

令和 6 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
新規栽培対象種技術開発（魚類・甲殻類）グループ

令和 7 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 1
- ② アマダイ類の親魚養成技術の開発 10
- ③ アカムツの親魚養成技術の開発 23

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
- ② アマダイ類の種苗生産技術の開発 31
- ③ アカムツの種苗生産技術の開発 41

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 46
- 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 48
- 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 58

エ 検討会の開催

- ① 研究推進会議の開催 68

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
稲葉晃誠・吉川康夫
東京海洋大学
吉崎悟朗・森田哲朗

【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

船上で人工授精を行い受精卵を得ることを目的に、2023 年 7 月 24～25 日および 2024 年 7 月 22～23 日に県沿岸・沖合調査・指導船「駿河丸」を使用して、御前崎沖第 2 天竜海丘にて深海用釣り竿（針数 20 本）を 2 組使用して立て縄釣りで実施した。キンメダイの産卵は夜間行われると考えられていることから、産卵直前の良質な卵を確保することを目的に操業は夜間（16 時台～23 時台）に行った。

採卵・採精を目的にした親魚採捕調査は、伊豆漁業協同組合南伊豆支所所属の漁船（以下 A 丸）を傭船し 2024 年 6～10 月に 7 回実施した（2023 年度は 11 回実施）。漁場は新島沖で立て縄釣りで、夜間操業禁止の自主規制があるため、日の出から操業を開始した。釣獲した親魚は船上で麻酔処理した後、水温 12～14℃を維持した 200L 容円形水槽に収容し、生かしたまま静岡県水産・海洋技術研究所伊豆分場（下田市 以下伊豆分場）へ持ち帰った。

2) 受精卵の確保

駿河丸の調査では、釣獲後船上で採卵、採精し、速やかに人工授精を行い受精卵を得た。

A 丸の調査では、釣獲直後放卵、放精が見られた個体について、船上で採卵、採精した。卵は保冷ポットに収容し、精子は精子冷蔵保存液^{*1}で 50 倍に希釈したうえで伊豆分場へ持ち帰り人工授精試験に供し受精卵を得た。その他の親魚は釣獲直後に麻酔処理し、活魚のまま伊豆分場へ搬入し、腹部を圧搾し卵、精子を得た。搾出した卵、精子は速やかに人

工授精を行い受精卵を得た。雄の採捕がなかった際には、冷蔵保存精液を使用し媒精した。

伊豆漁業協同組合下田支所所属の漁業者（以下 R 丸）に漁業活動中に船上で放出された卵の採集を依頼した。卵は9月26日、10月4日、11日に採集された。卵は採集直後に保冷ポット（内部 12℃以下に保ったポットに収容し、停泊港で受け渡しをして伊豆分場に持ち帰り、冷蔵保存精液で媒精し受精卵を得た。

②親魚養成技術開発

1) 天然親魚の確保

2024年6月から2025年2月の間に伊豆漁協稲取支所所属漁船（以下 I 丸）および A 丸を傭船し、それぞれ稲取沖、新島沖で親魚採捕を実施した。日の出より操業を開始し立て縄で釣獲した。採捕した親魚は水温を 12～14℃に維持した魚艙に収容し港まで搬送した。港からは活魚輸送車（ブルーコーナース社）に寄せ換え静岡県水産・海洋技術研究所駿河湾深層水水産利用施設（焼津市 以下深層水利用施設）まで搬送した。搬送後、駿河湾深層水（取水深 270m および 397m、水温 12～14℃）をかけ流しにした FRP 製 10t 水槽に収容し、斃死尾数を毎日記録することで 30 日間生残率を算出した。

2) 長期飼育魚に対するホルモン投与効果

キンメダイは飼育下において成熟しないことが知られており、当研究所ではこれまでホルモン投与による成熟誘起を試みてきた。2019 年度ではヒト絨毛性ゴナドトロピン（以下、hCG）の投与によって雄の排精を、2023 年度では生殖腺刺激ホルモン放出ホルモンアナログ（以下、GnRHa）および hCG の共投与によって雌の成熟促進を確認した。しかし、いずれも再現性が確認されておらず、有効な投与期間や使用濃度については不明な点が多い。そこで本年度は、hCG および GnRHa の成熟促進効果について再現性を確認すると共に、投与期間の延長によって排卵・排精に至るか検証することを目的とした。

供試魚には 2022 年（採捕日不明）および 2023 年 6 月 6 日、27 日、9 月 30 日、12 月 9 日に稲取沖にて釣獲し、深層水利用施設内の 20t 容コンクリート水槽（駿河湾深層水（水温 12～14℃）かけ流し、赤色 LED（5lux）を常灯）で、週に 4～5 回ホタルイカとオキアミを飽食給餌して 6 か月以上飼育した個体を用いた。

ホルモン投与区は GnRHa（スボルネン・注、共立製薬）を 10μg/個体の濃度で投与する GnRH 区（n=4）、hCG（動物用ゴナドトロピン 3000、あすかアニマルヘルス）を 500IU/個体と GnRHa を 10μg/個体の濃度で共投与する hCG+GnRH 区（n=4）の 2 区を設定した。GnRH 区は 2024 年 6 月 18 日から 8 月 6 日まで、hCG+GnRH 区は 6 月 11 日から 7 月 30 日まで、計 8 回腹腔内注射した。また、対照区としてホルモンを投与しない未投与区（n=2）を設けた。最終投与から 1 週間飼育を継続した後試験を終了し、排卵・排精の有無を確認した後、体重、尾叉長、生殖腺重量を測定し、生殖腺重量比（以下 GSI 式：生殖腺重量/体重×100）を算出した。熟度鑑別のため、生殖腺はブアン氏液で固定後、組織学的解析に供し、血液は ELISA 法による血中ステロイドホルモン（テストステロン（T）、11-ケトテストステロン（11-KT）、エストラジオール-17β（E2））濃度の測定に供した。また比較対照として、

産卵期の天然魚（2024 年 8 月に新島沖で釣獲）の生殖腺組織解析と血中ステロイドホルモン濃度測定を行った。

【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

県沿岸・沖合調査・指導船「駿河丸」を用いた親魚採捕の釣獲結果を 2023 年度は表 1 に、2024 年度は表 2 に示した。2023 年度は 16:20～23:25 まで 4 回の投縄を実施し、キンメダイ 41 尾を釣獲し、船上での人工授精を 5 回実施した。得られた受精卵は東京海洋大学館山ステーション（以下館山 ST）と深層水利用施設に搬送し種苗生産試験に供した。2024 年度は 17:30 から 23:50 まで 6 回の投縄を実施した。キンメダイ 1 尾（尾叉長 23.4cm）を釣獲したが未成熟魚であり、船上での人工授精を行うことはできなかった。

表 1 釣獲試験結果（駿河丸）2023 年 7 月 24～25 日

回数	作業時間		作業位置		海底水深	釣果
	開始	終了	北緯	東経		
1	16:20	17:00	34-09.2	137-49.5	311m	10 尾
2	22:10	22:30	34-09.4	137-49.0	354m	8尾
3	22:40	23:00	34-09.4	137-49.0	354m	9尾
4	23:00	23:25	34-09.4	137-49.0	354m	19尾

表 2 釣獲試験結果（駿河丸）2024 年 7 月 22～23 日

回数	作業時間		作業位置		海底水深	釣果
	開始	終了	北緯	東経		
1	17:29	18:04	34-09.6	137-49.8	356m	1尾
2	18:05	18:38	34-09.6	138-49.8	356m	無
3	19:20	19:54	34-09.2	137-49.3	355m	無
4	20:28	20:51	34-09.3	137-49.4	339m	無
5	22:04	22:58	34-09.1	137-49.2	351m	無
6	23:18	23:51	34-09.2	137-49.3	350m	無

A 丸を用いた親魚採捕調査の結果を表 3 に示した。6 月から 10 月まで 7 回出船し、計 46 尾を釣獲した。このうち 38 尾を伊豆分場へ活魚搬送した。収容した親魚は、捕獲後当日に採卵、採精し人工授精試験に供した。人工授精試験後に魚体を測定（尾叉長、体重、生殖腺重量）した。採捕した採捕日ごとの親魚の体重を図 1 に GSI を図 2 に示した。

表 3 キンメダイ親魚採捕調査結果（2024 年度 南伊豆）

回次	採捕日	操業時間		投縄数 (回)	釣獲 (尾)	雄 (尾)	雌 (尾)	生存 (尾)	到着時 生存率 (%)
		開始	終了						
1	6月19日	5:15	8:40	3	0				
2	7月10日	4:00	4:45	1	6	4	2	6	100
3	8月22日	4:40	7:40	4	5	3	2	0	0
4	9月6日	4:40	5:40	1	10	3	7	10	100
5	9月12日	4:50	8:15	5	4	3	1	4	100
6	9月20日	5:00	5:40	1	18	15	3	15	83
7	10月3日	5:20	7:25	3	3	0	3	3	100
計					46	28	18	38	83

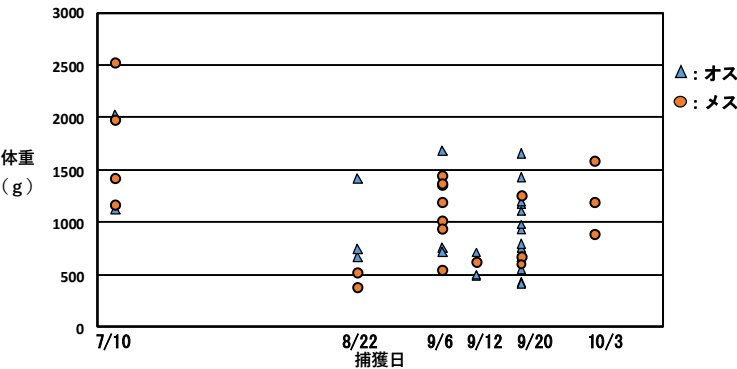


図 1 採捕日ごとの親魚の体重

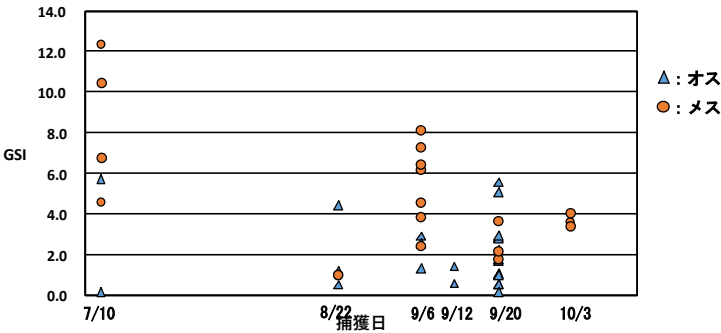


図 2 採捕日ごとの親魚の GSI

②親魚養成技術開発

1) 天然親魚の確保

A 丸と I 丸による親魚採捕の結果を表 4 に示した。2024 年の採捕は 5 回行い、30 日間生存率の平均は 57.3%で例年（2021 年度平均 56%、2022 年度平均 62%）と同様の結果となった。10 月 24 日と 12 月 12 日には成熟試験に適した大型魚を得ることを目的に新島沖で漁獲を行ったが、釣獲尾数が少なく、長期飼育に至る個体は得られなかった。

表 4 キンメダイ親魚採捕調査結果（2024 年度）

回次	漁場	採捕日	作業時間		投縄数	釣獲尾数	搬入尾数	30日間生存率 (%)
			開始	終了				
1	稲取沖	6月8日	4:05	4:53	1	116	78	59
2	新島沖	10月24日	5:25	8:00	3	4	2	0.0
3	新島沖	12月12日	6:25	8:30	3	9	5	0.0
4	稲取沖	2月1日	6:15	8:00	2	13	12	83.3
5	稲取沖	2月15日	6:00	8:10	3	20	20	55.0
計						162	117	57.3

2) 長期飼育魚に対するホルモン投与効果

ホルモン投与試験の結果、対照区、GnRH 区では排精・排卵は確認されなかった一方、hCG+GnRH 区では 4 尾の雄のうち 3 尾で少量の排精、ならびにその精子の運動能が確認された。また、hCG+GnRH 区の表現型性が全て雄であったため、雌の成熟誘起の検討は行うことができなかった。

試験魚と天然魚の各測定結果を表 5 に示した。GSI に着目すると、雌雄共にいずれの試験区においても天然魚と比較して低い値を示し、排精が確認された個体においても対照区と同程度の値であった。

表 5 ホルモン投与区試験魚の測定結果

	対照区		GnRH区		hCG+GnRH区		天然魚	
	雄 (n=1)	雌(n=1)	雄 (n=3)	雌(n=1)	雄 (n=4)	雌(n=0)	雄 (n=3)	雌(n=2)
尾叉長 (cm)	29.5	22.5	31.5±1.0	28.5	29.3±1.4	—	28.3±2.5	36.0±4.2
体重 (g)	575	365	660±139.4	550	611.3±115.8	—	523.7±144.1	1081.5±468.8
GSI	0.2	0.3	0.2±0.2	0.7	0.2±0.1	—	2.6±2.3	8.8±2.9

生殖腺組織解析の結果、天然魚の卵巢は卵黄蓄積の進んだ細胞が多く見られ、成熟が確認されたが、対照区と GnRH 区では周辺仁期の細胞が多くを占め、成熟の進行は認められなかった（図 3-1）。一方、精巣では排精の有無に関わらず全ての区で精子形成が見られた（図 3-2）。また、これらの個体の血中ステロイドホルモン濃度を測定した結果、雌雄共に

T、11-KT、E2 全ての項目で天然区より低い値を示した（図 4）。

以上より、雄は生殖腺重量の増加がなくても、hCG を打注することで排精を促すことができるが、GSI の上昇と排精量の増加には別のホルモンの使用や水温上昇などの環境刺激が必要であると考えられた。また、雌の成熟促進には GnRH α のみの投与では効果が無く、hCG との共投与あるいは別のホルモンの使用、加えて水温上昇などの環境刺激が必要であると考えられた。

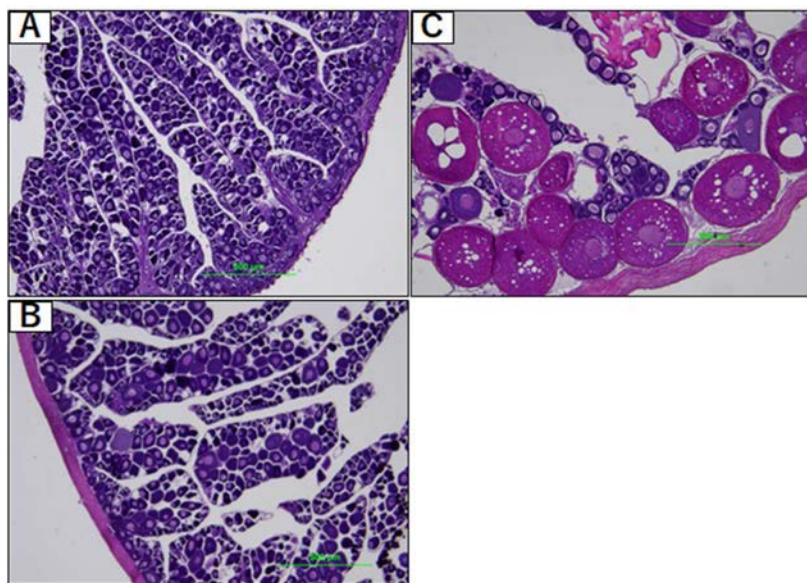


図 3-1 各区卵巢組織切片像（A：対照区、B：GnRH 区、C：天然魚）
スケールバーはいずれも 500 μ m を示す

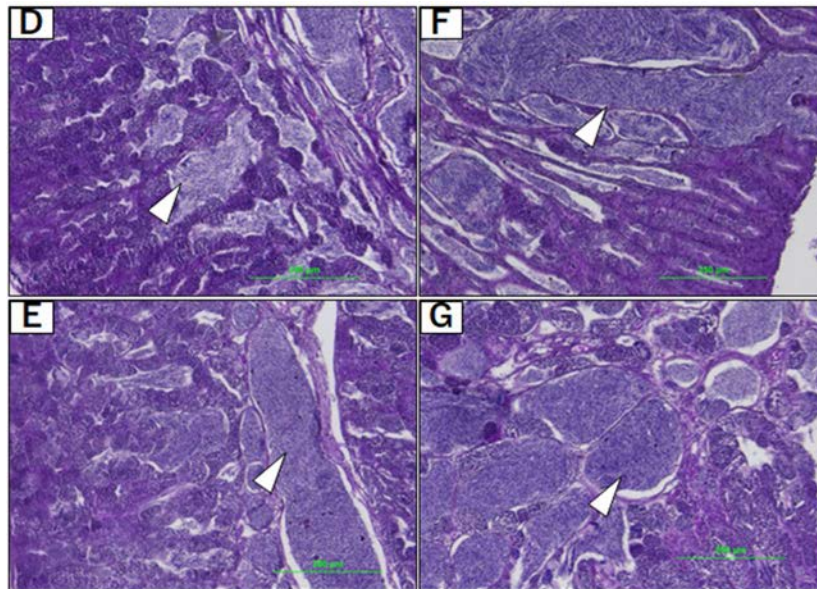


図 3-2 各区精巣組織切片像 (D : 対照区、E : GnRH 区、F : hCG+GnRH 区、G : 天然魚)
 白い矢尻は精子形成が認められた箇所を指し、スケールバーはいずれも 250 μ m を示す

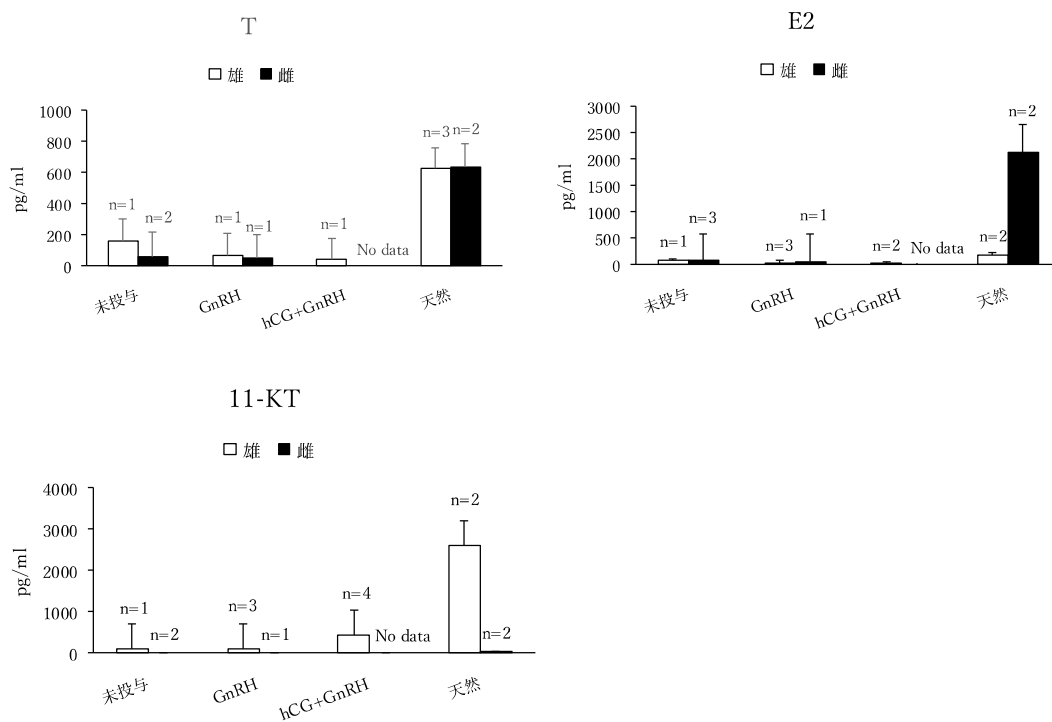


図 4 各種血中ステロイドホルモン

(テストステロン (T)、11-ケトテストステロン (11-KT)、エストラジオール-17 β (E2))
 濃度 (pg/ml) の測定結果 (平均値).

白は雄、黒は雌を示し、エラーバーは標準誤差を示す.

【副次的成果】

①キンメダイの水温耐性について

【研究方法】

今後、成熟誘起するにあたって、ホルモン投与と水温上昇を組み合わせた試験を行うことを考えている。水温上昇による成熟促進試験は、2022年度に水温を11℃から15℃まで上昇させた例があるが、成熟促進効果は見られなかったため、さらに極端な環境刺激が必要であると考えられた。しかし、今までこれよりも高い水温での飼育を行った例はないので、本年度、本種の高水温耐性について検証するため水温上昇試験を行った。

供試魚には2024年6月8日に稲取沖で釣獲し、深層水利用施設の20tコンクリート水槽で4か月間飼育（赤色LED（5lux）を常灯、ホタルイカを飽食給餌）した4個体を用いた。昇温は10月16日から開始し（水温12℃）、約45日間かけて水温20℃になるように駿河湾深層水（取水深270m、397m）と表層水（取水深24m）の注水量を調節して行った。期間は2025年1月23日までとし、その間の斃死の有無および1尾あたりの給餌量を記録した。飼育期間中は与えた。

【研究成果の概要】

試験期間中の平均水温は $16.8 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$ 、1個体あたりの平均給餌量は $26.4 \pm 6.1\text{g/日}$ であった。試験開始後44日目の2024年11月29日に最高水温 20.5°C を記録し、91日目の2025年1月14日に1尾の斃死が確認されたものの、試験期間中の給餌量に大きな変化は見られなかった（図5）。したがって、キンメダイは 20°C を超える水温を経験しても衰弱せず、飼育を継続できることが明らかとなった。

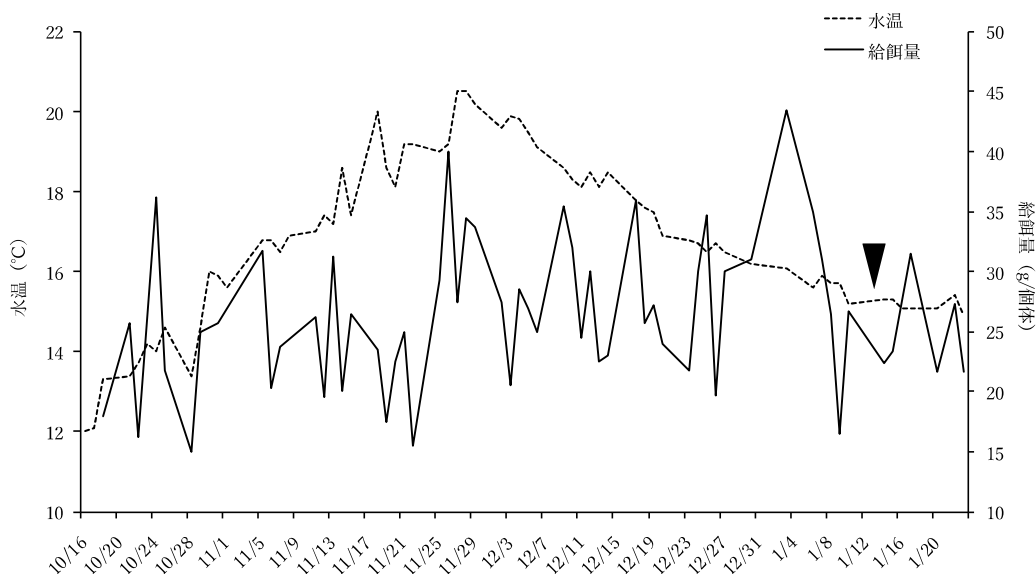


図5 水温耐性実験における実測水温（破線）と1個体あたりの給餌量（実線）の推移
左軸は水温（℃）を、右軸は給餌量（g/個体）を示し、黒い矢尻は斃死が確認された日を示す

【次年度以降に向けた提言】

本年度は試験開始前に雌雄判別を行わなかったため試験区によって雌雄比が偏り、hCG と GnRHa の共投与による雌の成熟促進の再現性を確認することができなかった。また、hCG を打注することで雄の排精を促すことができたが、GSI や血中ステロイドの値は低く、得られた精子は少量であった。今後は試験開始前に PCR による遺伝型性判別を行い、試験区の雌雄比を均一にしたうえで、雌雄で使用するホルモンを変更する必要がある。また、水温上昇試験によって 20℃ まで昇温しても衰弱しないことが明らかとなったため、ホルモン投与と合わせて水温上昇も合わせて行っていく予定である。

【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

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。

令和元年度に本事業で天然親魚からの人工採卵・人工受精および種苗生産に成功した一方で、1シーズン内で採卵に供することのできる天然親魚の確保は数尾程度が限界であり、親魚の確保が非常に不安定であることから、安定した種苗生産技術の確立に向けて親魚養成技術の確立が必要不可欠な状況にある。

令和5年度に本事業で人工種苗からの親魚養成・人工採卵に成功し、6尾の人工親魚から96万粒の浮上卵の確保に成功した。しかし、当親魚養成試験（3年間）における生残率は5%弱と極めて低く、特に夏場の高水温期における飼育魚の死亡が顕著であった。当親魚養成試験では高水温の閾値が把握できておらず、その対策も確立できていないため、生残率の高い夏場の飼育手法の確立が課題となっている。

また、本種の成熟条件も分かっていないため、現状では養成親魚の成熟状況把握は技術者の勘と腹部の触診に頼っており、科学的な裏付けのない手法での把握になっている。親魚養成技術の確立に向けて成熟条件の把握も課題として残っている。

今年度は、最小成熟全長を満たす養成親魚を保有していなかったことから、成熟条件把握試験のための供試魚の飼育および、高水温の閾値を調べるために1歳魚における夏場の高水温耐性試験を実施した。加えて、卵輸送にかかる知見がないことから、受精卵輸送試験を実施した。

【研究方法】

1) 成熟条件把握試験のための供試魚の飼育

令和5年度および令和6年度生産の人工種苗を用いて親魚の養成を行った。4月1日に令和5年度生産種苗を3、4kL青色FRP製円形水槽3面に20尾ずつ収容した。9月10日に令和6年度生産種苗を3kL青色FRP製円形水槽1面に300尾収容した。いずれの水槽においても、表1の飼育条件で飼育した。

2) 1歳魚の高水温耐性試験

令和5年度生産の人工生産種苗（1歳、平均全長17.8cm）を供試魚として用いた。3kL青色FRP製円形水槽2面を自然水温区と冷却水温区に分け、供試魚を20尾ずつ収容し、餌は冷凍のイカとオキアミを3日に1回給餌し、1日の換水率は800%とした。

水温条件は8月6日まで両試験区ともに自然水温とし、8月7日から冷却水温区では水温 28℃前後になるよう海水冷却機で冷却し、対象区は自然水温とした。試験は8月7日から開始し、自然水温が28℃を下回った8月31日に試験を終了し、試験期間中の生残率を調べた。

3) 卵輸送試験

5月20日、海洋生物環境研究所（新潟県柏崎市）が飼育していた4尾の令和2年度生産人工親魚に、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、HCG打注48時間後（5月22日）に腹部を圧迫・搾卵した。搾出した卵に速やかに精子を加えて攪拌し、乾導法により人工受精させた。

UV滅菌ろ過海水10Lをうなぎ袋に入れ、30秒間純酸素を強曝気した後、受精直後の受精卵を収容して、人工授精に使用した卵および精子の全量を収容して、海洋生物環境研究所から山口県水産研究センター（山口県長門市）まで新幹線および普通自動車で輸送した（移動時間：9時間）。水温の変化は移送前16.9℃、移送後17.0℃と0.1℃の上昇に留まった。

輸送後、浮上卵の確認により受精率は42.0%であった。また、持ち帰った受精卵は、を3kL青色FRP製円形水槽1面に収容し、受精から50時間後にふ化率を計測した。

また、一部の受精卵については、海洋生物環境研究所で受精からふ化完了まで育卵し、ふ化完了後のふ化率を計測し、輸送した受精卵とのふ化率を比較した。

【研究成果の概要】

1) 成熟条件把握試験のための供試魚の飼育

令和7年1月31日時点で令和5年度生産種苗23尾（平均全長25.5cm）、令和6年度生産種苗70尾（平均全長17.1cm）を飼育している。

2) 1歳魚の高水温耐性試験

生残率と水温の関係を図1に示す。試験期間中の冷却試験区の平均飼育水温は28.2℃で、自然水温区の平均飼育水温は29.7℃であった。両試験区ともに試験開始直後から死亡が見られ、試験を終了した8月31日時点での生残率は冷却試験区で65%、自然水温区では30%であった。冷却試験区は自然水温区に比べて生残率は高かったが、顕著な死亡が見られたことから、水温28℃以上での飼育は避ける必要があることが分かった。

3) 卵輸送試験

4尾中2尾の人工親魚から56,160粒の卵を搾出することができ、UV滅菌ろ過海水10Lを入れたうなぎ袋に人工授精に使用した卵および精子の全量を収容し受精後速や

かに 23,580 粒の受精卵を収容した。輸送後に受精卵 23,580 粒を 3 kL 青色 FRP 製円形水槽に収容し、受精から 50 時間後のふ化率を計測したところ 25.4%であった。また、海洋生物環境研究所で育卵した受精卵のふ化率は 49.4%であったため、輸送によりふ化率が半減したことが分かった。今回の試験では卵割期に輸送したが、囊胚期または胚体期に輸送することでふ化率が向上すると思われるが、輸送中のふ化リスクを考慮すると、当手法で十分実用化レベルの手法と思われた。

【次年度に向けた提言】

1) 夏場の高水温対策

親魚の生残率を高めるには、夏季の飼育水温を 27℃未満で維持する必要があるが、既存のかけ流し式の陸上飼育では飼育水の冷却が困難であるため、冷却機能を組み込んだ新たな飼育手法に変更する必要がある。そのため、次年度は閉鎖循環システムを用いて、夏季の飼育水温を 27℃未満で維持できる飼育手法を開発することとする。飼育手法開発において、給餌方法・曝気方法等を閉鎖循環システムに適合するよう見直しを行い、生残率の高い飼育手法（目標：夏場の生残率 90%以上）を目指すこととする。

2) 搾卵時期の把握

最小成熟全長を満たす養成親魚が確保できていれば、自然水温で飼育した養成親魚を用いて、3～5 月頃、飼育水温毎（12、15、18℃）に人工採卵を行い、水温毎の搾卵数を把握することとする。

3) 天然魚の親魚養成

人工生産魚については、生残率は低いが養成手法はできていることから、栽培漁業において親魚として用いることが推奨されている天然魚でも同様の飼育手法を用いて親魚養成試験を実施する。

表 1 飼育条件

飼育水		砂ろ過海水
水 温		自然水温
換水率		800%
給餌方法	回 数 (回/日)	1～2
	餌 料	イカ、オキアミ
	給餌量	魚体重の 4%

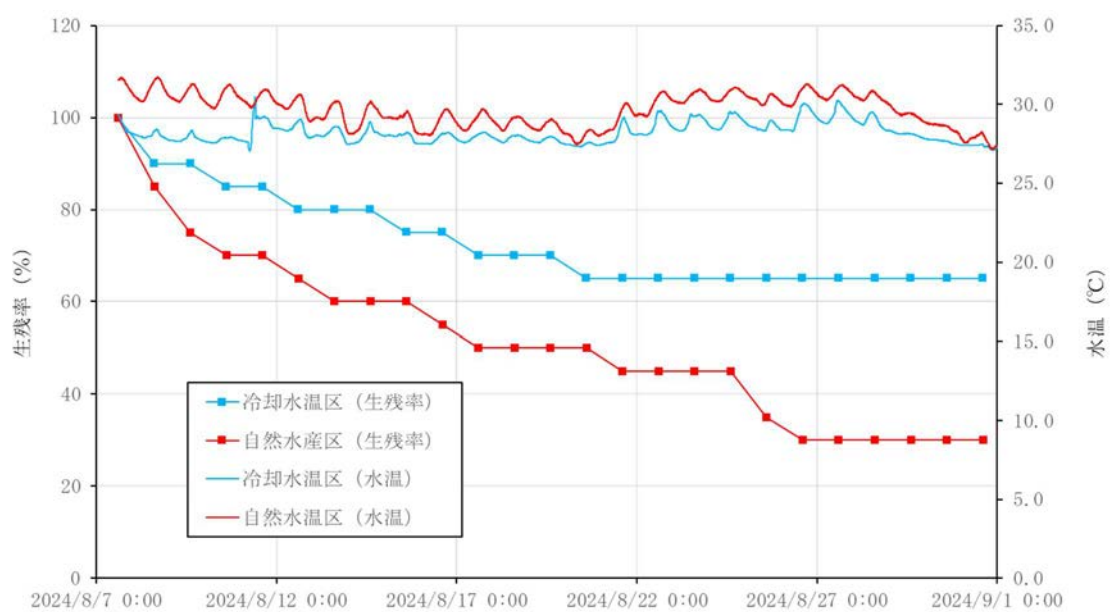


図 1 1 歳魚の高水温耐性試験における生残率と水温の関係

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. 天然親魚試験

6月～8月に計28尾のアカアマダイ親魚を採捕後、水温を23℃に調温し、養成を行った。飼料にはモイストペレット（ダイニチ DMP-アマダイ SP）を用い、週5回、魚体重の1.5-2.0%量を給餌した。

2. 人工親魚成熟試験

人工アカアマダイ4歳魚9尾を用い、水温を23℃に調温し、養成を行った。飼料にはモイストペレット（ダイニチ DMP-アマダイ SP）を用い、週5回、魚体重の1.5-2.0%量を給餌した。

3. 凍結精子量産化試験

6月～10月に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作製し、その後、水産振興協会に凍結精子を供給した。

【研究成果の概要】

1. 天然親魚試験

令和6年6月5日に3尾、7月22日に9尾、7月29日に10尾、8月22日に6尾の計28尾の供試魚を2kL円形シート水槽に収容し冷却装置（ゼンスイ、ZCW-3000）を用いて23℃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。令和4年度試験結果¹⁾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6年9月10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²⁾の方法により採卵を試みたが、供試魚から採卵することができなかった。令和6年8月28日に接近した台風10号による長期間の雷雨・強風の影響で冷却装置が故障し、14日に渡って水温が28～29℃となったことや期間中に餌止めしたことが可能性として考えられるが、原因の特定には至らなかった。

また、今年度採捕した親魚の生残率が1月末現在で35%と低い結果となった（図1）。これは、夏季は海底と海面の水温差（約10℃程度と推定）により、魚体がストレスを受けた可能性がある。

次年度は新たに冷却装置を整備し2基体制とすることで調温機能を増強するとともに、親魚採捕を水温差が少ないと予想される冬季に行うことで、親魚養成における生残率及び採卵量の向上を目指す。

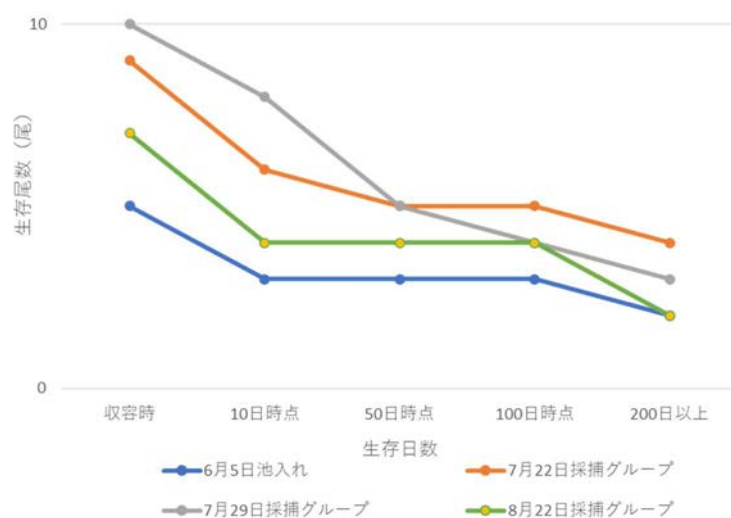


図1 収容後から200日間の生存状況

2. 人工親魚成熟試験

令和6年6月19日に供試魚9尾を収容し、1と同様の方法で養成を行った。令和6年9月10日に供試魚の背筋部にHCGを300IU/kgを目安に接種し採卵した結果、供試魚9尾中2尾（22%）から採卵することができた。採卵は接種24時間後にピークに達し、最大37g/尾（推定卵量480千粒）の採卵を確認した（図2）。人工親魚においても1と同様、冷却装置の故障による高水温化及び餌止めが成熟に影響を与え、採卵できた個体が少なかった可能性がある。

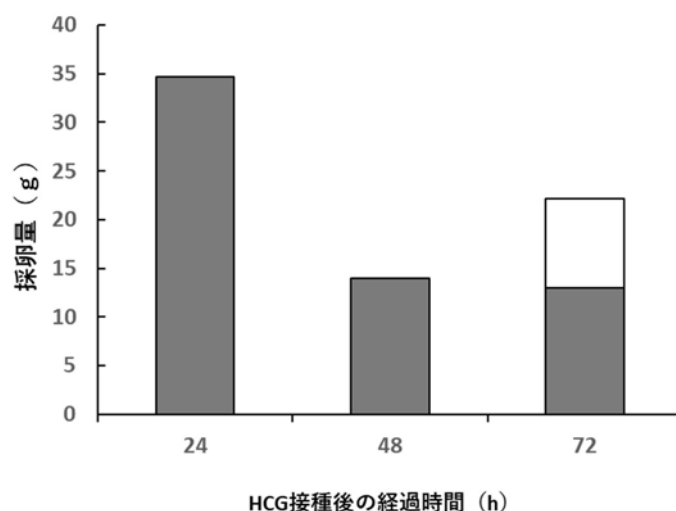


図2 HCG 接種後の採卵状況

3. 凍結精子量産化試験

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³⁾が、これまで実際の精子活性を確認したことはないため、令和6年6月5日～令和6年11月5日 (n=72, BW 468±161g) 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て、精子活性を確認するとともに、液体窒素保存容器を利用し凍結精子作製を行った。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）¹⁾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¹⁾の方法に従い凍結精子を作製し、液体窒素中で保管した。精子の運動状況及び凍結前の精子活性の評価は山本ら⁴⁾の方法に従い観察・評価した。6～8月採捕群は凍結精子作製に適しているとされる活性50%以上の精子が少数しか得られなかったが、9月～11月採捕群は採捕したほとんどから活性50%以上の精子が得られ、合計で57mLのVNNフリー高活性凍結精子を確保した（図3）。そのうち、21mLは宮崎県水産振興協会へ種苗生産用として提供した。なお、全ての採捕期間でVNN陽性率は50%程度であった。

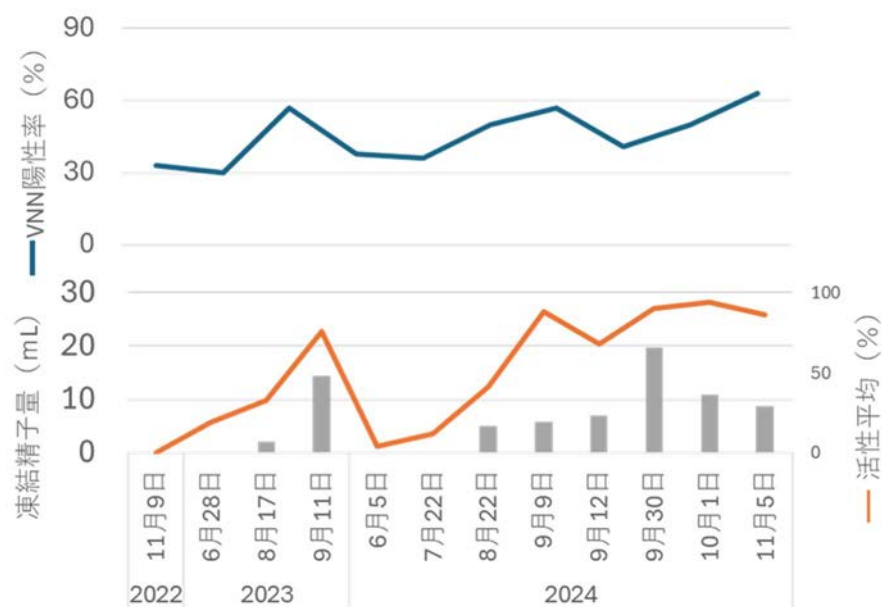


図3 凍結前の精子活性及び VNN 陽性率

【次年度以降に向けた提言】

天然及び人工親魚養成試験

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、天然親魚において、生息水深と海面付近の水温差が少ない冬期に採捕することで生残率向上を目指す。

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.
- 4) 山本太一, 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5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

大坂綾太

【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、人工生産種苗及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その利用技術を開発する。研究成果及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

①養成した人工生産魚を採卵親魚として用い、隔週採卵にて凍結精子を用いた人工受精を実施し、精液の適正濃度を検討した。

雌個体として、2016 年度人工生産魚（水産技術研究所宮津庁舎）の雌 7 尾（体重： $752\pm184\text{g}$ ）及び 2017 年度人工生産魚（山口県栽培公社）の雌 9 尾（ $652\pm107\text{g}$ ）、2019 年度人工生産魚（山口県栽培公社）の雌 4 尾（ $555\pm164\text{g}$ ）を使用した。採卵は 2024 年 9 月 20 日から 10 月 17 日に行った。

雄個体は、2024 年 8 月 22 日、9 月 5 日及び 9 月 30 日に新潟県柏崎市沖で漁獲された天然魚 7 尾（ $1,069\pm121\text{g}$ ）を使用した。得られた精子を含む精巣抽出液は人工精漿で 10、20 及び 50 倍に希釈し、凍結保存した。

なお、種苗生産は海洋生物環境研究所中央研究所柏崎支所（新潟県柏崎市荒浜）で実施し、供試魚の飼育管理、凍結精子の作成及び人工受精の方法については 2023 年度報告書に準じた。

②性比に与える成育時水温の影響を検討するため、水温を変化（ 18°C 及び 23°C ）させて天然魚を用いた人工受精による種苗生産を実施した。

雌個体には 2024 年 10 月 25 日に柏崎市沖で漁獲された 8 尾（ $522\pm72\text{g}$ ）を用い、ホルモン剤を筋肉注射し、48 時間後に採卵した。雄個体には、同じく 10 月 25 日に漁獲された 4 尾（ $1,105\pm52\text{g}$ ）を用い、採取後に人工精漿で 50 倍希釈した精液を作成した。

採卵量は 8 尾分で合計 65g であった。これを 1.5L 容器 2 つに分割（各 22,000 粒）し、それぞれに希釈精液 73mL を加え受精させた後、30L パンライト水槽 2 基にそれぞれ収容した。受精時の水温は 20°C とし、卵を収容した水槽は 18°C 及び 23°C に調整したウォーターバスに入れて温度管理を行った。翌日、各温度においた卵を円形ポリカーボネート製 500L 水槽 2 基へそれぞれ移し、種苗生産を開始した。注水は、 20°C に調温した自然ろ過海水の流水式とし、注水量は仔魚の成長に伴い $0.32\sim3\text{L}/\text{min}$ の範囲で適宜調整した。水温は、水槽内に設置したチタンコイルに調温海水を流し設定温度を維持した。餌料は仔魚の成長に

合わせてシオミズツボワムシのSS型及びL型、シロギス活卵及びその冷凍卵、マダイ冷凍卵、冷凍アミ、配合餌料（ライフ、日本農産工業株式会社）を1日に3回、摂餌状況を観察しながら与えた。

飼育水槽にはシオミズツボワムシの餌料として、また飼育海水の濁度維持、光合成による酸素供給と二酸化炭素消費を目的として、植物プランクトンのパヴロバ *Pavlova lutheri* 及びテトラセルミス *Tetraselmis tetrathele* を1日に2～3回添加した。また、飼育水槽上部には遮光ネットを設置して、水面での照度が正午において100～1,500luxに収まるように調整した。曇天時の水面での照度を100lux以上に確保するために白熱灯(60W)を水槽上部に設置し、15時間明期及び9時間暗期の長日条件で点灯した。なお、孵化後7日目以降は24時間点灯して飼育を行った。生殖腺組織切片を作成するため、2023年度に確認したシロアマダイ仔魚の性分化を参考に、23℃区では孵化後60日目に、18℃区では23℃区の上り上げ時の体長と同程度まで成長した孵化後90日目にそれぞれ個体をサンプリングした。

③天然漁獲魚の蓄養方法の最適化として、ナノブレンダー（フューテックニイガタ合同会社）を用いた高溶存酸素下での蓄養を検討した。

蓄養個体は、2024年10月25日に柏崎市沖にて漕ぎ刺し網で漁獲されたアカアマダイ11個体を用いた。蓄養には500Lダイライト水槽（長さ：170cm、幅：78cm、高さ：38cm）を用い、個別に飼育ができるようトリカルネットで幅15cm毎に仕切りを設けた（図1）。各仕切り内にはストレス軽減を目的として身を隠すことができる塩ビ製パイプ（長さ30cm、直径10cm）を1本入れた。飛び出し防止のため水槽上部に遮光ネットを設置した。水槽には14～18℃になるように調温した海水を5L/minで注水し、溶存酸素量が注水で14mg/L（飽和度180%）～16mg/L（210%）、水槽排水口で12mg/L（150%）～14mg/L（175%）を維持するように設定した。



図1 漁獲後のアカアマダイ蓄養水槽

2) 人工生産の雌親魚を用いたシロアマダイの人工受精

人工生産されたシロアマダイ雌の卵と、天然雄の精液を用いて人工受精を実施した。雌親魚は2020年5月に山口県外海水産研究所が種苗生産した4尾（1,153±170g）、精液は山口

県水産研究センターが天然魚 3 尾から採取した人工精漿で 50 倍希釈のものを用いた。

人工受精は柏崎支所にてアカアマダイと同様の方法で行った。受精卵は山口県水産研究センターへ輸送し、種苗生産に用いた。受精卵の輸送は二つの方法を試行し、一つは容量 15L のウナギ二重袋にろ過海水 12L と純酸素 3L とともに受精卵を収容後、発泡スチロール箱に梱包する方法、他方は容量 900mL の水筒にろ過海水 900mL とともに受精卵を空気の層ができないように収容する方法とした。これら輸送方法による孵化への影響を確認するため、同一ロットの受精卵の一部を 1L ビーカー（水量 800mL）に分取し、対照試料として柏崎支所で管理して、孵化率を確認した。

【研究成果の概要】

1) アカアマダイ親魚養成技術の開発

①人工受精は各希釈倍率の凍結精子の使用量をいずれも 10mL とし、3 回（9 月 20 日、10 月 4 日、10 月 17 日）行った。3 回のうち発生卵を得られたのは第 1 回のみであり、10 倍に希釈した凍結精子 10mL を使用した条件が最も高い正常発生率（100%）、及び孵化率（61.3%）を示した（表 1）。

表 1 人工受精した卵の正常発生率及び孵化率

試験回	実施日	精子希釈倍率	卵管理時水温	正常発生率*	孵化率
第 1 回	9/20	10 倍	20℃	100%	61.3%
		20 倍	20℃	100%	52.6%
第 2 回	10/4	10 倍	20℃	0%	—
		20 倍	20℃	0%	—
		50 倍	20℃	0%	—
第 3 回	10/17	10 倍	18℃	0%	—
		10 倍	23℃	0%	—

* 0%時は浮上卵なし。

第 2 回及び第 3 回の実施で発生卵を得ることができなかった原因として、第 2 回以降に使用した凍結精子が劣化していた可能性が示唆された。凍結精子の取り扱いに対する習熟度が低く、第 1 回の人工受精に使用しなかった凍結精子を保冷容器に戻す前に融解させてしまったことで、再凍結時に二度目のダメージを加えたことが原因であると推察された。

②照明を 15 時間点灯とした条件では、孵化後 7 日目に 23℃区においてアカアマダイ仔魚の浮死が多数発生したため、以降は 18℃及び 23℃区ともに 24 時間点灯で飼育を行った。また、18℃区については 23℃区に比べ成長の著しい鈍化がみられたため、成長を促進するために水温を段階的に上昇させた。孵化後 35 日目に 19℃、36 日目に 20℃、58 日目に 21℃、62 日目に 22℃、66 日目に 23℃とした。

人工受精 24 時間後の卵の正常発生率は 18℃区で 77.5%、23℃区で 50.7%であり、水槽内

を柱状にサンプリングした結果から仔魚の孵化率は 18℃区で 72.3%、23℃区で 54.5%であった。なお、終了時の生存数は 18℃区では 4 尾（体長:36.19±6.65mm）、23℃区は 239 尾（33.54±2.67mm）であった。

これらの結果から、飼育水温に関して、受精から孵化までは 18℃程度で飼育し、孵化後水温を徐々に上げ 23℃程度で継続飼育する方法が適切であると考えられた。今後、種苗生産した個体の性比確認のため、生殖腺組織切片を作成し、組織学的観察を行う予定である。

③蓄養水槽にアカアマダイ 11 尾を収容したが、1 週間以内に 4 尾が死亡し、2025 年 1 月時点で 5 尾が生存していた。死亡した個体は、蓄養水槽から飛び出した 1 個体を除き、いずれも糜爛、内臓の出血、消化管等からの腐敗臭があったことから、漁獲時のダメージによる斃死と考えられた。高溶存酸素下における飼育の所見として、魚の挙動が落ち着き比較的安定していること、無摂餌の期間が短縮、人馴れし易いなどがあげられる。水槽収容 2 か月後の生存率について、通常条件で飼育した 2023 年度の結果との比較を表 2 に示す。

表 2 天然漁獲魚の水槽収容後 2 か月時の生存率

実施年度	漁獲方法・場所	収容尾数	死亡尾数	生存率	採卵の有無
2023	刺し網（新潟）	5	4	20%	無
2023（7 月度）	釣獲（宮津）	6	4	33.3%	無
2023（12 月度）	釣獲（宮津）	31	24	22.6%	無
2023	漕ぎ刺し網（柏崎）	10	8	20%	無
2024	漕ぎ刺し網（柏崎）	11	6	45.5%	有

高溶存酸素下での蓄養は 2023 年度と比較して高い生存率となった。また、漁獲翌日に雌 8 尾へホルモン注射し、その 48 時間後に採卵を行った結果、2 尾が採卵後 4 日以内に死亡したものの受精卵を得ることができた。

従来の飼育方法と比較した場合、高溶存酸素下での飼育は、蓄養方法として一定の効果が期待できるものと考えられた。

2) 人工生産の雌親魚を用いたシロアマダイの人工受精

山口県水産研究センターへ輸送した受精卵のうち、ウナギ二重袋へ収容したものは、到着後 3kL 水槽に収容した。収容卵数は 23,580 粒であった。孵化後、柱状サンプリングを行った結果、正常仔魚数は 6,000 尾、孵化率は 25.4%であった。一方、水筒で輸送したものは、供試卵数は 91 粒、正常仔魚数 31 尾、死卵数 60 粒、孵化率は 34.1%であった。対照となる柏崎支所で管理した受精卵は、供試卵数 245 粒、正常仔魚数 121 尾、形態異常仔魚数 3 尾、死卵数 121 粒、孵化率は 49.4%であった。

輸送した受精卵の孵化率が低かった原因として、受精直後の弱い時期に輸送したことで、衝撃によるダメージがあったと推察された。受精卵輸送を行う場合、胚体期以降の比較的

安定した発生時期に行うのが望ましいと考察された。

【次年度以降に向けた課題】

アカアマダイの親魚養成技術として、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受精を実施することが有効な手段と考えられるが、その最適条件を検討することが今後の課題である。

特に、人工生産の雌親魚からの採卵間隔は隔週が最適と考えられることから、それに合わせた天然雄の凍結精子の作成や取り扱いについて、検討を継続し、最適化を図るとともに、改めて取扱い方法の習熟、使用資材の選定などの高度化が重要と考えられる。また、安定的に受精卵が得られた場合には小規模な種苗生産を複数回実施することにより、人工生産魚における雄の出現条件を検討することも必要である。

シロアマダイについては、種苗生産に必要な受精卵を安定的に得るために、親魚に養成した天然魚及び人工生産魚を確保し、受精卵の安定的な輸送方法を最適化していくことが必要である。

【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 マリンピア日本海

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、成熟年齢に達した天然個体を採集して飼育し、飼育下で受精卵を得るための親魚養成技術の開発に取り組む。

【方法】

1) 成熟年齢に達した天然個体の入手

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（天然個体）の採集を実施した。採集は、佐渡海峡の水深 200m 等深線付近において、5 月に 2 回、6 月に 1 回、7 月に 1 回、8 月に 1 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 15℃以下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。船上では、電池式エアーポンプで通気して酸欠を防ぎ、適宜、海水を凍らせた氷を使って水温調整をした。港から水族館までは水量 2.3m³ の断熱水槽を搭載した活魚輸送車を使用して陸上輸送を行った。輸送時の水温は、船上での収容水温と同じ、水温 15℃以下を保つようにした。

2) 天然個体の親魚養成のための飼育試験

天然個体は、水族館の断熱角型水槽（FRP 製、200cm×127cm×H88cm、水量 2m³）で飼育試験を開始した（図 1）。飼育環境は、馴致期間はストレス軽減を目的に、水槽上部を断熱材スタイロフォームで遮光して照度を下げ、水温は飼育に適した 13℃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した。馴致後、生息深度の環境に合わせるため水温と照度の調整を行った。水温は、1～2 月は約 9℃まで低下させた。3 月から上昇させ、新潟県での繁殖期である 7 月に約 23℃にした。23℃での飼育は 10 月まで行った。上部には照明を 2 灯設置した。照明が直接水面に当たらないよう、水槽開口部を樹脂製の水色の簾で覆い、簾の下の水面上での照度が、3～6 月は 1Lux 以下、7～10 月は、7～18 時は約 100Lux、18～7 時は 1Lux 以下となるようにした。濾過槽にオーバーフロー管を設置し、産卵された卵を回収できるよう、排水口に採卵水槽を設置した。

【研究成果の概要】

1) 成熟年齢に達した天然個体の入手

2024年5月18日、5月30日、6月21日、7月17日、8月5日に佐渡海峡の水深200m等深線付近において、天然個体の釣りによる採集を実施した。表層水温は5月が15.4～18.5℃、6月が22.0℃、7月が23.9℃、8月が27.2℃であった。天然個体が採集できたのは、7月17日だけであった。採集個体は5個体で、採集時の水深は170～180mであった。船上輸送後に生存していたのは3個体、陸上輸送後に生存していたのは2個体であった。収容10日後に1個体が死亡、さらに1個体が33日後に死亡した。死亡した5個体については、性別、全長、体長、体重、生殖腺重量指数（GSI）を計測した。生殖腺は発達していたが、雌のGSIの値は低かった（表1、図2）。

2) 天然個体の親魚養成のための飼育試験

天然個体の親魚養成のための飼育試験は、2023年5月に採集した3個体で行った。天然個体の馴致は2023年1月20日までに行い、その後、天然海域での産卵習性を参考に、水温、照度を生息環境に合わせて変化させた。1～2月の水温は $9.3\pm0.3^{\circ}\text{C}$ 、照度は1Lux以下とした。3月から水温を徐々に上昇させ、繁殖期に当たる7～10月は、水温 $23.4\pm0.7^{\circ}\text{C}$ 、日中の照度95.4～126.8Lux、夜間の照度1Lux以下で飼育した（図3）。水温上昇から81日後の9月20日に産卵が確認された。前日の夕刻（17:00）には産卵は確認されず、翌朝（9:00）に採卵槽内に卵が確認されたことから、産卵は夜間に行われた。採卵水槽で確保できた卵を計測した結果、産卵数は18,050粒、すべて未受精卵で、受精卵は確認されなかった。卵径は $0.81\pm0.01\text{mm}$ （n=5）、真球形の無色透明卵で、黄色を呈した大油球が1個確認された（図4）。本種の既知の完熟卵と同径で、形状も類似していた。10月までの4か月間で、産卵は1回のみであった。佐渡海峡での天然海域での産卵期は10月上旬までであることから、10月以降、徐々に水温を低下させ、1月の水温は、飼育に適した $13.9\pm0.7^{\circ}\text{C}$ で飼育を継続した。

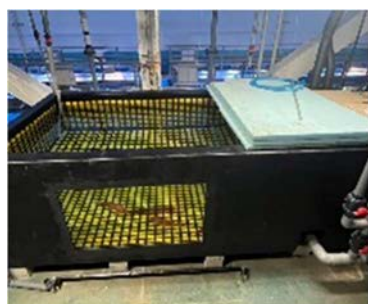
【次年度以降に向けた提言】

本年度は、成熟年齢に達していると想定された天然の大型魚3個体（推定、雌）の産卵条件を調査する試験を計画通り実施した。新潟沿岸における天然個体は通常、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いる。産卵条件には水温や照度が関係していると推測されるため、冬季の水温を低温、照度を低照度にして飼育し、夏期から秋季の水温を高温、照度を日中と夜間で変化を付けた環境で飼育した。9月に1回の産卵が確認され、水温や照度の季節変動が産卵行動の誘発や生殖腺の発達に関係している可能性が示唆された。次年度は同じ条件で親魚養成を行い、産卵の再現性を検証する必要がある。産卵時刻を解明するため、夜間観察を行うと良いと思われる。夜間観察には、暗視カメラを設置して録画する方法が適

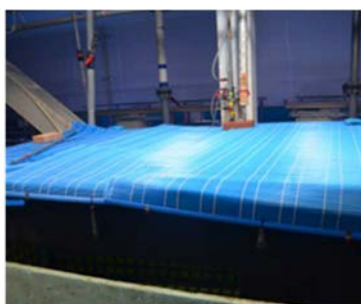
していると考える。本年度は天然の雄個体が産卵前に死亡したため、急遽、成熟年齢に達した人工生産魚を同居させたが受精卵を得ることができていない。次年度は、親魚養成のための天然個体の入手を進め、雌雄ともに成熟年齢に達した天然個体で親魚養成を行うと受精卵を得られる確率が増すと考えられる。採集直後の天然個体の生残率の向上には課題があり、特に、移送時の水温上昇、水面の揺れによる擦れや水槽内の壁への衝突など、移送水槽の性能や形状は生残率に影響する。今年度、真空断熱材を用いて保温性能を強化し、船上でも水が揺れにくい形状で壁面を魚が認識しやすい橙色で塗った移送水槽を設計し導入した。次年度は、移送水槽の活用に加え、ハンドリングの際に魚体を傷つけにくい道具類の使用など、天然魚の生残率を高める採集、輸送技術の開発を進めることが、親魚の安定的な確保に必要である。

表 1. 採集した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 (GSI)	備考
7月17日	♂①	279	219	313	8.14	2.60	輸送前に死亡
7月17日	♀①	277	222	359	13.13	3.66	輸送前に死亡
7月17日	♀②	307	247	476	7.92	1.66	輸送中に死亡
7月17日	♀③	270	217	312	6.49	2.08	10日後に死亡
7月17日	♀④	321	267	546	7.17	1.31	33日後に死亡



飼育試験水槽



水槽上部を簾で遮光



採卵水槽

図 1. 親魚の飼育設備



図 2. 採集した天然個体の精巣と卵巣

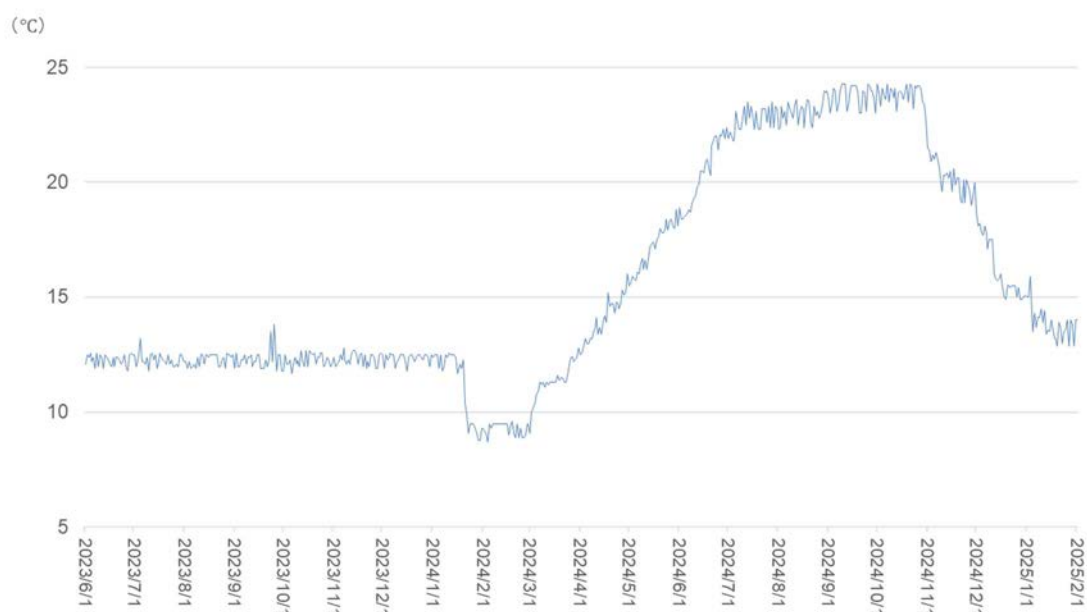


図 3. 親魚水槽の飼育水温

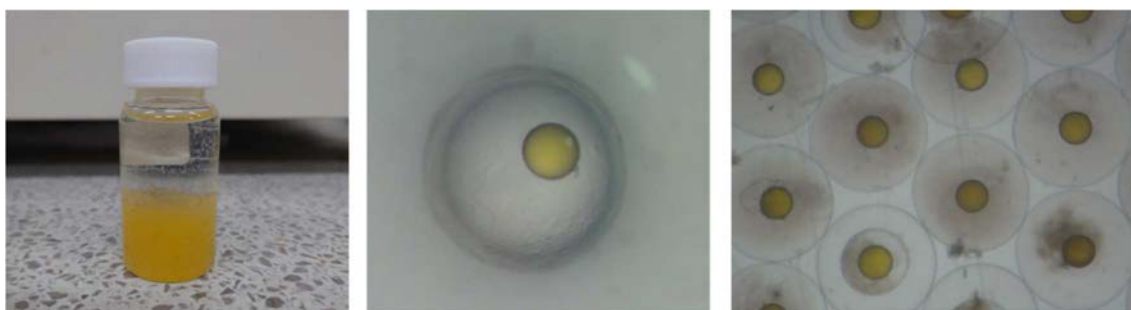


図 4. 飼育下で産卵された卵

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

吉川康夫・稲葉晃誠

東京海洋大学

吉崎悟朗・森田哲朗

【目的】

昨年度、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。今年度はこの好事例に基づき（初期餌料はワムシ、飼育水槽は100L容サンライト水槽等）、仔魚飼育を試み生存期間のさらなる長期化を目指す。

【研究方法】

1) 初期餌料

初期餌料は水産研究・教育機構のジーンバンク事業から配布をうけたSS型タイ株ワムシとL型能登島株ワムシを使用した。それぞれ100L容アルテミア水槽に収容し淡水クロレラ（クロレラ工業 スーパー生クロレラ V12）を餌料にして培養した。原則週2回植え継ぎを行う方法（バッチ式）で培養した。ワムシの栄養強化は市販の栄養強化剤（クロレラ工業 バイオクロミスリキッド）を使用した。

2) ふ化仔魚の飼育

人工授精で得られた受精卵は水温を12℃に調整した滅菌海水を満たした1Lビーカーに収容し観察した。2時間ごと（日中）に水替えを行い沈下卵を除いた。卵割の状況は備品として購入したLEDズーム実体顕微鏡を使用して観察した。

ふ化した仔魚は1Lビーカーから2L角型プラスチック水槽に1尾ずつスポイトですくい取って移送した後、一部を観察用として弱い回転流を伴うクラゲ鑑賞用水槽（2.5L）に、後のものを水温12℃に維持できるようウォーターバスを施した100L容サンライト水槽に移送し飼育を試みた。

【研究成果の概要】

1) 初期餌料

ワムシの培養は、バッチ式を採用したことで試験期間中（6～10月）、SS型、L型とも平均密度は200～400個体/mlで推移し安定していた。ふ化仔魚を得た際、ワムシを十分

に与えられる状況が整った。

2) ふ化仔魚の飼育

2023 年の調査船「駿河丸」での人工授精で得られた受精卵は、館山 ST にて約 1.1 万尾の仔魚がふ化し、5 日齢から栄養強化ワムシを給餌して飼育・観察したところ、最長で 33 日齢まで生存し、仔魚後期（全長 7.5mm）に達した。同じ受精卵の一部を深層水利用施設と伊豆分場に収容し、ふ化後の飼育をしたが、両所とも途中で生存数が急減し、最長で 8 日齢までの生存を確認した。33 日齢まで生存した仔魚の親は夜半前（22:40～23:30）に釣獲されていた。良質卵を得る上で卵を採取する時間帯（天然海域で排卵）が重要である可能性が推察された。

2024 年の A 丸を用いた親魚採捕で得られたキンメダイを使用した人工授精試験は 2 回実施した（表 1）。各回次の経過を以下に記した。

表 1 人工授精試験結果（南伊豆）

回数	採捕日	採卵	採精	授精	ふ化	仔魚生存 日数
1	6月19日					
2	7月10日	×	○	—	—	
3	8月22日	×	×	—	—	
4	9月6日	○	○	○	×	
5	9月12日	×	×	—	—	
6	9月20日	×	○	—	—	
7	10月3日	○	○	○	○	3日

7月10日：6尾（雄4尾、雌2尾）のキンメダイを搬入した。そのうち成熟した雄1尾から精子を採取して冷蔵保存精液を作成した。この冷蔵保存精液は約 50 日間運動活性を示した。

8月22日：5尾（雄3尾、雌2尾）のキンメダイを採捕したが、船上で死亡してしまい、人工授精試験は実施できなかった。

9月6日：10尾（雄3尾、雌7尾）のキンメダイを搬入した。雌の腹部を押して搾出した卵に、雄から採取した精液で媒精し受精卵を得た。受精した 2 時間後に卵割が観察されたが、その後卵割が不等になり胚体を形成するまでに至らなかった。

9月12日：4尾（雄3尾、雌1尾）のキンメダイを搬入した。4尾とも魚体が小さく（尾叉長 30～38cm、体重 495～714g）成熟していない個体だったので、卵は採取はできず人工授精試験は実施できなかった。

9月20日：15尾（雄13尾、雌2尾）のキンメダイを搬入した。雌2尾は未成熟で卵の採取は出来なかった。成熟した雄から精液を採取し冷蔵保存精液を作成した。この冷蔵保存

精液は9月28日、10月3日、4日、11日の人工授精試験に活用した。

10月3日：雌3尾のキンメダイを搬入した。また、雌1尾が船上で放卵したため、その卵を保冷ポットに回収し持ち帰った。雌の腹部を押して搾出した卵と船上で回収した卵に、9月20日に作成した冷蔵保存精液で媒精し受精卵を得た。得られた受精卵は東京海洋大学館山ステーションに搬送した。10月5日にふ化し約1800尾の仔魚が得られたが、3日齢（餌を食べ始める前）で死滅した。

2024年のR丸の卵を使用した人工授精試験を3回実施した（表2）。各回次の経過を以下に記した。

表2 人工授精試験結果（漁業者依頼）

回次	実施日	授精	ふ化	仔魚生存日数
1	9月26日	○	○	10日
2	10月4日	○	○	2日
3	10月11日	○	×	
（参考）2023年結果				
1	10月6日	○	○	8日

9月26日：卵の量はスプーン3杯程度（R丸から伝聞）。卵を冷蔵保存精液（9月20日作成）で媒精し受精卵を得た。28日に約200尾ふ化が見られた。仔魚は2.5L容クラゲ鑑賞用水槽に収容し観察した。2日齢の仔魚をサンプリングして備品として購入したLEDズーム実体顕微鏡を使用して観察した（図1）。10月1日（3日齢）から約100尾を100Lサンライイト水槽（ごく少量の換水、曝気）に移し、餌にSS型ワムシを与えて飼育した。観察用に30尾程クラゲ鑑賞用水槽に収容した。3日にサンライイト水槽を観察した際、仔魚の存在を確認することができなかった。クラゲ鑑賞用水槽で8日朝に3尾の生存が確認されたが、その日のうち死滅した（10日齢）。

10月4日：卵の量はスプーン1杯弱（R丸から伝聞）。冷蔵保存精液（9月20日作成）で媒精し受精卵を得た。受精卵約50粒を1Lビーカーに入れ卵割、ふ化を観察した。後の受精卵約300粒はサンライイト水槽に入れ飼育を試みた。6日にふ化を確認した。8日（2日齢）にワムシ給餌開始したが、9日以降サンライイト水槽内で仔魚を確認することはできなかった。11日に飼育終了した。

10月11日：卵の量はスプーン1杯弱（R丸から伝聞）。冷蔵保存精液（9月20日作成）で媒精し受精卵を得た。13日にふ化状況を観察したがふ化は確認できなかった。



図1 ふ化2日齢の仔魚（9月28日ふ化）

【次年度以降に向けた提言】

33日齢まで生存した仔魚の親魚は夜半前（22:40～23:30）に釣獲されていたこと（2023年結果）から、良質卵を得る上で卵を採取する時間帯（天然海域で排卵）の重要であると考えられ、今年度は「ア 親魚養成及び人工授精技術の開発」において、時間帯を意識した計画（夜間操業）を立てたが、受精卵を得られなかった。次年度も「駿河丸」を使用し夜間操業による釣獲試験の実施を予定している。

南伊豆での親魚採捕量が昨年度に比べて少なく、それに伴い採卵量も少なかったため、ふ化仔魚飼育試験の機会は限定的であった。ふ化に至った受精卵は、漁船内で採取した卵および漁業者が採取した卵であった。腹部圧迫して得た卵は受精はするが、不等卵割となり胚体形成には至らなかった。受精卵の発生には卵採取時の卵質が大きく関係すると考えられ、いかに良質な卵が得られるかが重要な課題となる。良質な卵を得る条件として「自発的に産んだ卵であること」「採取から人工授精まで時間をかけないこと」があげられる。よって、次年度は、釣獲した親魚を持ち帰って卵を搾出する方法ではなく、船上で（雌が自発的に産んだ）卵を採取し、船上で（冷蔵保存精液を活用して）人工授精を行い受精卵を持ち帰る方法を計画している。

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

水田 篤・甲斐晴貴・祖母井優登

【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、山口県栽培漁業公社（以下、「山口県」という）で開発されたアマダイ類の種苗生産技術を活用し、宮崎県水産振興協会が保有する生産施設（水槽）に適した水流や照明方法の改良に取り組む。

【研究方法】

1. 採卵用親魚を大量確保する方法の確立

今年度は人工種苗を養成した親魚（以下、「人工親魚」という）、昨年の採卵に供し、養成した天然親魚（以下、「養成親魚」という）、今年度の親魚採捕で得られた親魚（以下、「天然親魚」という）を用いて採卵を実施した。

人工親魚及び養成親魚の採卵は 9 月に 1 回行った。人工親魚及び天然親魚を用いた採卵は 10 月と 11 月に 1 回ずつ行った。親魚採捕で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、精巣を摘出して凍結精子を作製した。また、オスのみ個体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、陰性個体の凍結精子のみを受精に使用した。

人工親魚及び養成親魚の採卵はホルモン打注から 24 時間、48 時間、72 時間後を目安に搾出法で行った。天然親魚の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った。得られた卵は凍結精子を使用し、受精後に 200L パンライトに一時収容した。凍結精子は活性が良いものを選出し、搾出した卵 5g 当たり 1 本（0.4ml）を目安に使用した。採卵作業終了後に浮上卵分離を実施し、浮上卵は卵管理用 200L アルテミアふ化槽に収容し、一晚卵管理した。卵管理は止水、微通気で行い、水温は 22℃から 23℃になるようにクーラーで室温を維持した。翌日、胚体形成確認後に浮上卵分離を実施し、浮上卵のみを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、23℃に水温馴致を行い 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

飼育水槽は屋内 60KL 円形コンクリート水槽 1 槽を使用した。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 60W 電球色と 100W 昼白色 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。

飼育水は紫外線殺菌したろ過海水を使用し、注水を 3 日齢から換水率 5% で開始し、稚魚の成長に合わせて最大 3 回転/日まで増量した。飼育水温は、23.0℃に加温調整し、55 日齢頃から設定水温を徐々に下げ、75 日齢頃からは自然水温とした。

通気は、山口県を参考に中央排水パイプ周りに円形ユニホースを設置し、水槽外周にエアーリフトを 3 か所設置し、水槽内に時計周りのゆるやかな回転流が発生するように調整した。水流の流向、流速は、一昨年作成した吹き流し簡易流速計を使用して把握した。また、開鰓を促すために 3 日齢からエアー吹き寄せによる油膜取り装置を設置し、水面の油膜除去を行った。油膜取り装置は、山口県を参考に、コの字型大型油膜取り (2.0×0.6 m) を作製し、使用した。

底掃除は 12 日齢から適宜実施し、49 日齢からは毎日実施した。また、底質改善を目的として 6 日齢から適宜、貝化石 (フィッシュグリーン、(株)グリーンカルチャア) を散布した。

餌料は S 型シオミズツボウムシ (以下、「ウムシ」という)、アルテミア幼生 ((株) 北村)、冷凍コペポダ ((有) アイエスシー) 及び配合飼料を稚魚の成長に合わせて給餌した (表 1)。ウムシはナンノクロロプシスと油脂酵母 (あすかアニマルヘルス (株))、タウリン (バイオ科学 (株)) で栄養強化を行い、2 日齢から 29 日齢まで給餌した。ウムシの給餌期間中は飼育水に濃縮ナンノクロロプシス (マリンクロレラ 100、(株) ヒガシマル) を毎日添加した。アルテミア幼生はバイオクロミス (クロレラ工業 (株)) で栄養強化を行い 21 日齢から 40 日齢まで給餌した。冷凍コペポダは 25 日齢から 50 日齢まで給餌した。配合飼料は 22 日齢から給餌を開始した。

また、30mm サイズでの一次取り上げについては、これまで取り上げ後にスレなどを起因とする大量へい死が発生していたことから、昨年度同様に本年度も 70mm サイズの大量生産を実現するために実施を見送った。

表 1 餌料系列

[illegible]

【研究成果の概要】

1. 採卵用親魚を大量確保する方法の確立

人工親魚、養成親魚の採卵結果を表2に示す。

人工親魚及び養成親魚の採卵は 9 月 11 日から 3 日間実施した。11 日 (24h) の採卵では人工親魚 9 尾、養成親魚 11 尾から採卵を実施した。そのうち、人工親魚 1 尾から 45.1 千粒採卵できたが過熟卵のため、受精率が悪く浮上卵が少量であったため、すべて廃棄した。

12 日 (48h) の採卵には人工親魚 9 尾を使用した。養成親魚は成熟が進んでおらず、採卵には使用しなかった。1 尾のみから採卵ができ、採卵数 18.2 千粒、浮上卵数 14.4 千粒、浮上卵率 79.3%であった。

13 日 (72h) の採卵には人工親魚 9 尾を使用した。2 尾から採卵でき、採卵数は 28.8 千粒、浮上卵数 20.0 千粒、浮上卵率は 70.3%であった。

2 日間で合計 34.4 千粒の浮上卵が得られ、卵質は比較的良好であったが、卵数が少なかったため、池入れは断念した。

天然親魚、人工親魚の採卵結果を表3に示す。

1回目の親魚採捕は9月30日、10月1日の2日間実施した。9月30日に実施した親魚採捕では活魚17尾、鮮魚157尾を確保した。鮮魚157尾のうち、17尾を凍結精子の作製に供した。10月1日に実施した親魚採捕では活魚18尾、鮮魚12尾を確保した。鮮魚12尾のうち、8尾を凍結精子の作製に供した。

採卵は、親魚採捕で得られた活魚及び人工親魚 6 尾を使用し、10 月 2 日から 3 日の 2 日間実施した。総採卵数は 162.0 千粒、浮上卵数 82.0 千粒、浮上卵率の平均は 50.6%であった。

浮上卵数が少ないことに加えて、受精はしているが発生が途中で止まっている卵が多かったため、池入れは断念した。

2回目の親魚採捕は11月5、6日の2日間実施した。11月5日に実施した親魚採捕では活魚26尾、鮮魚8尾を確保した。鮮魚8尾は凍結精子の作製に供した。11月6日に実施した親魚採捕では活魚4尾を確保した。鮮魚については、凍結精子が十分量確保できたことから購入しなかった。

採卵は、親魚採捕で得られた活魚及び人工親魚 5 尾を使用し、11 月 7 日から 3 日間実施した。総採卵数は 238.0 千粒、浮上卵数 126.0 千粒、浮上卵率は平均 52.9%であった。7 日（48h）の浮上卵は発生が止まっている卵が多く、浮上卵のうち胚体形成率は約 30%であった。8 日（42h）、9 日（72h）の浮上卵は卵質が良好で、胚体形成率も約 90%であったため、3 日分の浮上卵の池入れをした。

表 2 採卵結果（人工親魚、養成親魚）

採卵日	9/11	9/12	9/13	合計
採卵量（g）	34.7	14.0	22.2	70.9
採卵数（千粒）	45.1	18.2	28.8	92.1
浮上卵（千粒）	0.0	14.4	20.2	34.7
沈下卵（千粒）	0.0	3.7	8.5	12.3
浮上卵率（%）	0.0	79.3	70.3	49.9

表 3 採卵結果（天然親魚、人工親魚）

採卵日	10/2	10/3	合計
採卵量（g）	74.1	51.4	125.5
採卵数（千粒）	96.0	66.0	162.0
浮上卵（千粒）	52.0	30.0	82.0
沈下卵（千粒）	44.0	36.0	80.0
浮上卵率（%）	54.2	45.5	50.6

採卵日	11/7	11/8	11/9	合計
採卵量（g）	102.2	80.6	36.0	182.8
採卵数（千粒）	116.0	79.0	43.0	238.0
浮上卵（千粒）	60.0	50.0	16.0	126.0
沈下卵（千粒）	56.0	29.0	27.0	112.0
浮上卵率（%）	51.7	63.3	37.2	52.9

2. 種苗生産技術の開発

1 月 31 日時点の種苗生産状況を表 4、成長曲線を図 1 に示す。

今年度は、11 月 7～9 日の 3 日間の採卵で得られた受精卵のうち浮上卵 126 千粒を円形水槽 1 槽に収容し、生産を開始した。収容卵のうち 49 千尾がふ化し、ふ化率は、38.9%、飼育開始密度は、817 尾/kl であった。

開鰾は 4～5 日齢から始まったが、10 日齢で開鰾率が 60%と例年に比べ低かった。また開鰾率の低さが原因と考えられる形態異常魚（脊椎湾曲）が目立った。

ワムシ摂餌率は6日齢までに100%に達したが、1尾あたりのワムシ摂餌個数は、例年より少なく、6日齢で平均3個、10日齢で平均10個であった。また、給餌したワムシも背甲長が平均150 μ mと例年(180 μ m)より小さいことから、十分にワムシを摂餌できていなかった可能性がある。

鰓蓋に棘ができ始める11日以降には、蛸集による魚同士のスレを抑制するため、吹き流し簡易流速計で流向と流速を把握しながら、水槽内の回転流を強めた。回転流により、従来アマダイ類の生産で使用していた角形水槽に比べ、蛸集を抑制することができた。

68日齢から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、82日齢に24時間電照を終了した。

1月31日(83日齢)時点の推定生残尾数は、約1,000尾で、特に20～24日齢に大きく減耗した。減耗の直接の原因は不明であるが、①飼育初期のワムシ摂餌量不足、②照度不足、③排水ネットへの張り付きの3点が原因と考えられる。

成長速度(図1)は10～30日齢において、直近3年の平均以下であったが、30日齢以降は例年を上回った。

表4 種苗生産状況

卵収容日	11/8～11/10
卵収容数(千粒)	126
ふ化仔魚数(千尾)	49
ふ化率(%)	38.9
開始水槽(KL×槽)	60×1
開始密度(尾/KL)	817
飼育水温(℃)	15.3～23.1
開鰓率(%)	60(10日齢)
摂餌率(%)	100(6日齢)
推定生残尾数(尾)	約1,000(1/31日時点)
推定生残率(%)	2.0
備考	・1/31日時点で83日齢で生産継続中 ・生産開始～1/31まで取り上げ未実施 ・2月中旬取り上げ予定

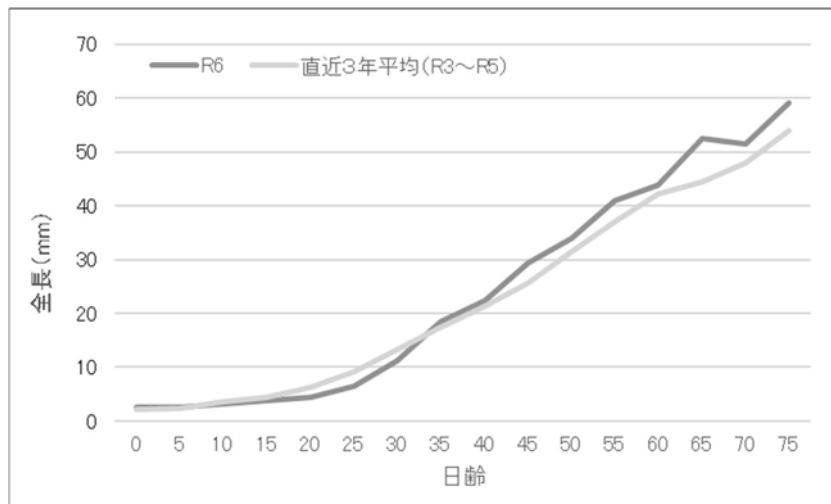


図 1 成長曲線

【次年度以降に向けた提言】

親魚採捕においては、近年、海水温の上昇に伴い、採捕時期が11月以降にずれ込んでおり、受精卵の確保が不安定なため計画的な種苗生産が困難となっている。ただし、今年度の採卵で人工種苗を養成した親魚からも卵が得られたことから、計画的に親魚養成を実施することで、受精卵の安定確保が可能であると考えられる。そのため、次年度以降は人工親魚の養成及び採卵を計画的に実施する必要がある。

卵質の向上、浮上卵率の向上については、凍結精子の使用及び浮上卵分離の回数をこれまでの1回から2回に増やすことで、例年に比べ良質な卵を得ることができた。浮上卵率については、直近5か年の平均浮上卵率34.9%から今年度は50.2%と改善することができたが、発生が停止している卵が見られたため、今後改善方法を検討する必要がある。

種苗生産においては、山口県の生産方法を参考に円形水槽で水槽内に回転流を作ること、蛸集の抑制をすることができた。また、一昨年に作製した吹き流し簡易流速計で水槽内の流向と流速を把握できることを再確認した。

一方、ワムシ摂餌不足や照度不足、開鰓率の低さが今年度の生産で課題となった。次年度以降、「暗幕や照明の設置方法の見直しによる照度の改良」と「吹き流し簡易流速計を利用した水流や通気量の改良」に取り組む必要がある。

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／m²(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 3 月 19 日から 3 月 20 日にかけて採卵した受精卵を日中は微流水、夜間は止水で育卵し(育卵水温 18.5℃)、翌日、胚体を確認した後、浮上卵を 0.6ppm 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 216 千粒を 50kL 八角形水槽に収容してふ化させた。204 千尾がふ化し(全長 2.2mm)、ふ化率は 94.4%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 6 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、卵収容時は 19℃に設定し、その後は徐々に昇温し 23℃とした。日齢 55 以降は水温を徐々に降下させ、自然水温とした。通気は、水槽底面 8 か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 4~7 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 3 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 3 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 18 から日齢 50 まで給餌した。配合飼料は、日齢 24 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 3 から日齢 47 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 10 月 11 日に雌 27 尾、雄 4 尾、10 月 14 日に雌 55 尾、雄 6 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、活魚簗に入れ、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 13 日から 10 月 14 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。4 日間の採卵で 2,430 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、一晚止水で育卵した(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 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、23℃に設定した。

通気は、水槽底面 8 か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 4~10 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 3 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 3 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 19 から日齢 46 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。

飼育水槽には市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラを日齢 3 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18日に30kL角形水槽に平均全長48.9mmの稚魚14千尾を収容し、収容時の飼育水温は18.5℃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℃とし、飼育水は80%海水とした。飼育密度は730尾/m²(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。

大型水槽による閉鎖循環式飼育には生物ろ過槽FRP製10kL水槽(角型)を用い、ろ材は牡蠣殻6m³とし、循環ポンプは15m³/h×15m 200V1.5kwを2台使用した。飼育水槽の循環率5.2回転/day、生物ろ過槽の循環率15.6回転/dayとした。

- 2) 小型水槽を用いた飼育では、12月18日に500L円形水槽に平均全長48.9mmの稚魚500尾を収容し、収容時の飼育水温は18.5℃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℃とし、飼育水は80%海水とした。飼育密度は778尾/m²(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。

小型水槽による閉鎖循環式飼育には生物ろ過槽ポリエチレン製500L水槽(角型)2槽を用い、ろ材は牡蠣殻0.7m³とし、循環ポンプは4.2m³/h×8.2m 100V90w、4.26m³/h×7m 100V250wの2台使用した。飼育水槽の循環率14.4回転/day、生物ろ過槽の循環率141回転/dayとした。

【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204千尾で、飼育開始密度は4,080尾/kLであった。60～61日間の飼育で平均全長47.0mmの稚魚55千尾を取り上げた。生残率は27.0%で、飼育密度は1,100尾/kLであった。日齢7における開鰓率は91%であった。

3) アカアマダイ種苗生産技術の開発

ふ化仔魚収容尾数は692千尾で、飼育開始密度は2,100～5,160尾/kLであった。63～70日間の飼育で平均全長48.9～52.2mmの稚魚219千尾を取り上げた。平均生残率は31.7%で、飼育密度は890～1,304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18日から1月30日まで中間育成を行い、平均全長76.06mmの稚魚を13.97千尾取り上げた。生残率は99.8%であった。

平均日間成長は 0.63mm/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 0.23～0.74mm/日 (H29～R5))。

- 2) 小型水槽では、12 月 18 日から 1 月 30 日まで中間育成を行い、平均全長 77.74mm の稚魚を 499 尾取り上げた。生残率は 99.8%であった。

平均日間成長は 0.67mm/日 ※500 尾収容した R5 は 0.73mm/日 (これまでの平均日間成長 0.25～0.73mm/日 (R2～R5))。

- 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、受精卵を確保できたことにより、47.0mm の種苗 5.5 万尾を生産することができた(生残率 27.0%)。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では、(全長 70mm サイズ(生残率 95%以上))30 kL 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、以下の 4 点について、運用上の問題点の抽出と改善に取り組んだ。

- 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～R5)

今年度は 1.4 万尾を収容(飼育密度 730/m²(467 尾/kL)、平均日間成長 0.63mm/日

- ④500L 水槽 (円形 FRP 製)

・これまでの平均日間成長 0.25～0.73mm/日 (R2～R5)

今年度は 500 尾を収容(飼育密度 778 尾/m²(1,157 尾/kL)、平均日間成長 0.67mm/日

中間育成での収容尾数については、30kL 水槽 (長方形 RC 製) では 1.38 万尾収容した令和 4 年度の日間成長 0.74mm/日が、500L 水槽 (円形 FRP 製) では 500 尾収容した令和 5 年度の日間成長 0.73mm/日が最も成長が良かった。

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】

アカムツの飼育に適した環境条件等を明らかにし、全長 5 cm 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) 天然親魚の親魚養成による採卵

令和 2～5 年度に、富山湾においてアカムツ天然魚を刺網、延縄および釣りにより採集し、富山県水産研究所に活かして輸送した。八角形コンクリート水槽（約 25 m³）に収容して飼育し、令和 6 年度は、4 月 1 日時点で生残していた 19 尾を親魚として養成した。餌は主にオキアミ、ホタルイカ、シロエビ、キュウリエソ、マイワシおよびカタクチイワシを使用し、週 3～6 回給餌した。アカムツは深い水深帯に生息することから、水槽の周りを暗幕で囲って暗くし、窓や半透明の天井から入る自然光により飼育した。また、アカムツは産卵期が近づくにつれ、徐々に浅い水深帯に移動することから、6 月から 9 月にかけて飼育水温を約 23℃まで徐々に上昇させた。8 月中旬～10 月上旬まで採卵槽に採卵ネットを設置し、飼育水槽からオーバーフローした飼育水を受け、産卵の有無を確認した。

2) メスを増やす技術の開発「大豆イソフラボン給餌試験」

アカムツ種苗生産では、人工生産魚の性別が極端にオスに偏る（98%以上）ことが問題となっている。令和 3～4 年度の本委託事業において、大豆イソフラボンを配合飼料に展着し、稚魚期の 32 日齢（TL: 12±1 mm）から放流サイズの 129 日齢（52±4 mm）まで与えたところ、配合飼料のゲニステイン濃度が 1000 µg/g の区では、約 10% がメスになることが明らかになった。

令和 6 年度は、メスの割合をさらに高めるため、より有効なゲニステイン濃度や給餌期間を調べ、性分化時期を明らかにすることを目的とした。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（以下イソフラボン餌）、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: 2000 µg/g、B 区: 1000 µg/g、対照区: 0 µg/g（フィードオイルのみ）に設定した。500 L の円形ポリエチレンタンクを試験水槽として使用し、各区 2 試行とした。8 月 30 日に得られた受精卵から孵化した 1 日齢のふ化仔魚を各水槽に 8,000 尾収容した。仔魚の成長に応じて栄養強化したワムシ（S、L 型）およびアルテミアを給餌した。18 日齢（5.9 mm）からイソフラボン餌の給餌を開始し、25 日齢（7.8 mm）時に餌付いたことを確認した。A 区と B 区については、令和 3～4 年度の大豆イソフラボン試験と同様に、放流サイズの 50 mm に到達した時点（95 日齢）でイソフラ

ボン餌の給餌を止めた。96～97日齢に稚魚を計数し、生残率を算出した。飼育密度を適正に保つため、各区の試行ごとに用意した別の500 L水槽（3濃度区×2試行=6水槽）に400尾ずつ分槽した。また、A区、B区については、放流サイズを現行の50 mmサイズよりも大きい60 mmに変更した場合を想定し、120日齢まで各濃度のイソフラボン餌を与えるA α 区とB α 区を新たに設け、それぞれ2試行とした。500 L水槽を4水槽（2条件×2試行）追加で用意し、A区とB区の水槽から400尾ずつ分槽した。なお、計数移送を行った96～97日齢2日間は無給餌とした。98日齢より給餌を再開し、120日齢までA区、B区および対照区には、フィードオイルのみを添加した配合飼料を与え、A α 区とB α 区にはイソフラボン餌を与えた。121日齢以降は、全ての水槽に何も添加しない配合飼料を与え飼育を行った。各水槽から定期的に15尾を採取し、10尾は全長を測定した後、常法により生殖腺の組織切片を作製して観察した。残りの5尾は、雌雄に特異的な遺伝子の発現を調べる標本とするため、-80℃で凍結保存した。

【研究成果の概要】

1) 天然魚の親魚養成による採卵

水槽内で養成した天然魚が8月下旬に3回産卵し、自然産卵により得られた受精卵（Fig. 1）をふ化させることに初めて成功した。親魚の飼育水温をFig. 2に、産卵データの詳細をTable 1に示す。産卵時の水温範囲は21.4～22.7℃であった。産卵した3日間で合計581,000粒の受精卵が得られ、孵化仔魚の合計は390,000尾であった。これは、種苗生産を実施するのに十分な量であることから、これまでの課題であった安定採卵に向け大きく前進した。なお、産卵時の水槽内の親魚の尾数は15尾であった。自然産卵で受精卵が得られたことから、生殖腺刺激ホルモン（ゴナトロピン）による崔熟は行わなかった。

2) メスを増やす技術の開発「大豆イソフラボン給餌試験」

本試験における仔稚魚の成長（140日齢まで）をFig. 3に、95日齢時の全長、体重、生残尾数および生残率をTable 2に示す。本試験では、初めて自然産卵により得られた受精卵から孵化した仔魚を試験に用いたが、仔稚魚は順調に成長した。いずれの試験区においても95日齢で放流サイズの50 mmに到達し、全長と体重に試験区間で大きな差はみられなかった。また、生残率は11.0～18.1%とややばらついたものの、過去に実施した大型水槽（4 m³）の種苗生産結果と同様な高い値であったことから、本試験では500 Lの小さな水槽を用いたが、種苗生産として十分な飼育ができたと考えられる。

全長測定に用いた標本の生殖腺組織切片を観察したところ、85日齢（約46 mm）では、いずれの個体の生殖腺にも卵母細胞や精原細胞はみられなかった（Fig. 4）。110日齢（約55 mm）になると、精原細胞および精母細胞を持つ生殖腺が数尾で確認され（Fig. 5）、一部の個体では性分化が始まったと考えられるが、卵母細胞を見つけるこ

とはできなかった。したがって、放流サイズの 50 mm までに性分化が完了していない可能性が高く、組織学的に種苗の性別を判定することは難しいことが示唆された。

【次年度に向けた提言】

水槽内で養成した天然親魚から自然産卵により受精卵を得ることに初めて成功したことは、これまでの大きな課題であった安定産卵につながる成果であった。また、ふ化した仔魚は、稚魚まで順調に育ったことから、得られた受精卵の卵質は高いことが確認された。しかし、産卵は3回で終了したため、来年度はより長期的に安定して養成親魚から採卵できるように、飼育環境を改善する必要がある。

大豆イソフラボン試験に関しては、順調に試験は進捗しているが、生殖腺切片を観察したところ、より魚体が大きくなり生殖腺が発達しないと性判別が難しいことが判明した。したがって、来年度も引き続き本飼育試験を継続し、性分化が完了してから雌雄を判別するとともに、性分化時期を特定する必要がある。また、今年度は分析できなかったが、冷凍サンプルを用いて、オス化関連遺伝子 (gsdf, amh) とメス化関連遺伝子 (cyp19a1, foxl2a) の発現を調べ、放流サイズの 50 mm までに性判別が可能か検証する必要がある。

【謝辞】

アカムツ生殖腺の組織切片作成には、金沢大学の竹内裕教授、濱本健太郎氏および学生の皆様にご協力をいただきました。ここに、心よりお礼申し上げます。

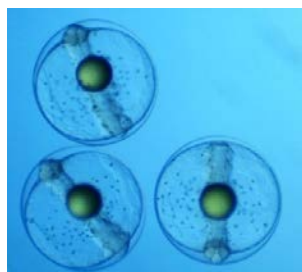


Fig. 1 水槽内で養成した天然魚の自然産卵により得られた受精卵

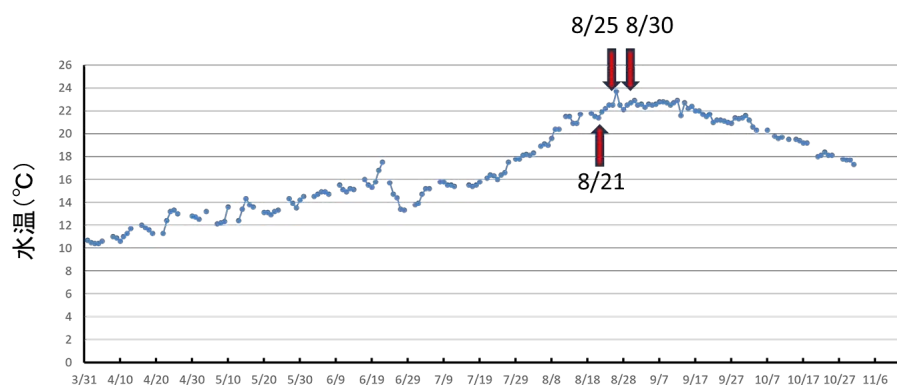


Fig.2 天然親魚の飼育水温と産卵日

Table 1 養成天然魚の自然産卵による採卵結果の概要

産卵日	浮上卵数	沈下卵数	総卵数	浮上卵率 (%)	ふ化仔魚数	ふ化率 (%)	産卵水温 (℃)
2024/8/21	212,875	0	212,875	100	109,200	51	21.4
2024/8/25	130,250	18,250	148,500	88	97,175	65	22.5
2024/8/30	216,300	3,300	219,600	98	184,000	84	22.7
合計・平均	559,425	21,550	580,975	96	390,375	67	22.2

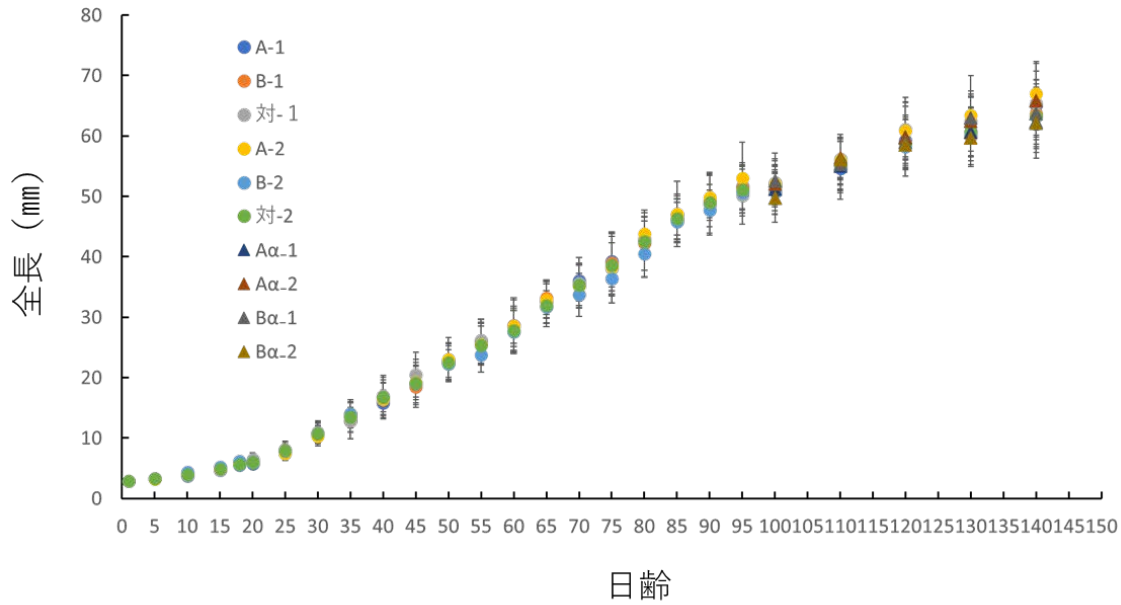


Fig. 3 大豆イソフラボン試験における仔稚魚の成長

Table. 2 ゲニステイン濃度区試行別の 95 日齢時の全長、体重、生残尾数および生残率

濃度区	A : 2000 $\mu\text{g/g}$		B : 1000 $\mu\text{g/g}$		0 $\mu\text{g/g}$ (対照区)	
試行	①	②	①	②	①	②
全長 (mm)	51.6	53.1	51.6	50.7	50.2	51.2
体重 (g)	2.4	2.5	2.3	2.1	2.3	2.3
生残尾数	1041	882	959	1450	936	1130
生残率 (%)	13.0	11.0	12.0	18.1	11.7	14.1



Fig.4 85 日 齢 の 生 殖 腺

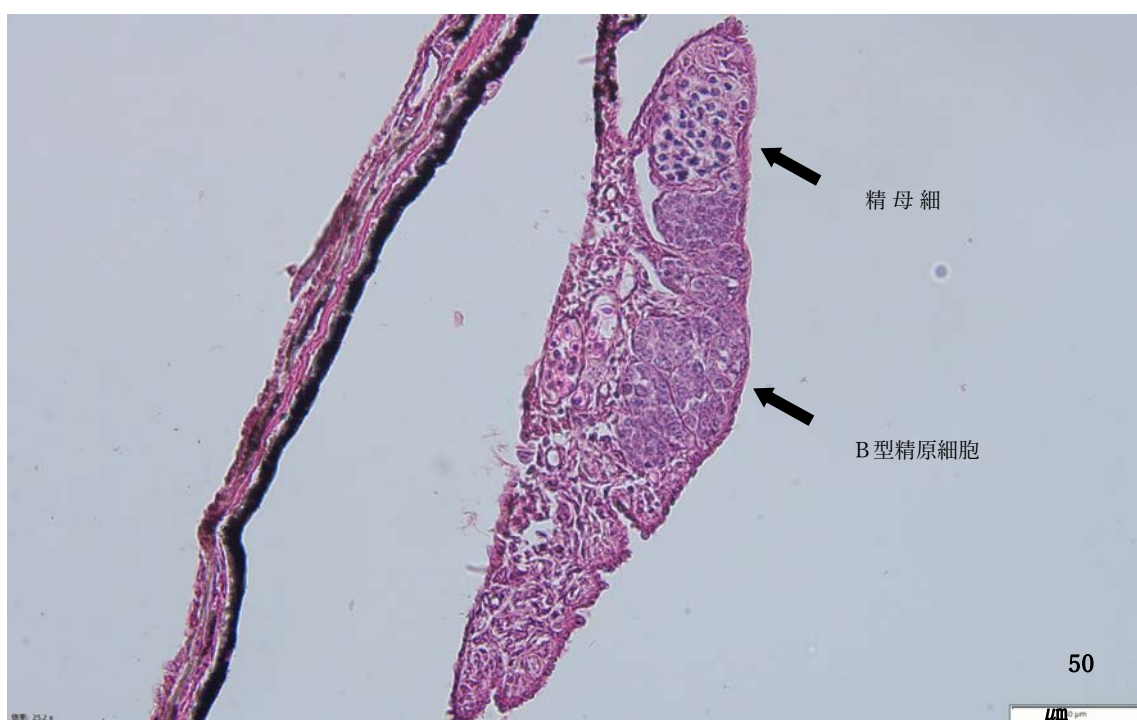


Fig.5 110 日 齢 の 生 殖 腺

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。一方で、本種は放流効果に関する知見がなく、放流調査手法も不明である。

令和元年度から本事業で山口県瀬戸内海に腹鰭抜去標識を施した種苗を 4.5 万尾放流してきた。一方で、山口県瀬戸内海側には主たる市場がなく、水揚げ後、すぐさま県外市場等に出荷されるため、研究員が漁獲後のシロアマダイを直接確認することができず、再捕者の発見による報告を頼りとした調査になっている。現時点において、未だに再捕報告がない状況にあり、その要因として腹鰭抜去標識の判別が一般の採捕者には困難であること、標識放流の情報が末端の採捕者まで行き届いていないことなども考えられる。

令和 5 年度に、初めて山口県日本海に腹鰭抜去標識を施した種苗を 1.7 万尾放流した。山口県日本海側には主たる市場があり、山口県日本海の漁獲物がいくつかの主たる市場にほぼ全て集荷される。今後、山口県日本海を調査フィールドとして、研究員がその市場で調査を実施することにより、種苗の移動調査および放流効果調査が進展すると考えている。

上記より、今年度、種苗の移動調査および放流効果調査が容易と思われる日本海に、種苗の移動調査および放流効果調査を目的として、腹鰭抜去標識を施した種苗を放流した。また、放流後の移動生態の把握のため、バイオテレメトリー調査も実施した。

【研究方法】

1) 下関市で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量産試験で生産した 5 千尾の種苗(全長 80~90mm)を、下関市栗野漁港内に放流した。放流は、7 月 12 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右腹鰭を抜去した。

2) バイオテレメトリー調査

「ウ．効果の高い放流手法の開発 ②バイオテレメトリーによるキジハタ及びシロアマダイの移動生態解明」に記載。

【研究成果の概要】

1) 下関市での鰭抜去標識放流調査

7 月 12 日 12 時に下関市栗野漁港内に 5 千尾の右腹鰭抜去標識種苗を放流した。放

流後 30 分程度は約 5 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。

2) バイオテレメトリー調査

「ウ．効果の高い放流手法の開発 ②バイオテレメトリーによるキジハタ及びシロアマダイの移動生態解明」に記載。

【次年度に向けた提言】

令和元～6 年度に、本県に計 20.4 万尾の種苗を放流した。一方で、まだその放流魚の漁獲は確認されていないため、調査の見直しが必須である。

本県日本海側においては、引き続き、腹鰭抜去標識による放流調査を継続し、種苗の移動生態及び放流効果を調査していきたい。一方で、瀬戸内海においては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り、来年度は一般的に発見が容易なダートタグ等を種苗に装着し、種苗の移動生態調査を実施していきたい。

【参考】これまでの本県の放流状況

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
令和 6 年 6 月 5 日～7 月 3 日	6～80mm	22,000	無標識	県内全域
令和 6 年 7 月 12 日	85	5,000	右腹鰭抜去	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

三好博之

【目的】

山口県においてキジハタは、水揚げされることが稀で、高値で取引されていたことから「幻の高級魚」とされ、本県海域での資源増大を求める漁業者の強い要望を受け、種苗生産技術の開発や本種の基礎的な生態に関する調査研究に取組み、2012 年から種苗生産を事業化し、現在では県内各地で種苗放流による資源造成が広く取り組まれている。

過去に調査研究された本種の放流後の移動生態については、放流場所周辺への高い定着性を評価するものであり、これに加え、魚体サイズ（年齢）の違いによる移動生態や海域内での時間経過に伴う移動状況を把握することが出来れば、放流魚の生残や漁獲の向上に資する効果的な放流を実施できるものと考えられる。

このことから、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・照度ロガーを装入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。また、本調査手法の他魚種への応用性の検証のため、本県において将来的な栽培漁業の対象種としての位置づけが検討されているシロアマダイを用いた調査を行う。

【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 型または V7D 型（捕食を検知）または V6 型，69kHz）を外科的手術で放流魚の腹腔内に装入した。

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おり、受信機は湾内 7 か所※（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。

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 個体のキジハタ成魚を漁獲場所で放流し、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）で漁獲されたキジハタ成魚を令和 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、漁獲場所付近に放流した。

令和 6 年度は、令和 4 年度に生産されたキジハタ若成魚（人工種苗）22 個体（平均全長：189mm、表 1、図 2）を仙崎湾内に造成された魚礁（保護礁）へ放流用カゴを用いて放流した（図 3）。また、シロアマダイについては、令和 6 年度に生産されたシロアマダイ当歳魚（人工種苗）8 個体（平均全長：171mm、表 2、図 4）を同湾内の紫津浦地先（湾入部）に放流した（図 5）。

※現在 6 か所（R6.10 に 1 か所の受信機が流出、R7.1 に湾内別所 1 か所に受信機を新設）

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：令和 5 年度）を上記発信機とともに腹腔内に装着したキジハタ成魚を供試魚として令和 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。

【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

1) 令和 5 年度放流個体の移動状況

令和 5 年 10 月から令和 6 年 11 月まで（放流後 1 年間）の受信データを用いて、令和 5 年度に放流した 15 個体（湾内放流 6 個体、湾外放流 9 個体）の各受信機への捕捉状況を確認した。

湾内放流個体のうち 4 個体が放流場所（大日比）付近の受信機で捕捉された。このうち 3 個体は放流して約 2 週間後から捕捉が開始され、10～43 日間受信機周辺に滞留し、うち 2 個体はその後、どの受信機にも捕捉されず、うち 1 個体は湾北部（通地先）で捕捉された。別の 1 個体は放流して約 2 か月後に捕捉され、ほぼ滞留することなく移動し、その後湾北部（通地先）で捕捉されて以降はどの受信機にも捕捉されていなかったが、令和 6 年 8 月頃に湾内漁業者による漁獲が確認された。（表 3）

湾外放流個体については、どの受信機にも捕捉されることがなかったが、令和 6 年 4 月に 1 個体が湾外放流場所周辺において漁業者によって漁獲された。

このことから、令和 5 年度に湾内に放流した 6 個体のうち湾内で漁獲された 1 個体及び大日比のみで捕捉された 2 個体については湾内への定着が強く考えられ、滞留率は 50%（6 個体中 3 個体）と試算され、さらに全ての受信機に捕捉されなかった 2 個体を湾外への移動がなかったと評価した場合の滞留率は約 80%（6 個体中 5 個体）と試算された。また、湾外放流個体についても 1 尾ではあるが、放流場所の近傍で漁獲されたことから、本種の放流場所への高い定着性が伺えるものであると推察された。

なお、過年度の調査による湾内滞留率は、令和 2 年度放流（50%）¹⁾、令和 3 年度放流（60%）²⁾であった。

2) 令和 6 年度放流個体の移動状況

①キジハタ

供試魚としたキジハタ若成魚は、水産用麻酔薬（FA100）により麻酔し、4 個体にコード化ピンガーV7D 型（捕食を検知）を、18 個体に V6 型をそれぞれ腹腔内装入し、標識としてダートタグを装着のうえ、1 週間の経過観察期間を設け放流した。

令和 6 年 12 月から令和 7 年 2 月まで（放流後約 1.5 か月）の受信データを用いて、令和 6 年度に放流した 22 個体の各受信機への捕捉状況を確認した。

放流個体のうち 18 個体が放流場所（大日比魚礁）付近の受信機で捕捉された。捕捉された 18 個体は全て放流直後から捕捉が開始され、その後、数時間～数日の間捕捉が途切れることがあったが、約 1.5 か月の間、概ね連続して捕捉された。（表 4）また、供試魚が捕食された状況は検知されなかった。

このことから、調査期間が短く長期的な動向について引続きの観察が必要であるが、キジハタ若成魚を魚礁（保護礁）への的確に放流した場合、高い定着性と捕食者からの保護効果が期待され、滞留率は約 82%と試算された。

②シロアマダイ

供試魚としたシロアマダイ当歳魚は、水産用麻酔薬（FA100）により麻酔し、2 個体にコード化ピンガーV7D 型（捕食を検知）を、6 個体に V6 型をそれぞれ腹腔内装入し、一部に標識としてダートタグを装着のうえ、1 週間の経過観察期間を設け放流した。

令和 7 年 1 月から令和 7 年 2 月まで（放流後 1 か月）の受信データを用いて、令和 6 年度に放流した 8 個体の各受信機への捕捉状況を確認した。

放流個体のうち 4 個体が放流場所（紫津浦地先）付近の受信機で捕捉された。捕捉された 4 個体のうち 3 個体は放流翌日から捕捉が開始され、受信エリア内に 1～4 日間滞留した後、受信エリア外へと移動した状況が確認された。残りの 1 個体は、V7D 型発信機を装入した個体であり、約 25 日前（放流の翌日）に捕食されていることが検知され、当該捕食者は受信エリア内に不連続に出現している状況が確認された。（表 5）

なお、放流場所付近に設置した受信機以外の受信機には、全ての放流個体が捕捉されず、放流個体のうち捕捉個体については仙崎湾央部への移動したもの、未捕捉個体については紫浦浦地先（湾内）に滞留しているものと推測された。

このことから、本調査手法がシロアマダイの移動生態や放流場所の適地性評価にも繋がる知見の収集に寄与するものであると考えられ、本調査手法のシロアマダイへの応用性が窺われた。

2. 水温・水深ロガーによる行動把握

1) 令和 6 年度の放流魚の再捕状況

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。

本年度は、仙崎地区内漁業者の漁獲によるもの2個体と長崎県佐世保市で発信機1個の発見が確認された。また、仙崎地区内漁業者の漁獲個体のうち1個体は活魚での持ち込み、もう1個体は市場出荷の後、発信機のみが発見された。

発信機のIDナンバーから、仙崎地区内漁業者により漁獲された2個体は令和5年10月に放流した個体であった。また、長崎県佐世保市で発見された発信機は令和2年10月に放流した個体に挿入したものであった。

2) ロガーの解析

再捕が確認された3件のうち、2件については発信機のみで、ロガーの回収には至らなかった。また、持ち込みのあった活魚の個体の体内には発信機のみが残留し、ロガーについては放流後に脱落していたことから、本年度はロガーを回収することが出来ず解析には至らなかった。

なお、これまでの調査研究の結果^{1), 2)}から、キジハタは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る。

3. 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50~80%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11個体のうち8個体(約73%)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¹⁾ことから、同湾が放流適地として優良な海域であり、放流手法としては魚礁を活用することの有用性が示唆された。

【今後に向けた提言】

本研究では、キジハタの放流場所への定着性の高さが改めて評価されるものであったことから、キジハタの栽培漁業の推進に向けては、キジハタの多獲が期待される良好な地理的条件の漁場の探索と優良漁場の近傍への放流適地の創出、加えて放流適地への的確な放流が必要となることが考えられる。本年度放流した個体のその後の移動状況把握とデータロガー装着個体の再捕により、移動生態のさらなる解明に繋がるものと期待されることから、引き続き経過については把握していくこととしたい。

また、本調査手法のシロアマダイへの応用は、概ね良好なものであったと評価できることから、シロアマダイ移動生態に関する知見の収集のためには、引き続き調査を継続する必要がある、本種の放流後の移動経路や放流適地の解明を進めたい。

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.
- 2) 水産庁（2024）. 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）調査報告書. 46-50.

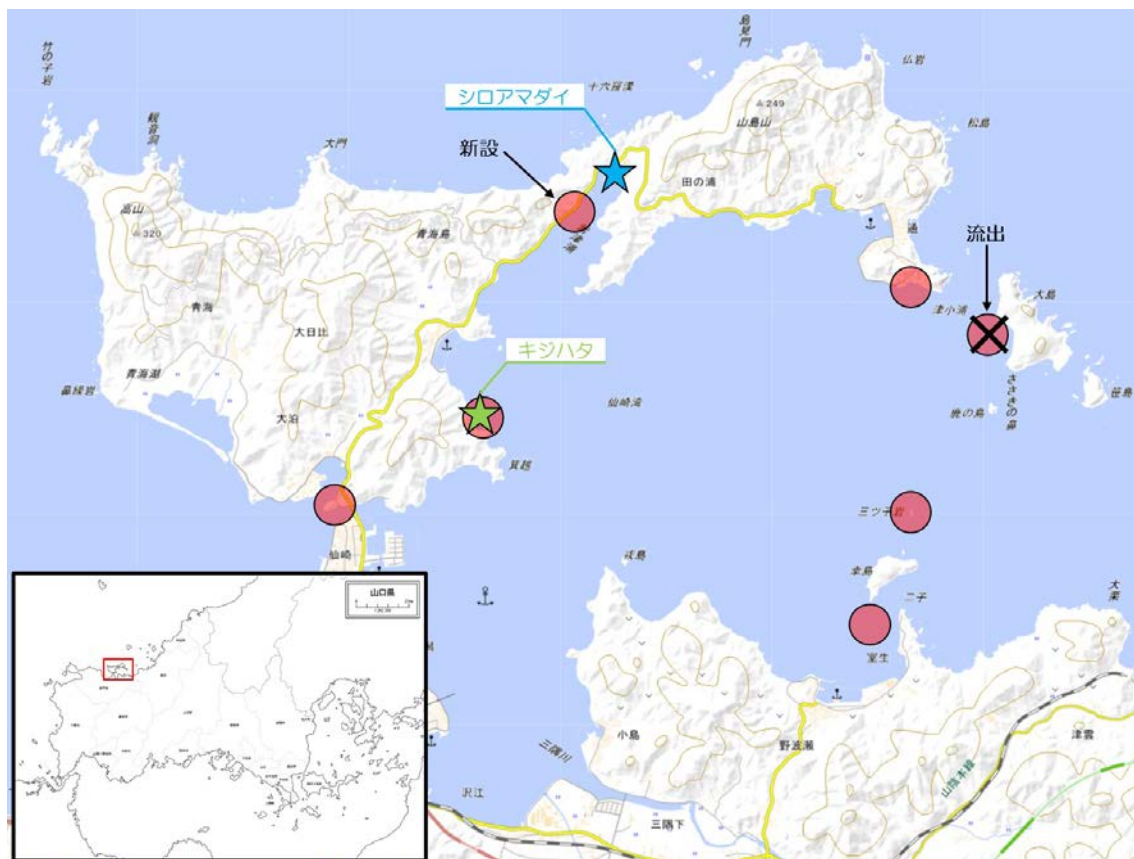


図1 調査海域図（図中の○は受信機の設置位置、☆は令和6年度の放流場所を示す。）

表1 バイオテレメトリー調査の供試魚としたキジハタ若成魚

No	魚種	尾信器ID	尾信器タイプ	採着日	漁獲場所(漁法)	生産年度	放流場所	放流座標	放流日	全長 mm	体重 g
6-1	キジハタ	42066	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	185	87.4
6-2	キジハタ	42067	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	196	91.3
6-3	キジハタ	42068	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	183	81.0
6-4	キジハタ	42069	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	187	94.5
6-5	キジハタ	42070	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	199	102.7
6-6	キジハタ	42071	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	190	87.2
6-7	キジハタ	42072	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	178	80.5
6-8	キジハタ	42073	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	200	117.6
6-9	キジハタ	42074	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	205	119.4
6-10	キジハタ	42075	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	194	102.2
6-11	キジハタ	42076	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	202	117.6
6-12	キジハタ	42077	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	200	109.0
6-13	キジハタ	42078	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	173	108.4
6-14	キジハタ	42079	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	181	143.5
6-15	キジハタ	14531	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	199	112.5
6-16	キジハタ	14532	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	201	131.5
6-17	キジハタ	14533	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	205	132.2
6-18	キジハタ	14534	V6-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	196	110.1
6-19	キジハタ	6040	V7D-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	167	65.8
6-20	キジハタ	6041	V7D-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	170	69.6
6-21	キジハタ	6042	V7D-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	178	94.2
6-22	キジハタ	6043	V7D-2L	2024/12/16	人工種苗	R4	大日比島礁	N:34°24'22.351" E:131°12'44.185"	2024/12/24	168	60.0

	全長(mm)				体重(g)			
	平均	SD	最大	最小	平均	SD	最大	最小
V6-2L	193	9	205	173	107	18	143.5	80.5
V7D-2L	171	4	178	167	72	13	94.2	60.0
全体	189	12	205	167	101	22	143.5	60.0

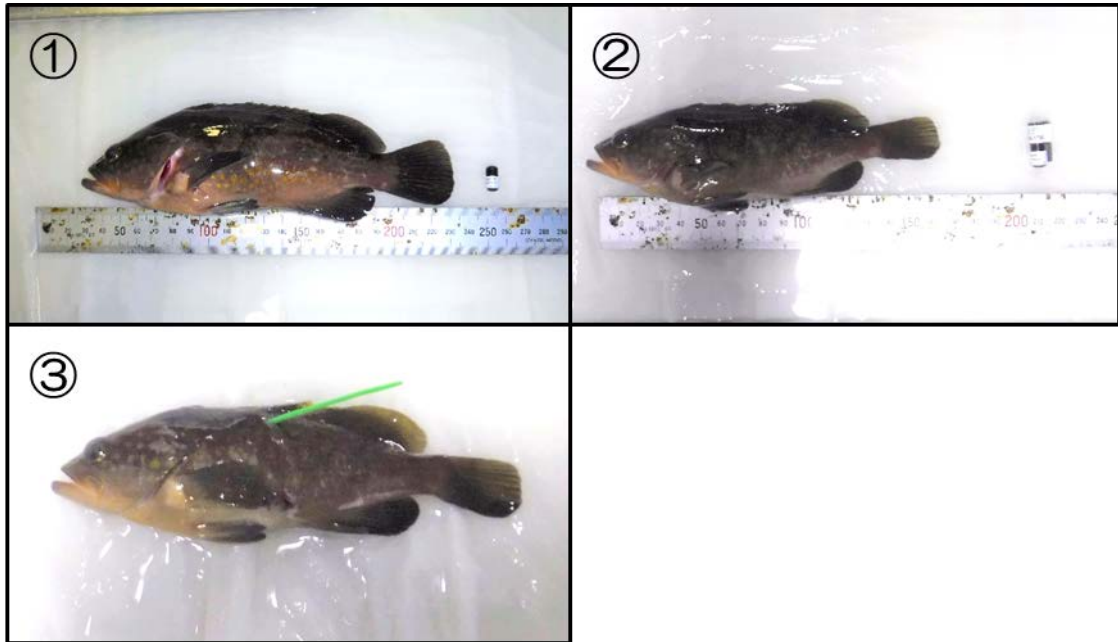


図2 発信機を装入したキジハタ（①V6-2Lと供試魚、②V7D-2Lと供試魚、③手術後）



図3 キジハタ供試魚の放流（①放流用カゴ、②放流したキジハタ）

表2 バイオテレメトリー調査の供試魚としたシロアマダイ当歳魚

No	魚種	発信器ID	発信機タイプ	装着日	漁獲場所(漁法)	生産年度	放流場所	放流座標	放流日	全長 mm	体重 g
6-1	シロアマ	42080	V6-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	165	50.4
6-2	シロアマ	42081	V6-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	158	43.0
6-3	シロアマ	42082	V6-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	174	60.3
6-4	シロアマ	42083	V6-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	180	60.8
6-5	シロアマ	42084	V6-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	173	59.1
6-6	シロアマ	42085	V6-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	160	48.5
6-7	シロアマ	6044	V7D-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	182	64.3
6-8	シロアマ	6045	V7D-2L	2025/1/22	人工種苗	R6	紫津浦湾内	N:34°25'38.666" E:131°13'39.104"	2025/1/28	175	64.6

	全長(mm)				体重(g)			
	平均	SD	最大	最小	平均	SD	最大	最小
V6-2L	168	8	180	158	54	7	60.8	43.0
V7D-2L	179	4	182	175	64	0	64.6	64.3
全体	171	8	182	158	56	7	64.6	43.0

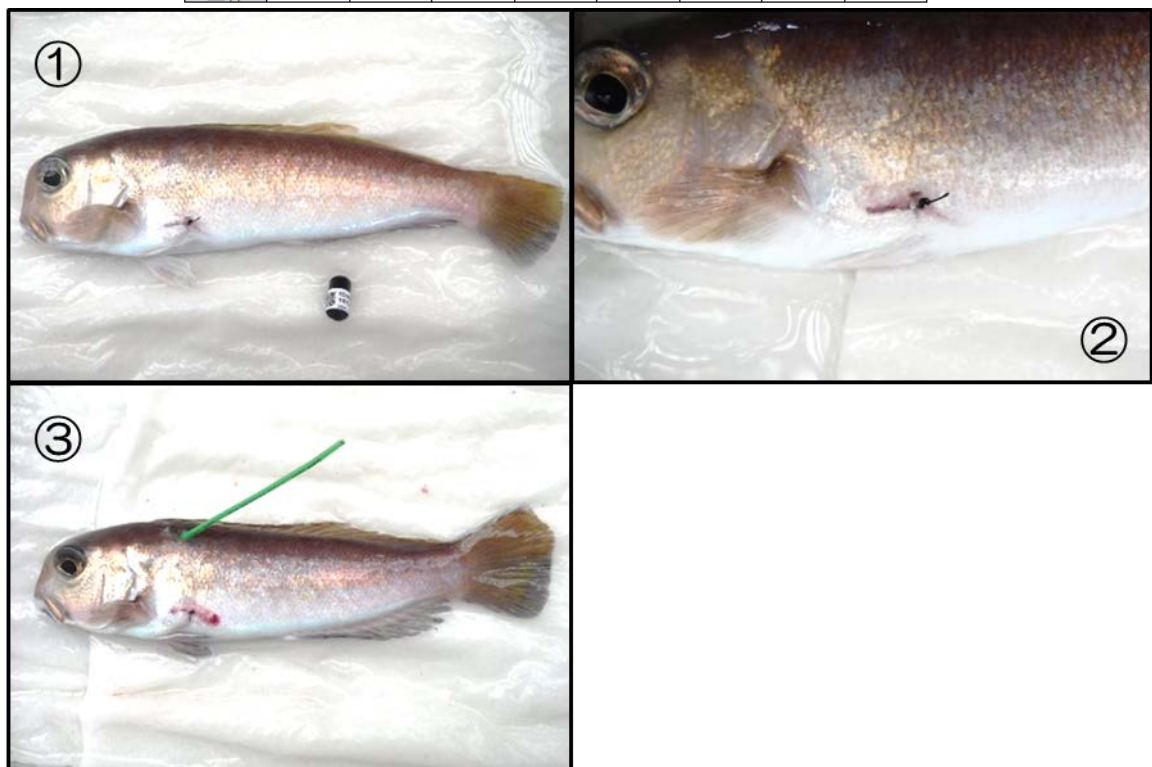


図4 発信機を装入したシロアマダイ (①V6-2L と供試魚、②縫合箇所、③手術後)

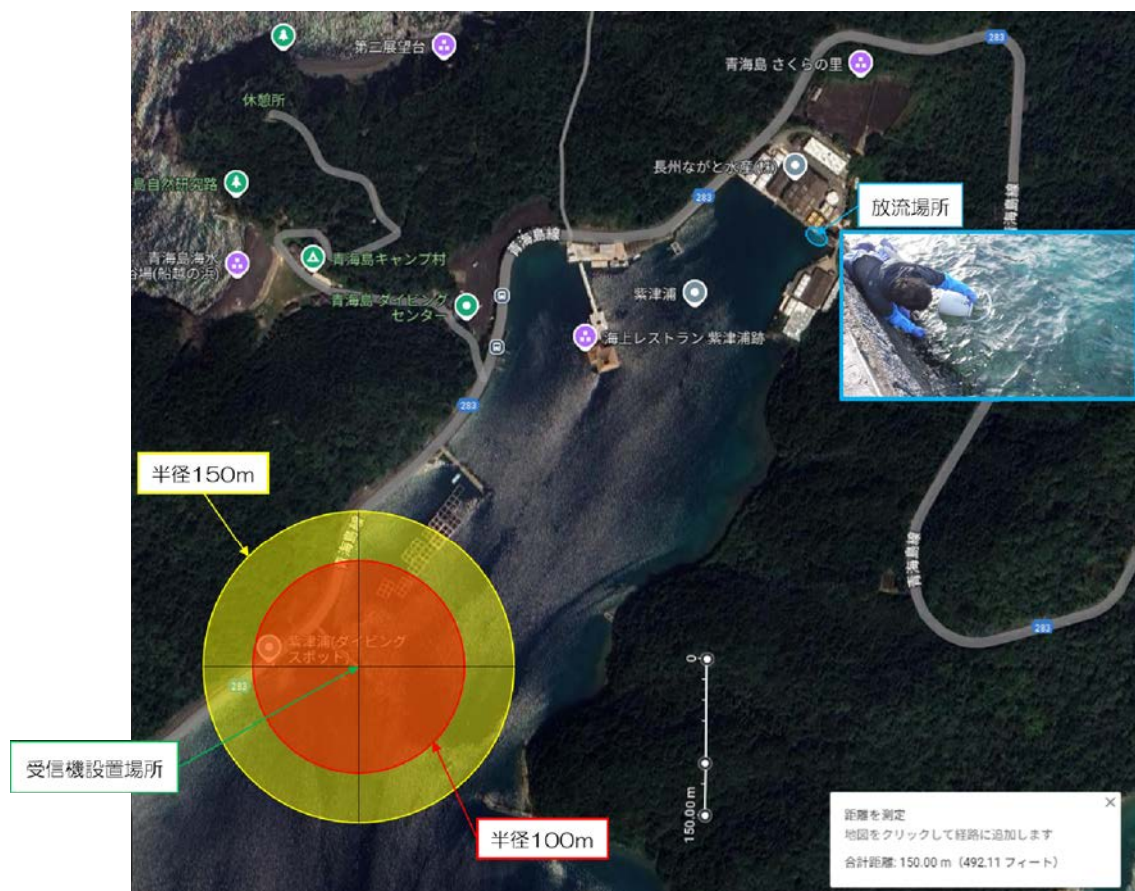


図5 シロアマダイ供試魚の放流（図中の○は受信エリアを示す。）

表3 令和5年度の放流キジハタの捕捉状況

受信機 S t : 大日比					
No.	放流場所	放流日	捕捉期間①_開始日時	捕捉期間①_終了日時	捕捉日数
23_1	湾内（大日比）	2023/10/16	2023/10/30_8:17	2023/12/11_19:02	43日
23_2	湾内（大日比）	2023/10/16	2023/10/30_8:18	2023/11/8_15:32	10日
23_3	湾内（大日比）	2023/10/16	2023/10/30/8:20	2023/11/8_16:30	10日
23_4	湾内（大日比）	2023/10/16	2023/12/30_22:17	2023/12/30_22:29	1日

受信機 S t : 通（浄水場）					
No.	放流場所	放流日	捕捉期間①_開始日時	捕捉期間①_終了日時	捕捉日数
23_1	湾内（大日比）	2023/10/16	2023/12/12_22:27	2023/12/12_22:29	1日
23_4	湾内（大日比）	2023/10/16	2023/12/31_21:21	2023/12/31_21:33	1日

※23-4：2024.8頃に湾内漁業者が再捕

表 4 令和 6 年度の放流キジハタの捕捉状況

受信機 S t : 大日比										
No.	放流場所	放流日	捕捉期間①_開始日時	捕捉期間①_終了日時	捕捉期間②_開始日時	捕捉期間②_終了日時	捕捉期間③_開始日時	捕捉期間③_終了日時	捕捉日数	捕食
24_1	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:06	2025/2/10_9:05					49日	
24_2	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_15:10	2025/2/10_9:06					49日	
24_3	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:07	2025/2/10_9:08					49日	
24_4	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:09	2025/2/10_6:28					49日	
24_5	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:02	2025/2/10_9:01					49日	
24_6	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:05	2025/2/10_9:06					49日	
24_7	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:02	2025/2/10_8:53					49日	
24_8	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:21	2025/2/10_8:31					49日	
24_9	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:24	2025/2/10_6:29					49日	
24_10	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:03	2025/2/10_9:02					49日	
24_11	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:39	2025/2/10_8:40					49日	
24_12	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:01	2025/2/10_7:37					49日	
24_13	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:02	2025/2/10_7:29					49日	
24_14	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:26	2025/2/10_9:07					49日	
24_15	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:03	2025/2/10_7:08					49日	非捕食
24_16	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:08	2025/1/7_14:03	2025/1/14_9:10	2025/2/1_7:09	2025/2/8_18:14	2025/2/8_18:14	15日,18日,1日	非捕食
24_17	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:04	2025/2/10_9:02					49日	非捕食
24_18	湾内（大日比）	2024/12/24	2024/12/24_14:01	2025/2/10_8:56					49日	非捕食

表 5 令和 6 年度の放流シロアマダイの捕捉状況

受信機 S t : 紫津浦						
No.	放流場所	放流日	捕捉期間①_開始日時	捕捉期間①_終了日時	捕捉日数	捕食
24-①	湾内（紫津浦）	2025/1/28	2025/1/29_5:19	2025/2/1_0:53	4日	
24-②	湾内（紫津浦）	2025/1/28	2025/1/29_5:05	2025/1/29_5:46	1日	
24-③	湾内（紫津浦）	2025/1/28	2025/1/29_22:09	2025/1/31_22:00	3日	
24-④	湾内（紫津浦）	2025/1/28	2025/2/6_21:01	2025/2/24_20:41	※12日	捕食（約25日前）

※捕捉期間中に不連続に捕捉

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

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

内海訓弘・永田みのり・堀切保志

長崎市水産農林部水産振興課（水産センター）

古場正巳・山田萌夏・西村綾子・村瀬二美

【目的】

- ① クルマエビを対象として、トラモアタグによって標識した種苗を異なる時期に放流することによって、放流時期が再捕率に与える影響を調べ、瀬戸内海西部海域における資源造成効果の高い放流時期を調べる。
- ② クマエビを対象として、トラモアタグの装着の有無が潜砂率および潜砂速度に与える影響について水槽実験によって調べる。
- ③ クマエビを対象として、装着したトラモアタグが保持される体サイズについて水槽実験によって調べる。

【研究方法】

- ① 「放流時期の違い」がクルマエビ種苗の再捕率に与える影響を調べることを目的に、大分県の守江湾において、これまでの野外実験から明らかとなっている「干潟における本種稚エビに対する捕食圧の季節変化」を参考に、捕食圧の低い 6 月および捕食圧が急激に高まりはじめる 7 月以降の異なる時期に、トラモアタグを装着した種苗約 10,000 尾を放流した（表 1）。放流海域の環境に標識種苗を馴致するために、事前に設置した合計 4 枚の被せ網（3 × 4 m、図 1）それぞれに標識種苗約 2,500 尾ずつを収容し、収容から 24 時間後に被せ網を撤去することによって放流した。放流後は、漁業者や市場関係者からの再捕報告の収集およびサンプル購入を行い、放流後 1 年にわたって標識個体の再捕情報を得た。
- ② クマエビにおいて、トラモアタグの装着が捕食者回避行動のひとつである潜砂行動に与える影響の有無を明らかにすることを目的に、クマエビ種苗（体長 69.2 ± 4.3 mm、 $n = 16$ ）を用いて、トラモアタグを装着した装着群（体長 68.3 ± 4.6 mm、 $n = 8$ ）と非装着群（体長 70.1 ± 3.9 mm、 $n = 8$ ）を設定し、潜砂率および潜砂速度（潜砂に要する時

間)を水槽実験によって比較した。実験水槽は水深 14 cm の流水条件として、底質として砂泥を深さ 3 cm で敷設した(水温 21.7-23.3 °C)。標識装着個体もしくは非装着個体を 1 個体ずつ実験水槽にいれ、潜砂行動について観察した。投入された個体の眼と標識以外が砂に隠れた状態を「潜砂した状態」と定義した。また、投入された個体の着底から眼と標識以外が砂に隠れるまでの時間を「潜砂に要した時間」とした。各個体につき 3 回の試行を連続して行った。なお、着底から 5 分以内に潜砂しなかった場合は「潜砂せず」として、その試行を打ち切った。

- ③ クマエビにおけるトラモアタグの使用可能な体サイズ範囲を明らかにすることを目的に、飼育実験を行った。トラモアタグは直径 1.5 mm の穴を有している。タグの装着時には、タグの穴を伸して一時的に大きくした穴にエビの眼球を通すことによって、トラモアタグは眼柄部に装着される。装着したトラモアタグの穴より眼球が大きい場合、トラモアタグは眼球に引っかかることによって脱落することなく、眼柄部に保持される。一方、眼球が一定のサイズより小さな個体ではトラモアタグを装着しても、保持されずに脱落する。また、トラモアタグを装着した個体が、成長に伴ってある一定の体サイズを超えて大きくなった場合、成長に伴って太くなった眼柄部がトラモアタグの穴によって締め付けられることによって、装着部の先にある眼球部が壊死して、トラモアタグと一緒に脱落することがある。このため、トラモアタグには「装着可能な体サイズの下限」および「放流後に追跡可能な体サイズの上限」がある。

そこで、まずはクマエビにおける「装着可能な体サイズの下限」を明らかにするために、様々な体サイズのクマエビ種苗(体長範囲 27-55 mm、n = 26)にトラモアタグを装着して個別飼育することによって、トラモアタグが遊泳や脱皮によって脱落しない体長の下限を調べた。

次に、トラモアタグによる「放流後に追跡可能な体サイズの上限」について明らかにするために、トラモアタグを装着した個体を個別に長期にわたって飼育することによって、装着したトラモアタグが保持され続ける体長の上限について調べた。

【研究成果の概要】

- ① 本事業内の最近 2 年間に実施された標識放流調査の結果、6 月に放流された個体では再捕があるのに対して(6 月放流群: 2022 年は 5 尾、2023 年は 4 尾、表 1)、7 月以降に放流された個体はほぼ再捕されなかった(7 月放流群: 2022 年は 1 尾、2023 年放流群は再捕無し、表 1)。再捕数が少ないため、引き続き同様の調査を実施し、データ数を蓄積する必要があるが、2 年続けて同様の傾向が出ており、現在の沿岸環境では、干潟における本種稚エビに対する捕食圧の低い 6 月以前での放流が資源造成に効果的であると考えられた。現在、瀬戸内海各地では 7 月以降にも本種の種苗放流が多数行われているが、その実施時期の検討・変更の提案につながる成果である。

【副次的成果】本事業によって、大分県海域にて 2020 年代に実施された標識放流調査で得られた再捕個体数が徐々に増えてきたことから、放流後の「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）」を、資源状態が良好かつ海域の高水温化や貧栄養化が懸念されていなかった年代（1998 年、1999 年）に大分県の同じ海域で実施された標識放流調査で得られた再捕個体と比較することが可能となった。一般化加法混合モデルを用いて解析を行った結果、年代による推定日間成長量への有意な影響は認められなかった（図 2、表 2）。このことは高水温化や貧栄養化等が懸念されている現在の瀬戸内海の沿岸環境においても種苗放流による資源造成、再生産能力の下支えが不可能ではないことを示していると考えられた。

- ② 水槽実験で得られた潜砂率および潜砂速度について一般化線形混合モデルによって解析した結果、トラモアタグの装着はクマエビの潜砂率に有意な影響を与えないことが示された（潜砂率：装着群 66.7%、非装着群 70.8%、図 3、表 3）。また、トラモアタグの装着はクマエビの潜砂速度にも有意な影響を与えないことが示された（潜砂までにかかった時間（秒）：装着群 129.1 ± 67.3 、非装着群 130.7 ± 60.2 、図 4、表 4）。
- ③ 水槽での個別飼育の結果、クマエビでは体長 25～30 mm では遊泳や脱皮によって装着したトラモアタグの脱落がみられたが、体長が 30 mm を越えた個体ではトラモアタグの脱落は一切見られなかった（図 5）。このことから「装着可能な体サイズの下限」は体長 30 mm といえる。しかし、実際に標識放流調査を実施する際には、標識装着から放流までの間に種苗は水槽内にて高密度の状況を経験する。この際、標識種苗間で装着された標識を引っ張りあうことによって、装着標識が脱落しうる。このような種苗間での物理的干渉による脱落リスクを下げるためには、装着可能な体サイズの下限より体サイズが大きく、トラモアタグが脱落しにくい種苗を用いることが望まれる。したがって、クマエビにおける「標識放流調査の現場における実効的な、装着可能な体サイズの下限」としては、おおよそ体長 40-45 mm が適当であると推測された。

次に、長期間にわたってクマエビの標識装着個体を飼育した結果、飼育個体が寿命等で死ぬまでに最も大きくなった飼育個体は体長 148.9 mm であった。飼育期間中にトラモアタグや眼球部の脱落は見られなかったことから「放流後に追跡可能な体サイズの上限」は少なくとも体長 148.9 mm 以上にあることがわかった。

【副次的成果】クマエビの主な漁場のひとつである橘湾において漁獲物の測定を 4 月から 10 月にかけて毎月行い、体サイズ組成を得た結果、トラモアタグによる「放流後に追跡可能な体サイズ」を保守的に体長 148.9 mm とした場合、漁獲物のうち小さいサイズから 46.2%までが追跡可能な体サイズ範囲であることがわかった（図 6）。これは本種の栽培漁業においてはトラモアタグを用いて正確な放流効果を算出することは困

難であることを示している。しかし、その一方で、4月から10月における漁獲物の測定の結果、当年産まれの個体は9月から10月に漁獲加入し、これら漁獲加入個体の体サイズはトラモアタグによって追跡できる体サイズ範囲にほぼ収まることが示され（図7）、トラモアタグを利用することによって放流種苗の漁獲加入の状況については十分に調べる事が可能なことがわかった。このことから、漁獲加入の状況についてトラモアタグを用いて放流群間での相対的な評価を行うことによって、放流適条件の把握が本種において可能であることが示された。

【次年度に向けた提言】

クルマエビの放流適期については、早期での放流が資源造成に効果的である傾向が示された。しかし、再捕個体数がまだ少ないため、次年度以降も引き続き同様の調査を実施し、データ数の拡充を図る必要がある。

また、クルマエビの種苗放流は資源造成に効果的であると考えられるが、近年の漁業従事者の高齢化に伴って、放流時における実施が推奨されている「囲い網もしくは被せ網を用いた放流環境への種苗の馴致作業」を行うことが困難な場合が増えており、放流作業の効率化・省力化が求められている。もしかしたら、干潟における本種稚エビに対する捕食圧の低い時期ならば、干潟からの捕食者が少なくなる干潮時に種苗を適切な砂浜干潟へ放流した場合、馴致作業を伴わなくても種苗放流による効果的な資源造成が可能かもしれない。そこで、次年度以降は、捕食圧の低い早期に実施する標識放流調査では馴致作業の有無による再捕数への影響についても調べるべきと考える。

クルマエビにおいては、現行のトラモアタグを用いて放流種苗の漁獲加入個体を調べることによって、放流適条件の把握が可能であることが示された。しかし、より幅広い体サイズにかけて放流種苗を追跡することができれば、漁獲加入時期に限らない、より正確な放流効果の把握が可能となる。そのため今後は、眼柄への装着時に利用する穴が現行のトラモアタグより大きい新しいトラモアタグについて実験を行い、その利用可能性について調べていく必要があるだろう。

表 1 標識放流群の概要

放流時期	体長 (mm)	放流尾数	標識装着箇所	再捕尾数
2022 年 6 月	53.4 ± 7.5	9911	右眼	5
2022 年 7 月	53.4 ± 4.9	9786	左眼	1
2023 年 6 月	61.1 ± 2.6	9966	右眼	4
2023 年 7 月	56.9 ± 1.8	9815	左眼	0

表 2 一般化加法混合モデルによる、放流実施年代が放流後の日間成長量 (mm/日) に与える影響についての解析結果

Parametric coefficients			
	Estimate	<i>t</i>	<i>P</i>
切片	-0.03	-0.56	0.58
年代	0.03	0.34	0.73

Approximate significance of smooth terms			
	edf	<i>F</i>	<i>P</i>
再捕までの日数	2.98	94.43	<0.01
放流時の体長	3.29	34.81	<0.01
放流時期	1.00	0.06	0.81
性別	0.99	67.35	<0.01

表 3 一般化線形混合モデルによる、トラモアタグの装着が潜砂率に与える影響についての解析結果

Explanatory variables	df	<i>F</i>	<i>P</i>
タグの装着の有無	1	0.58	0.45
体長	1	0.13	0.72
残差	43		

Random effects	variance	SD
個体	4.27	2.07
試行回次	0.05	0.22

表 4 一般化線形混合モデルによる、トラモアタグの装着が潜砂速度（潜砂までにかかった時間（秒））に与える影響についての解析結果

Explanatory variables	df	<i>F</i>	<i>P</i>
タグの装着の有無	1	0.16	0.69
体長	1	2.59	0.12
残差	27		

Random effects	variance	SD
個体	1284.00	35.84
試行回次	0.00	0.01



図 1 種苗を放流環境に馴致する際に使用する被せ網（3 × 4 m）の設置状況

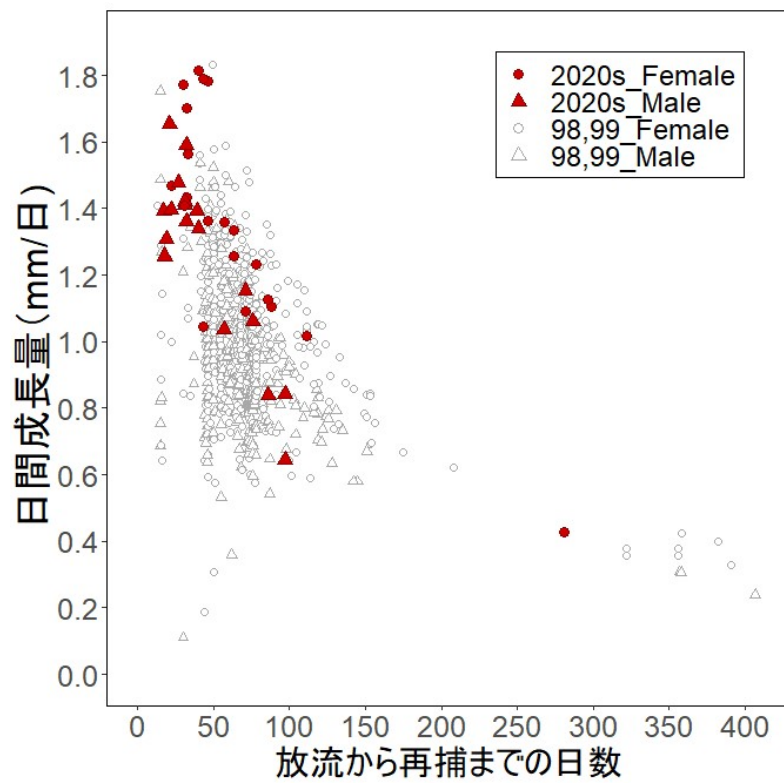


図2 異なる年代における放流後のクルマエビ種苗の日間成長量 (mm/日)

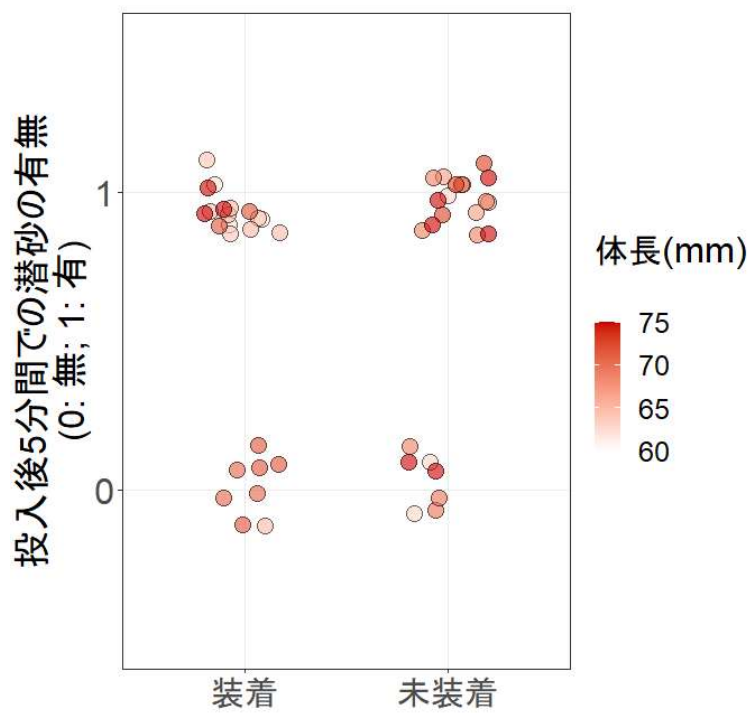


図3 トラモアタグの装着によるクルマエビの潜砂率への影響

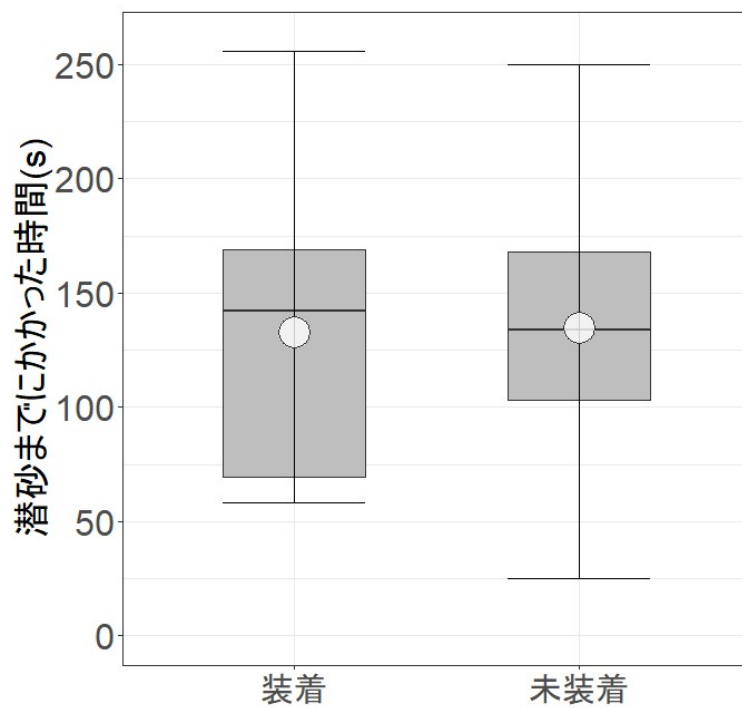


図4 トラモアタグの装着によるクマエビの潜砂速度（潜砂までにかかった時間（秒））への影響（白丸は平均値を示す。）

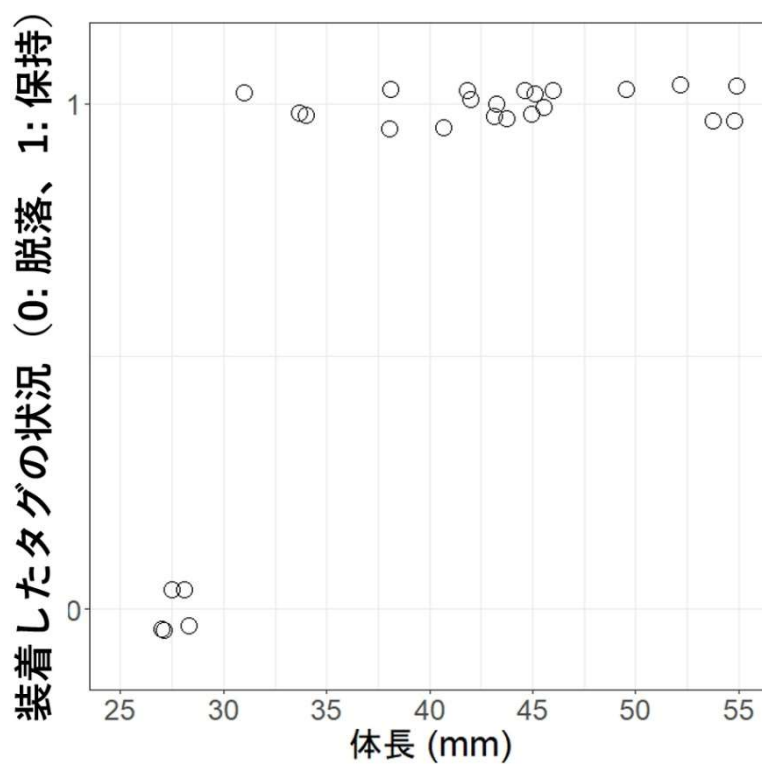


図5 クマエビ種苗の体サイズと装着したトラモアタグの脱落の有無

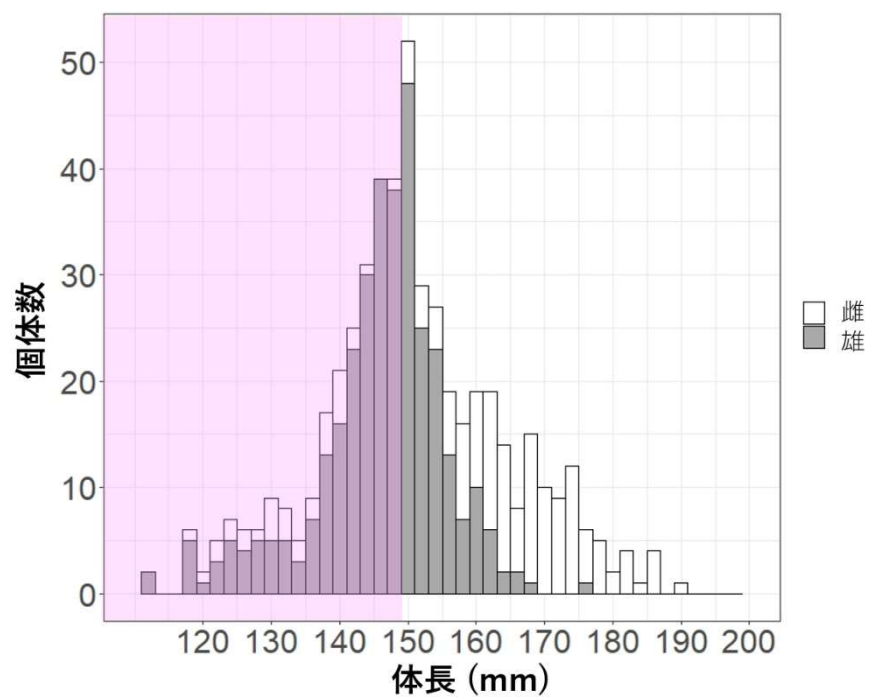


図 6 長崎県橘湾における 4-10 月のクマエビ漁獲物の体サイズ組成とトラモアタグの装着によって追跡可能な体サイズ範囲（ピンク色の網掛け部分）

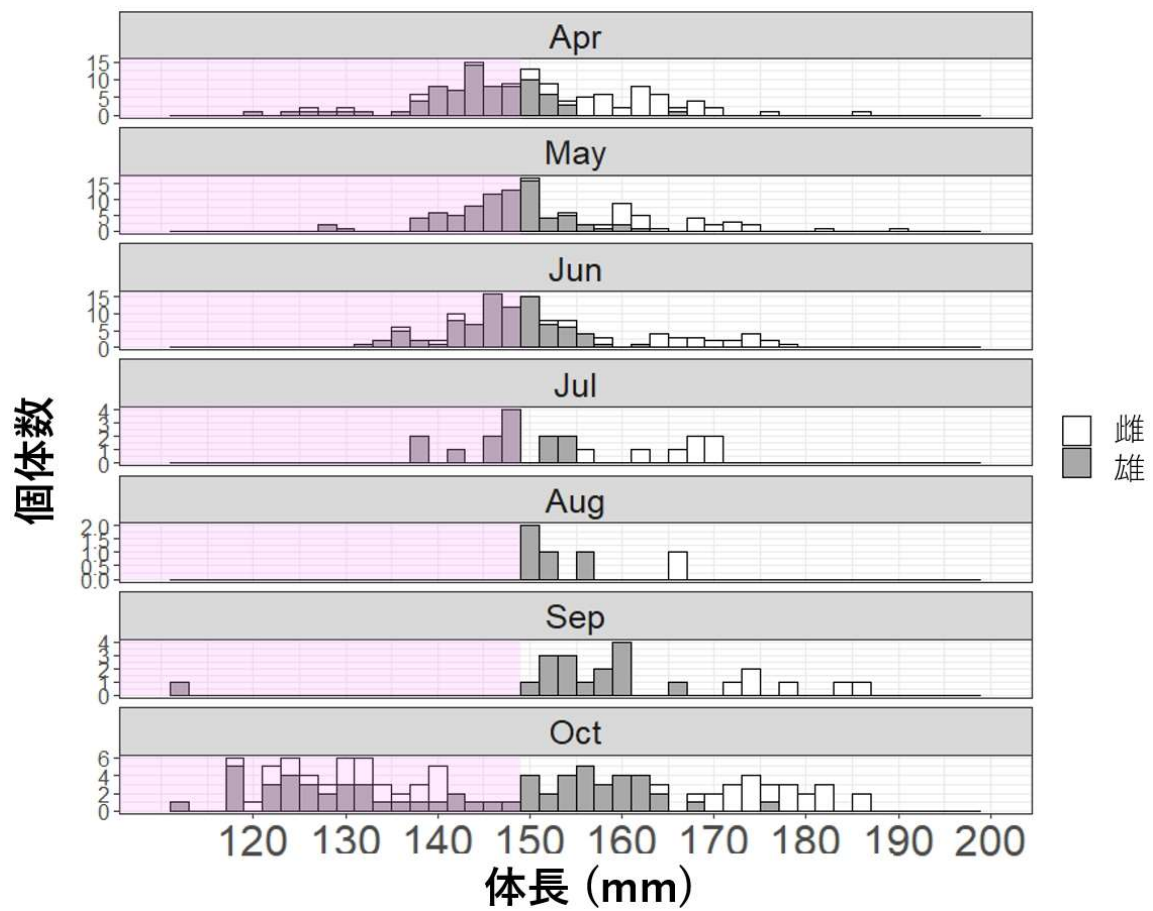


図 7 長崎県橘湾における月ごとのクマエビ漁獲物の体サイズ組成とトラモアタグの装着によって追跡可能な体サイズ範囲（ピンク色の網掛け部分）

エ 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6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・甲殻類グループ）

研究設計会議 議事次第（案）

日 時：2024年8月1日 13：15～18：00

（8月2日 9：00～ 担当者会議 任意参加 webなし）

場 所：TKP カンファレンスシティ博多 カンファレンス2

福岡県福岡市博多区博多駅前3-19-5 博多石川ビル1階

https://www.kashikaigishitsu.net/facilitys/cc-hakata/room_detail/1420/

議 事：

1. 開催挨拶（13：15-13：30）

2. 事業の概要説明（13：30-13：50）

3. 各課題の研究計画の説明

ア 親魚養成技術の開発（13：50-15：00 各機関10分 質疑20分）

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

富山県水産研究所

新潟市マリnpia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
東京海洋大学 |
| 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)

- 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振興課

エ 検討会の開催 (17:20-17:30)

- ① 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

令和6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・甲殻類グループ）

第2回研究推進会議（研究成果報告会） 議事次第

日 時：2025年3月3日 13:00～18:00

（3月4日 9:00～ 担当者会議 任意参加 webなし）

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（13:00-13:15）

2. 事業の概要説明（13:15-13:30）

3. 各課題の研究成果の説明

ア 親魚養成技術の開発（13:40-15:00 各機関 10分 質疑 20分）

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

④ 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（15:10-16:30 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

東京海洋大学

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（16：40-17：30 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

- 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
長崎市水産農林部水産振興課

エ 検討会の開催（17：30-17：35）

- ② 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 （17：35～）

5. 講 評

6. その他