卵で、富山県水産研究所に持ち帰った受精卵の結果概要を表2に示した。総卵数は、65,200～187,500個、ふ化仔魚数は、7,200～118,800尾、ふ化率は、18～66%であった。得られたふ化仔魚の合計尾数は、171,600尾であった。得られた仔魚のうち、92,400尾を用いて大豆イソフラボンで栄養強化したアルテミアの給餌試験を行った。

### 2) 種苗生産試験

種苗生産の飼育初期は順調に成長していたが、仔魚期の24日齢から大量へい死が発生し、翌日になっても収まらなかった。今年度は夏季の水温が例年より2度ほど高かった影響もあり、水質の悪化が著しかったことから、26日齢時に底掃除を行ったが、回復する兆しはなく30日齢で全滅した。

### 3) メスを増やす技術の開発「大豆イソフラボン給餌試験」

#### ① 大豆イソフラボンを展着した配合飼料の給餌試験（令和4年度より継続）

396日齢時の生殖腺の組織切片（写真1、a：メス、b：オス）を観察したところ（n=90）、細胞や形状から性別の判定が可能であった。卵巣は、メスに特徴的な卵巣薄板構造をしており、卵母細胞が観察された。精巣では、精原細胞や精子が確認された。組織切片の観察により求めた各区のメスの割合は、A区が6.7%（A-1:0%、A-2:13.3%）、B区が0%（B-1:0%、B-2:0%）、対照区が0%（対照-1:0%、対照-2:0%）であった。

494～496日齢時の生殖腺を肉眼および顕微鏡下で観察し、性別を判定したところ（n=360）、各区のメスの割合は、A区が9.2%（A-1:8.3%、A-2:10%）、B区が0%（B-1:0%、B-2:0%）、対照区が0%（対照-1:0%、対照-2:0%）であった。A区でのみメスが出現する傾向は、組織切片と肉眼観察の結果の両方でみられ、A区全体のメスの割合に大きな相違はなかった。組織切片による性判定では、A-1でメスが出現せず、この点においては肉眼観察の結果と一致しなかったが、これは組織切片の検体数が15匹と少なかったためであると考えられる。

以上の結果より、配合飼料に大豆イソフラボンをゲニステインが1000 $\mu$ g/gになるようにフィードオイルで展着してアカムツの稚魚に給餌することにより、メスの割合を増やせることが示唆された。本種の性分化時期は不明であるが、大豆イソフラボンを展着した配合飼料を与えた時期（稚魚期、TL:12～52mm）にオス化せずにメスに分化することが可能な範囲の一部が含まれていると考えられた。

## ② 大豆イソフラボンで栄養強化したアルテミアの給餌試験

イソフラボン強化したアルテミアを給餌して4日後の22日齢時に、イソフラボン区の3.6 m<sup>3</sup>水槽において大量へい死が発生し、26日齢時にほぼ全滅となった。また、32日齢時にイソフラボン区の5 m<sup>3</sup>水槽においても大量へい死が始まり、攻撃性の増加、鰓の肥大による浮上死、旋回へい死、摂餌不良などの症状が現れ始めた。対照区の2水槽についても同様の症状が36日齢から見られた。魚病の発生を疑い、検査を行ったところ、全ての水槽でウイルス性神経壊死症(VNN)陽性となったことから、試験を終了し、死魚および生残していた個体約7,000尾を適切に処分した。種苗生産試験の仔魚については、VNNの検査をする前に全滅してしまったが、同様にVNNにより死亡した可能性が高いと考えられる。

## 4) アカムツ親魚のPITタグ装着試験(新潟市水族館マリニピア日本海と共同実施)

試験終了時の結果を表3に示した。標識区のPITタグは20尾中17尾で残存しており、標識残存率は85%と高い値を示した。標識が残存していた全ての個体において、PITタグリーダーを用いて個体識別番号を読み取ることが可能であった。3個体でタグの脱落が認められたが、取上げ時には、全ての個体で傷口が治癒していたことから、傷口が塞がるまでの間に抜け落ちた可能性が高いと考えられる。生残率は、標識区が80%、対照区が90%と高い値を示し、両区間に有意な差は認められなかった( $P>0.05$ 、カイ二乗検定)。したがって、PITタグを腹腔に挿入することにより、生残率は低下しないことが示唆された。標識区と対照区の全長と体重は、それぞれ214±8 mm; 184±29 g、213±9 mm; 182±23gとなり、両区間に有意な差はみられなかった( $P>0.05$ 、t検定)。また、両試験区とも試験開始時の全長と体重の値と比較して有意に大きい値を示した( $P<0.05$ 、t検定)。したがって、麻酔や腹部を切ったことが成長に及ぼす影響はわからないが、PITタグの装着により成長は遅延しないことが示された。

以上の結果より、アカムツ親魚においてPITタグの腹腔への装着は、個体識別に有効であると考えられた。今後は、標識残存率をより高めるためにPITタグを挿入した傷口を糸で縫合する方法も検討すべきであるが、アカムツはハンドリングに弱いことから、手術によって生残率が低下する可能性も考えられるため、注意が必要である。

## 【次年度に向けた提言】

今年度は、昨年度から継続した大豆イソフラボンを配合飼料に展着させ稚魚に給餌する試験により、メスの割合を増やすことに初めて成功した。来年度はメスの割合を50%まで増やすことを目標に、適切な大豆イソフラボンの濃度や給餌期間を明らかにする必要がある。また、本研究で用いたフィードオイルを使用して大豆イソフラボンを配合飼料に展着させる方法は、現場で誰でも簡単に作成で

きる点では優れているが、給餌後に水中でイソフラボンの成分が散逸している可能性があることから、散逸率を調べる必要がある。一方で、今年度は仔魚期にVNNが発生し、飼育試験を中断することとなった。VNNの侵入ルートを特定することはできないが、アルテミアのイソフラボン強化により、仔魚に本来必要なDHA等の栄養素がアルテミアに十分取り込まれず、仔魚の免疫力が低下したことに起因した可能性があることから、この手法は中止することとする。来年度は、受精卵の消毒手法の検討を行うだけでなく、手や飼育器具の消毒や天然魚と飼育魚のゾーニングを徹底するなど、魚病の発生リスクを可能な限り低くするための対策を講じる必要がある。

表1 富山市沖の採卵結果の概要

採卵日	全長(mm)		総卵数	浮上卵数	浮上卵率	ふ化仔魚数	浮上卵ふ化率
	♀	♂					
9月13日	305	266	134,400	49,600	37%	19,200	39%
9月13日	297	270	156,400	99,600	64%	38,400	39%
9月13日	319	266, 230	210,800	187,200	89%	128,400	69%
合計			501,600	336,400		186,000	

表2 長岡市沖の採卵結果の概要

採卵日	全長(mm)		総卵数	浮上卵数	浮上卵率	ふ化仔魚数	浮上卵ふ化率
	♀	♂					
9月9日	406	329	65,200	40,400	62%	7,200	18%
9月9日	354	237	187,500	179,000	95%	118,800	66%
9月9日	320	245	89,600	82,000	92%	45,600	56%
合計			342,300	301,400		171,600	

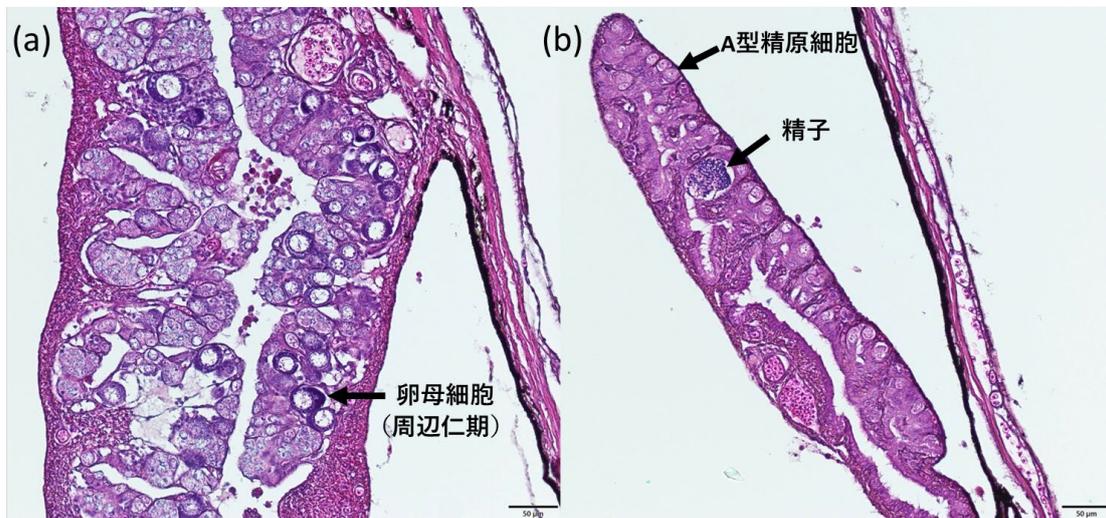


写真1 メスの卵巢 (a) とオスの精巣 (b) の組織切片 (126倍で撮影)

表3 PIT タグ装着試験の結果概要

試験区	供試魚数	生残尾数	生残率 (%)	標識残存率 (%)	全長 (mm)		体重 (g)	
					収容時	取上時	収容時	取上時
対照区	20	18	90	—	199 ± 12	213 ± 9	132 ± 23	182 ± 23
標識区	20	16	80	85	198 ± 8	214 ± 8	130 ± 18	184 ± 29

## ウ 効果の高い放流手法の開発

### ①アマダイ類の放流技術の開発

山口県水産研究センター

阿武遼吾

#### 【目的】

シロアマダイは、アマダイ類の中でも希少性が高い高級魚である。山口県では、日本海と瀬戸内海に分布し、漁業者からの種苗放流の要望が強い魚種の1つである。

本研究では、シロアマダイで知見がない放流効果を調査し、効果の高い放流手法を開発することを目的とした。

#### 【研究方法】

1) (公社) 山口県栽培漁業公社が行う種苗生産試験に供する親魚および受精卵の確保

5月5～6日に人工生産種苗由来のシロアマダイ人工親魚および本県瀬戸内海で漁獲された天然親魚から搾出した卵に、5月に本県瀬戸内海で漁獲した天然雄親魚から採取した精子を加えて攪拌し、乾導法により人工授精を行った。精子は凍結保存した精子を使用した。得られた受精卵を微流水で培養し、24時間後の浮上卵を(公社)山口県栽培漁業公社の八角形50kL水槽に収容した。

2) 既存標識装着試験

高水温期が過ぎる10月にダートタグおよびイラストマーの装着実験をするため、7月1日にシロアマダイの令和5年生産種苗500尾を3kL青色円形FRP製水槽2基に収容し、10月まで飼育した。

3) 仙崎湾への鰭抜去標識放流調査

(公社)山口県栽培漁業公社と共同で実施したシロアマダイ量産試験で生産した16千尾の種苗(平均全長56mm)を、本県日本海仙崎湾仙崎漁港内に放流した。放流は、7月21日に漁場付近の漁港内に全数放流した。放流した種苗は標識として左腹鰭を抜去した。

4) 放流効果調査

令和3年度に放流した種苗の定着状況および分布密度を把握するため、1月10日に放流を行った瀬戸内海の漁港内で、ライントランセクト法を用いた潜水調査を実施した。

また、1月16日に令和5年度に標識放流した本県日本海仙崎湾仙崎漁港内で、ライントランセクト法を用いた潜水調査を実施した。

### 【研究成果の概要】

#### 1) (公社) 山口県栽培漁業公社が種苗生産試験に供する親魚および受精卵の確保

5月5～6日に採卵・受精し、24時間培養した合計156,466粒(人工生産種苗:119,520粒、瀬戸内海産天然個体:36,946粒)の受精卵を、(公社)山口県栽培漁業公社の八角形50kL水槽に収容した。

#### 2) 既存標識装着試験

7月1日に飼育を開始した種苗は、8月に死亡が増加し、10月1日時点で生残魚が0尾になった。このため既存標識の装着が実施出来なかった。

#### 3) 仙崎湾への鰭抜去標識放流調査

7月21日20時に本県日本海仙崎湾仙崎漁港内に16千尾の左腹鰭抜去標識種苗を放流した。放流後2時間は約3分の1の種苗が水面で狂奔していたが、その後、底に向かって潜行した。

#### 4) 放流効果調査

表1に瀬戸内海の漁港内でライントランセクト法を用いた潜水調査の結果を示した。放流から861日経過時点で、港内に留まっている放流魚が確認できなくなった。

仙崎漁港内でライントランセクト法を用いた潜水調査した結果、港内に留まっている放流魚は確認できなかった。

### 【次年度に向けた提言】

令和元～5年に、本県に計17.7万尾のシロアマダイ人工種苗を放流した。一方で、まだその放流魚の漁獲は確認されていない。本県で放流魚の移動追跡をする手法(最適な外部標識等)を検討していく必要があると思われる。

表1 ライトランセクト法を用いた潜水調査結果

	放流86日後 (R3.11.25)	放流106日後 (R3.12.16)	放流146日後 (R4.1.20)	放流467日後 (R4.12.12)	放流496日後 (R5.1.20)	放流861日後 (R6.1.10)
生息密度(尾/100m <sup>2</sup> )	2.0	5.2	2.6	0.2	2.5	0.0
漁港内の推定生息尾数 (尾)	466.5	1212.8	606.4	46.6	583.1	0
調査時の水温	17.8	14.8	12.4	13.2	11.1	14.1

【参考】これまでの本県のシロアマダイ放流状況

放流日	平均全長 (mm)	放流尾数(尾)	標識方法	海域
令和元年7月29日	50	60,000	無標識	瀬戸内海
令和元年8月9日	60	20,000	無標識	瀬戸内海
令和元年11月24日	110	3,000	左腹鰭カット	瀬戸内海
令和2年8月7日	75	24,000	右腹鰭抜去	瀬戸内海
令和2年8月11日	85	10,000	右腹鰭抜去	瀬戸内海
令和2年9月28日	107	850	右腹鰭抜去	瀬戸内海
令和2年10月15日	119	400	右腹鰭抜去	瀬戸内海
令和3年9月1日	81	3,500	左腹鰭抜去	瀬戸内海
令和3年9月3日	81	3,500	左腹鰭抜去	瀬戸内海
令和5年7月17～24日	56	35,000	無標識	県内全域
令和5年7月21日	56	17,000	左腹鰭抜去	日本海

## ウ 効果の高い放流手法の開発

### ② バイオテレメトリーおよびデータロガーによるキジハタの生態解明

山口県水産研究センター

國森拓也

#### 【目的】

放流適地の探索を目的として、キジハタの主要漁場の1つである仙崎湾に超音波発信機および水温・水深・照度ロガーを装着したキジハタを放流し、得られたデータにより本種の行動生態を把握することで、同湾の放流適地としての適性を調べる。

#### 【研究方法】

##### 1. バイオテレメトリー調査による行動把握

仙崎湾内における個体の行動を調べるため、超音波発信機（Inovasea 社製コード化ピンガーV13 型または V8 型，69kHz）を外科的手術で腹腔内に挿入したキジハタ成魚を令和2年度に12個体、令和3年度に5個体、令和4年度に5個体、令和5年度に6個体を漁獲場所で放流した。併せて、湾外から湾内への移動を調べるため、湾外（近隣海域）で漁獲された個体にも同様に発信機を挿入し、令和2年度に9個体、令和3年度に5個体、令和4年度に5個体、令和5年度に9個体を漁獲場所付近に放流した。

発信機からの音波が受信機（Inovasea 社製 VR2W）に捕捉されると、その発信機の個体番号と受信した時刻が受信機内部のメモリーに記録される仕組みとなっている。受信機は仙崎湾内の6ヶ所（図1）に設置し、定期的に受信機を回収してデータを解析した。

##### 2. 水温・水深ロガーによる行動把握

水温・水深ロガー（Star-Oddi 社製 DST-micro：令和4年度以前）または水温・水深・照度ロガー（Biologging Solutions 社製 C7-250 型：今年度）を上記発信機とともに腹腔内に装着したキジハタを令和2年度に18個体、令和3年度に10個体、令和4年度に10個体、令和5年度に15個体、計53個体を仙崎湾内または湾外の近隣海域に放流した。

漁獲等により再捕された個体のロガーからデータを抽出し、個体が経験した水温および水深の履歴を確認した。

##### 3. キジハタ幼魚への機器装着サイズの検討

これまでのバイオテレメトリーやデータロガーによる調査は、魚体サイズに対する装着機器の大きさを考慮し、全長30cm以上の成魚を対象として行ってきたが、

放流適地の検討をより詳細に行うためには、放流サイズに近い小型の個体の調査が必要である。

近年、従来使用してきたものよりも小型の超音波発信機（Inovasea 社製コード化ピンガーV6型：φ6.3×13mm, 0.9g, 69kHz）が発売されたため、これと同じ外形、重さのダミータグを全長 88mm から 142mm までのキジハタ人工種苗（山口県栽培漁業公社産）計 43 個体に装着後、1kL 円形 FRP 製水槽で 14 日間飼育し、装着時の魚体サイズと生残の関係から装着に耐えうる魚体サイズを推定した。（実験①）

さらに、上記実験で明らかにした機器装着に耐えうるサイズのキジハタを用意し、ダミータグ装着個体、非装着個体それぞれ 11 個体（計 22 個体）を同一水槽（1kL 円形 FRP 製）で 200 日間飼育し、各個体の生残と成長から機器装着が与える長期的な影響を調べた。（実験②）

## 【研究成果の概要】

### 1. バイオテレメトリー調査による行動把握

令和 4 年 9 月から令和 5 年 8 月まで（放流後 1 年間）の受信データを用いて、令和 4 年度に放流した 5 個体について解析した。3 個体は約 2 ヶ月間放流場所（大日比）付近の受信機で捕捉された。このうち 1 個体は付近を操業する刺網に漁獲された。別の 1 個体は 10 日後に湾の対岸の地区（野波瀬）で捕捉された。さらに別の 1 個体は放流後 7 ヶ月で湾西部の水道付近（青海大橋）で捕捉された。

受信機で捕捉された上記 2 個体は、その後いずれの受信機にも捕捉されなかったため、そのまま湾外へ移動したと推測される。湾外への移動が確認されなかった残りの個体は湾内へ滞留していると考えられる。

したがって、令和 4 年度に放流した 5 個体のうち湾内で漁獲された 1 個体を除いた 4 個体中 2 個体（滞留率 50%）が湾内に滞留していると推測された。この滞留率は、令和 2 年度放流（50%）、および令和 3 年度放流（60%）と同程度である。

なお、湾外に放流した個体の湾内への移動は確認されなかった。

### 2. 水温・水深ロガーによる行動把握

令和 2 年度から令和 5 年度に放流したロガー装着個体 53 個体のうち、これまで 8 個体が再捕されている。このうち今年度再捕されたのは令和 4 年 8 月 26 日に湾外に放流後、494 日後の令和 6 年 1 月 2 日に放流場所付近で釣りにより再捕された 1 個体である。

この個体から回収したデータからは、①日周期的な鉛直移動をしていること、②夜行性であること、③水温が高いほど活発に動くことが示唆され、これまで再捕されたキジハタのデータの解析結果<sup>1)</sup>と同様であった。

### 3. キジハタ幼魚への機器装着サイズの検討

実験①におけるサイズ別、経過日数別の生残率を表1に示す。全長100mm未満の個体は装着当日にすべて死亡（生残率0%）した。全長100mm以上の個体はサイズが大きいほど生残率は高くなり、全長130mmを超える個体ではすべての個体が生残した。このことから、当該機器の装着には全長130mm以上の個体を用いる必要があることが示された。

次に、実験②における飼育期間前後の平均全長を表2に示す。試験開始時の平均全長は $135\pm 3.8\text{mm}$ であった。60日後には装着個体 $156\pm 5.6\text{mm}$ 、非装着個体 $158\pm 5.4\text{mm}$ 、200日後にはそれぞれ $169\pm 7.0\text{mm}$ 、 $174\pm 8.7\text{mm}$ でいずれの期間においても全長の平均値に有意差は確認されなかった（t検定： $p>0.05$ ）。また、飼育期間中に死亡した個体はいなかった。このことから、機器装着は成長や生残に影響を及ぼさないと考えられた。

### 4. 放流適地としての評価

バイオテレメトリー調査では、これまで湾内に放流した個体の50~60%が湾内に1年間以上滞留していると推測されたこと、およびこれまで再捕された水温・水深ロガー装着個体8個体のうち6個体（75%）は放流場所付近で再捕されたことから、仙崎湾はキジハタ成魚の生息に適していると推測される。加えて、例年夏季を中心に安定した水揚げの実績があるほか、気象条件によりまとまった量の漁獲が見込める<sup>1)</sup>ことから、同湾が放流適地として優良な海域であることが示唆された。

#### 【次年度に向けた提言】

今年度、超小型発信機を装着できるキジハタのサイズを明らかにしたことにより、今後は従来よりも小型のキジハタを用いてバイオテレメトリー調査を実施できるため、実際に種苗として放流されるサイズのキジハタの行動により近いデータを得ることができるだろう。

データロガーについては、今年度から水温、水深に加え照度を記録できるものを採用した。これまでに当ロガーを装着した個体の再捕報告はないが、今後これが再捕できれば、これまでの調査では明らかにできなかった湾外へ移動した個体の移動経路も推定可能であるため、引き続き調査を継続する必要がある。

さらに、当海域での調査の結果や手法を他海域、他魚種へ適用することで、放流場所としての適性を海域ごと、魚種ごとに比較することが可能となり、より効果的に放流場所の探索・選定を行うことが可能となるため、他海域・他魚種への展開も進めたい。

参考文献

- 1) 水産庁 (2023). 令和4年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業新規栽培対象種技術開発 (魚類) 調査報告書. 74-77.

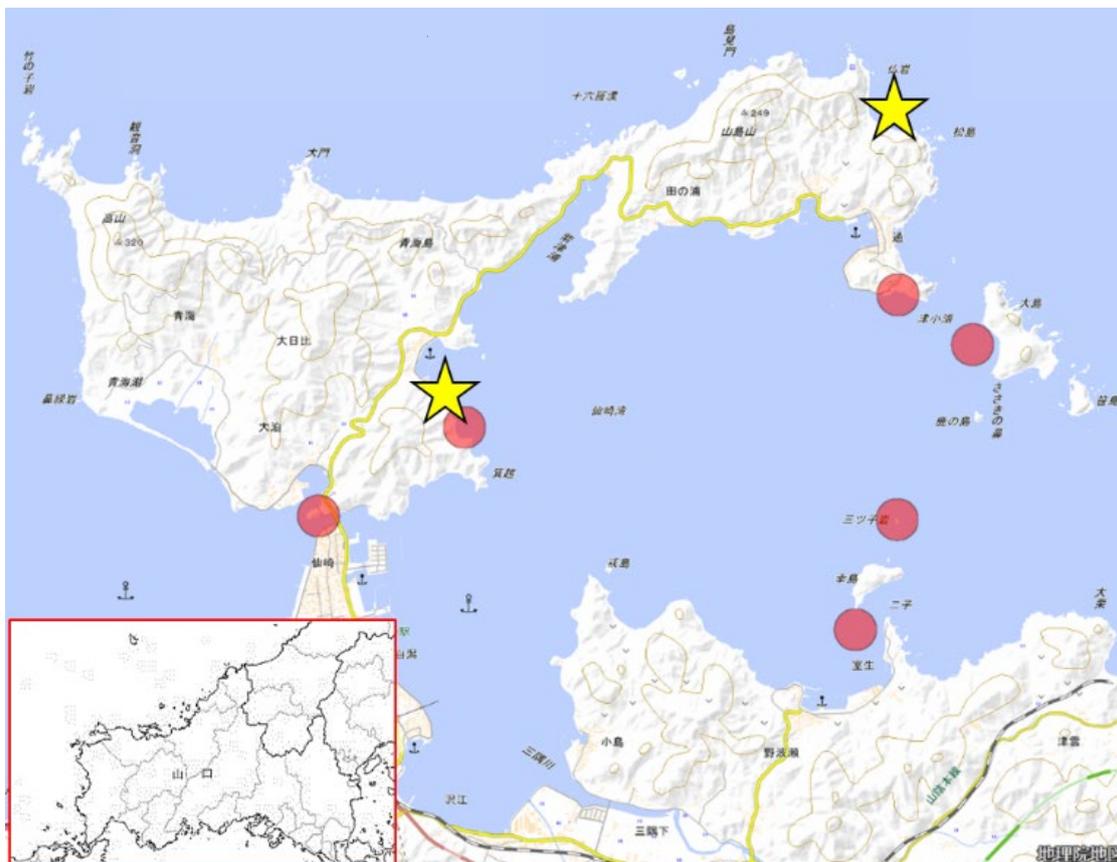


図1 調査海域図。○は受信機の設置位置、☆は放流場所を示す。

表1 ダミータグ装着後のキジハタの全長階級別、経過日数別生残率 (%)

全長階級 (mm)	個体数 (尾)	ダミータグ装着手術後の経過日数 (日)				
		0	1	3	7	14
<100	4	0	-	-	-	-
100-	7	57	43	29	14	14
110-	5	100	100	100	60	60
120-	7	100	100	100	86	86
130-	16	100	100	100	100	100
140-	4	100	100	100	100	100

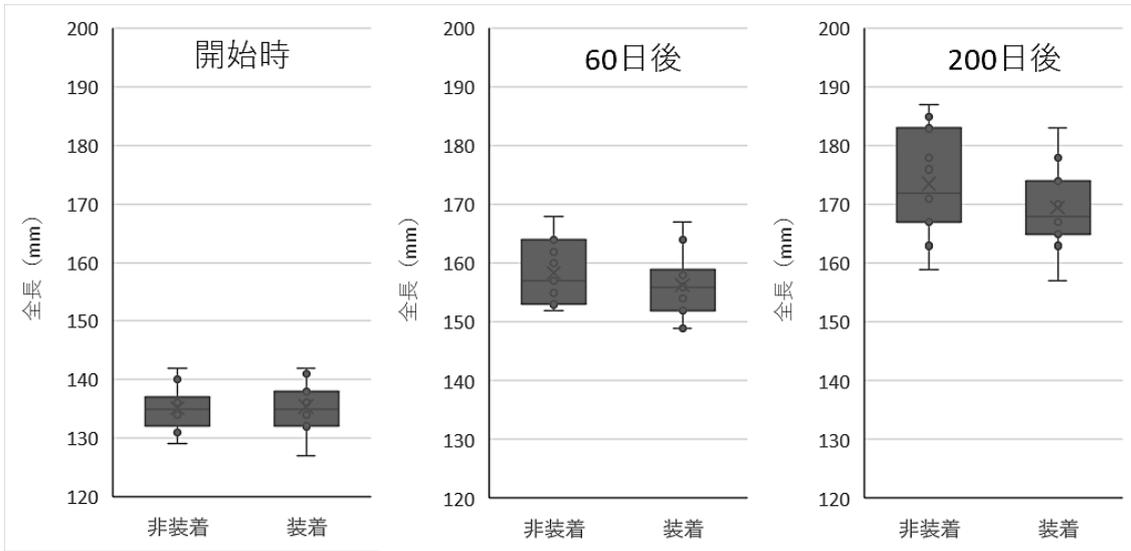


図2 飼育期間中のダミータグ装着個体と非装着個体（いずれも N=11）の全長の推移。

## ウ 効果の高い放流手法の開発

### ③甲殻類用標識（トラモアタグ）を利用した放流適条件の把握

水産研究・教育機構 水産技術研究所

佐藤 琢・菅谷琢磨

大分県農林水産研究指導センター 水産研究部 北部水産グループ

崎山和昭・内海訓弘・堀切保志

長崎市水産農林部水産振興課

荒川千恵・村瀬二美

#### 【目的】

- ① 瀬戸内海西部海域において、クルマエビ種苗を対象として、新しい装着型外部標識（トラモアタグ）を用いた標識放流調査および野外実験を実施し、タグの色が再捕率に与える影響を調べ、タグの色による複数放流群の設定の可否を検証する。
- ② 天然海域における着底稚エビの発生量の季節変異を調べ、放流適期の決定に資する知見を得る。
- ③ クマエビやヨシエビを対象に、装着するトラモアタグの色が成長に与える影響について水槽実験によって調べる。

#### 【研究方法】

- ① トラモアタグの「色の違い」がクルマエビの放流種苗の再捕率に与える影響について調べるため、大分県の守江湾にて標識放流調査を実施した。クルマエビ種苗 2 万尾（平均体長 58.4 mm）を用いて、異なる色のトラモアタグを装着した 5 つの群（赤、黄、青、紫および白の各色 4000 尾, 図 1）を設定して放流した。放流後は、漁業者や市場関係者による再捕報告およびサンプル購入によって標識個体の再捕情報を得た。近年、操業海域におけるクラゲの異常発生によって小型底びき網漁船の操業日が限られたことに起因して再捕個体数が伸びなかったことから、近年 3 年間（2021 年～2023 年）に実施した標識放流調査の結果をまとめることによって、色の違いによる再捕率への影響について検討した。
- ② 放流適期の決定に資する知見を得ることを目的に、6 月から 11 月にかけて、瀬戸内海奥部に位置する愛媛県の河原津干潟および豊後水道近傍に位置する大分県佐伯湾の番匠川河口にて、調査面積を把握するために「位置情報ロガー」を携行しながら、「干がたえびかき」と「桁網様小型ソリネット」を人力にて一緒に曳くことによって、着底直後の稚エビ（体長 10 mm 未満）を採集し、その生息密度の季節変化を調べた。稚エビの種判別はミトコンドリア DNA の D-loop 領域 672 bp の塩基配列に基づいて行った。

- ③ クマエビ種苗（平均体長 44.3 mm）およびヨシエビ種苗（平均体長 47.6 mm）に対して異なる色のトラモアタグを装着した 5 つの群（クマエビ：赤、黄、白、黄緑および水色（図 2）；ヨシエビ：赤、黄、青、紫および白）を設定し、それらを水槽内にて個別に飼育することにより、装着したトラモアタグの色による成長への影響について調べた。

#### 【研究成果の概要】

- ① 今年度を実施した標識放流調査を加えた、近年 3 年間（2021 年～2023 年）に実施された標識放流調査から得られた再捕数は合計 34 個体と多くはないが、トラモアタグの色と再捕数との関係において明確なパターンは認められなかった（合計再捕数：赤, 10 尾; 黄, 7 尾; 青, 6 尾; 紫, 5 尾; 白, 6 尾; 表 1）。また、それら再捕個体に対して、装着したトラモアタグの色による放流後の推定日間成長量（放流後の体長増加量/放流から再捕までの日数, mm/日）への影響について一般化線形混合モデルを用いて解析を行った結果、色による有意な影響は認められなかった。以上のことから、異なる色のトラモアタグを用いた複数放流群の同時設定がクルマエビにおいて可能であると考えられた。
- ② 今年度を実施した稚エビの生息密度調査を加えた、近年 3 年間（2021 年～2023 年）に実施された稚エビの生息密度調査によって得られたデータを Delta-GAMM（一般化加法混合モデルと Delta-type two-step model を用いた解析）によって解析し、稚エビの生息密度の季節変異を予測した。その結果、生息密度の季節変異パターンは瀬戸内海奥部および水道部近傍の両地点間で類似しており、資源状態の良かった過去には稚エビの着底が見られていた 6 月および 7 月には着底稚エビはほとんど採集されなかった（図 3, 4）。稚エビの生息密度は 8 月から徐々に増加し、9 月にピークを迎えたのち、10 月にはまた低下した。昨年度の調査から稚エビの着底場所である砂浜干潟における本種稚エビに対する捕食圧は 7 月から 9 月に非常に高くなることが判明しており、本調査の結果と併せて考えると、近年稚エビがほとんど見られなくなった 6 月での放流が種苗放流による資源の再生産能力の補填に最も効果的であることが示唆された。
- ③ クマエビおよびヨシエビの両種において、飼育期間中に装着したトラモアタグが脱落することはなく、個体の死亡も認められなかった。また、一般化線形混合モデルによる解析の結果、クマエビとヨシエビのどちらにおいても、装着したトラモアタグの色による成長および脱皮頻度への有意な影響は認められなかった（図 5, 6, 7, 8）。これらのことからクルマエビに加えて、クマエビとヨシエビにおいても異なる色のトラモアタグを利用することによって複数放流群を設定できる可能性が示された。

### 【次年度に向けた提言】

クルマエビにおいては、これまでの成果から放流適期を明らかにすることを目的にして「異なる時期に標識種苗を放流する標識放流調査」を実施することが可能な状況となった。今後、現段階では放流効果が最も期待される6月での標識放流を軸に、様々な時期での標識放流を実施していく予定である。ただ、原因は現在明らかではないが、資源状態の良かった過去に比べて再捕率が顕著に低いため、再捕個体数の拡充を目指した再捕体制の構築・充実に工夫・努力が必要であると考えられる。具体的には放流海域の変更等を検討している。クルマエビやヨシエビにおいては、異なる色のトラモアタグを利用することによって複数放流群を設定できる可能性が示された。今後はタグの装着による潜砂行動への影響やタグの保持サイズ等についても詰めていく計画である。今後も両種をはじめとしたクルマエビ以外の栽培対象甲殻類他種におけるトラモアタグの標識性能についてさらに知見を収集し、各種の種苗放流方法の高度化におけるトラモアタグの利用可能性について明らかにしていきたい。

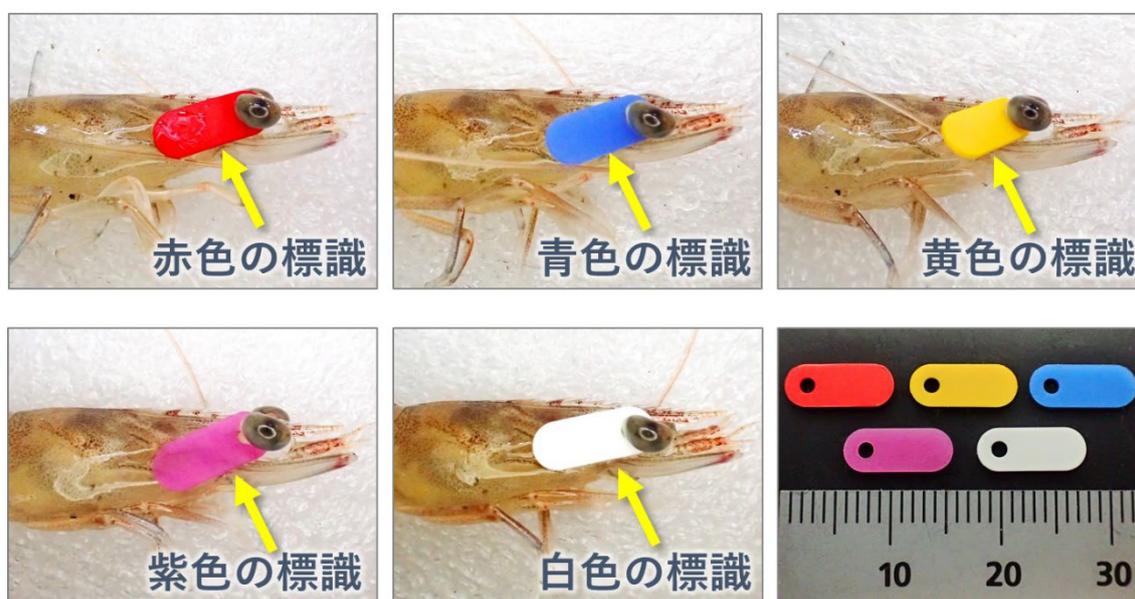


図1 使用したトラモアタグ（5色）をクルマエビ種苗に装着した様子とその大きさ。



図2 使用したトラモアタグ（5色）をクマエビ種苗に装着した様子。

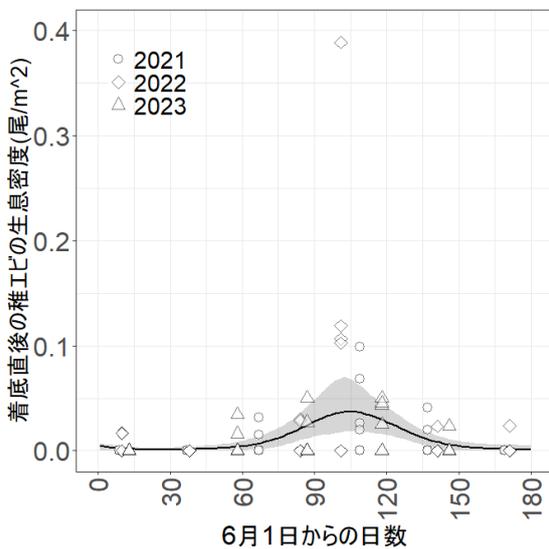


図3 瀬戸内海奥部に位置する愛媛県河原津干潟における2021年から2023年の着底直後のクルマエビ稚エビ（体長10 mm未満）の生息密度（個体数/平方メートル）の季節変化の実測値と予測値。プロットは実測値を、プロットの形は調査年を、黒線は予測値を、灰色部分は信頼区間をそれぞれ示す。

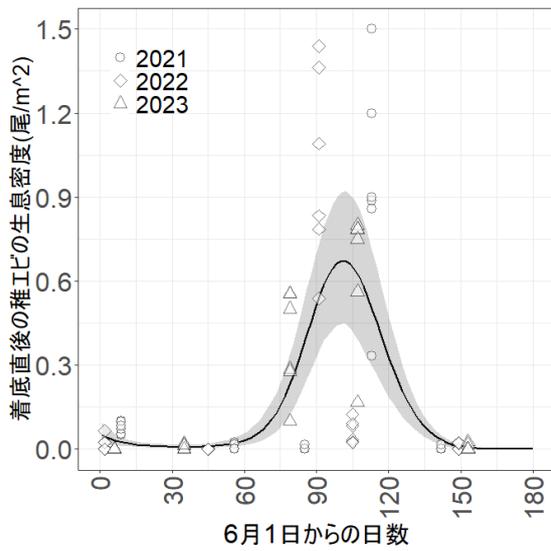


図4 豊後水道近傍に位置する大分県番匠川河口における2021年から2023年の着底直後のクルマエビ稚エビ（体長10 mm未満）の生息密度（個体数/平方メートル）の季節変化の実測値と予測値。プロットは実測値を、プロットの形は調査年を、黒線は予測値を、灰色部分は信頼区間をそれぞれ示す。

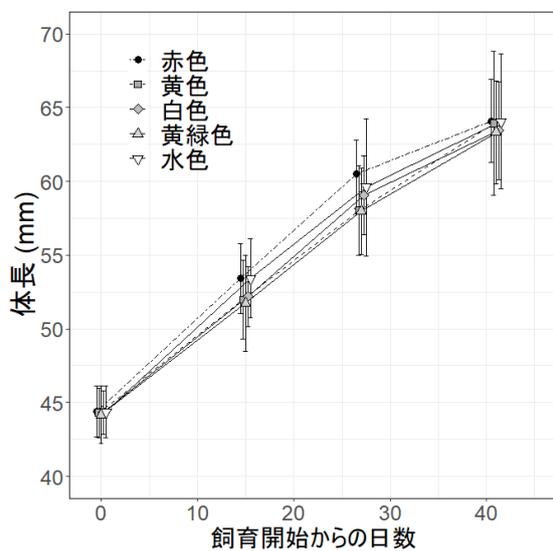


図5 装着したトラモアタグの色がクルマエビ種苗の成長に与える影響。プロットは平均値を、プロットの形はタグの色を、エラーバーは標準偏差をそれぞれ示す。

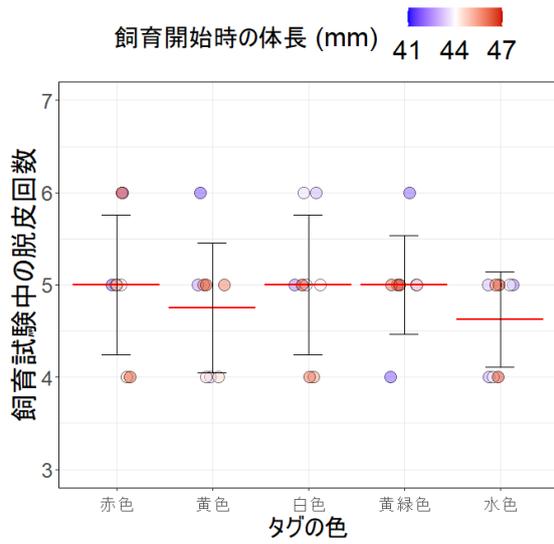


図 6 装着したトラモアタグの色がクマエビ種苗の脱皮頻度に与える影響。赤線は平均値を、エラーバーは標準偏差をそれぞれ示す。

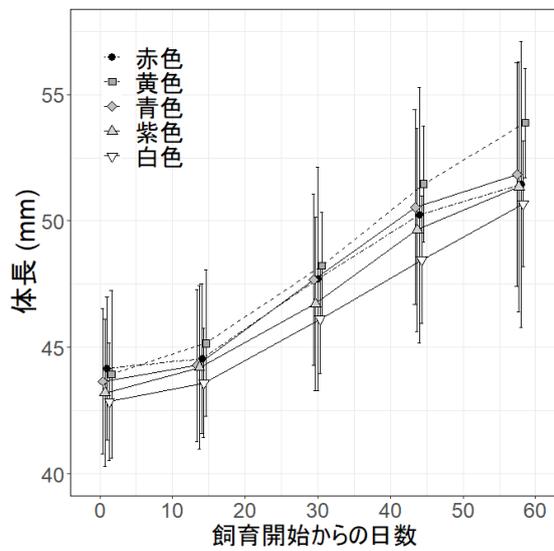


図 7 装着したトラモアタグの色がヨシエビ種苗の成長に与える影響。プロットは平均値を、プロットの形はタグの色を、エラーバーは標準偏差をそれぞれ示す。

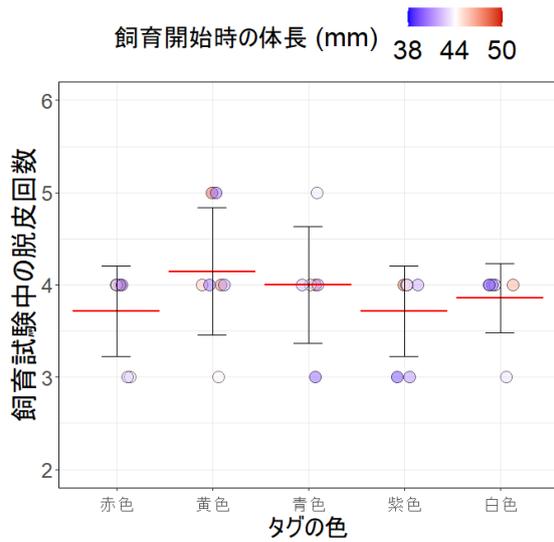


図 8 装着したトラモアタグの色がヨシエビ種苗の脱皮頻度に与える影響。赤線は平均値を、エラーバーは標準偏差をそれぞれ示す。

表 1 これまでに放流された各群由来の再捕個体が装着していたトラモアタグの各色の尾数

放流群 (放流年, 合計放流尾数)	各放流群での					合計再捕尾数
	赤色	黄色	青色	紫色	白色	
A 群 (2021 年, 1 万尾)	0	2	0	1	1	4
B 群 (2021 年, 1 万尾)	5	2	2	3	1	13
C 群 (2022 年, 2 万尾)	2	1	2	0	1	6
D 群 (2023 年, 2 万尾)	1	1	0	1	1	4
E 群 (2023 年, 1 万尾)	2	1	2	0	2	7
各色での合計再捕尾数	10	7	6	5	6	34

エ 検討会の開催  
研究推進会議の開催

水産研究・教育機構  
全国豊かな海づくり推進協会

令和5年度さけます等栽培対象資源対策委託事業  
新規栽培対象種技術開発（魚類甲殻類）

研究設計会議 議事次第

日 時： 2023年7月10日（月） 13：30～17：30（web併用）  
7月11日（火） 9：00～12：00（担当者打合せ）

場 所： AP 大阪梅田東 A ルーム（大阪府大阪市北区堂山町 3-3 日本生命梅田ビル 5F）

<https://www.tc-forum.co.jp/ap-umedahigashi/access/>

議 事：

1. 開催挨拶

2. 事業の概要説明

3. 各課題の研究成果の説明

ア 親魚養成技術の開発

- ① キンメダイの親魚養成及び人工授精技術の開発

静岡県水産・海洋技術研究所

- ② アマダイ類の親魚養成技術の開発

山口県水産研究センター

宮崎県水産試験場

公益財団法人海洋生物環境研究所

- ③ アカムツの親魚養成技術の開発

新潟市マリニピア日本海

イ 種苗生産・中間育成技術の開発

- ① キンメダイの種苗生産技術の開発

静岡県水産・海洋技術研究所

② アマダイ類の種苗生産技術の開発 公益社団法人山口県栽培漁業公社  
一般財団法人宮崎県水産振興協会

③ アカムツの種苗生産技術の開発 富山県水産研究所

#### ウ 効果の高い放流手法の開発

① アマダイ類の放流技術の開発 山口県水産研究センター  
宮崎県水産試験場

② バイオテレメトリーおよびデータロガーによるキジハタの生態解明  
山口県水産研究センター

③ 甲殻類用標識（トラモアタグ）を利用した放流適条件の把握  
水産研究・教育機構  
大分県農林水産研究指導センター  
長崎市水産農林部水産センター

#### エ 検討会の開催

① 研究推進会議の開催 水産研究・教育機構  
全国豊かな海づくり推進協会

② 現地検討会の開催 全国豊かな海づくり推進協会

### 5. 総合討論

### 6. 講 評

### 7. その他

## 第2回研究推進会議（研究成果報告会） 議事次第

日 時： 2024年3月21日 13:15～18:00

(3月22日 9:00～ 担当者会議 任意参加 webなし)

場 所： AP大阪梅田東 Hルーム（大阪府大阪市北区堂山町3-3 日本生命梅田ビル5F）

<https://www.tc-forum.co.jp/ap-umedahigashi/access/>

(担当者会議 Aルーム)

議 事：

1. 開催挨拶（13:15-13:30）

2. 事業の概要説明（13:30-13:50）

3. 各課題の研究成果の説明

ア 親魚養成技術の開発（13:50-15:00 各機関10分 質疑20分）

④ キンメダイの親魚養成及び人工授精技術の開発

静岡県水産・海洋技術研究所

⑤ アマダイ類の親魚養成技術の開発

山口県水産研究センター

宮崎県水産試験場

公益財団法人海洋生物環境研究所

⑥ アカムツの親魚養成技術の開発

新潟市マリニピア日本海

イ 種苗生産・中間育成技術の開発（15:10-16:10 各機関10分 質疑20分）

① キンメダイの種苗生産技術の開発

静岡県水産・海洋技術研究所

② アマダイ類の種苗生産技術の開発

公益社団法人山口県栽培漁業公社

一般財団法人宮崎県水産振興協会

③ アカムツの種苗生産技術の開発

富山県水産研究所

ウ 効果の高い放流手法の開発（16:20-17:20 各機関10分 質疑20分）

- ④ アマダイ類の放流技術の開発  
山口県水産研究センター  
宮崎県水産試験場
- ⑤ バイオテレメトリーおよびデータロガーによるキジハタの生態解明  
山口県水産研究センター
- ⑥ 甲殻類用標識（トラモアタグ）を利用した放流適条件の把握  
水産研究・教育機構・大分県農林水産研究指導センター

**エ 検討会の開催（17：20-17：30）**

- ③ 現地検討会の開催  
全国豊かな海づくり推進協会

**4. 総合討論（17：30～）**

**5. 講 評**

**6. その他**