

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】

漁獲されたアカムツを用いて人工授精を行い、稚魚の適正な光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。また、ホルモン投与等により、メスを作成する技術を開発する。

【研究方法】

- 1) 天然魚の人工授精による採卵（新潟県での採卵は、新潟市水族館マリニピア日本海と共同実施）

採卵は、富山県富山市沖では令和 4 年 8 月 30 日、9 月 12 日、9 月 15 日および 9 月 26 日の計 4 回、新潟県長岡市沖では 9 月 11 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。富山市沖で漁獲された完熟卵が出ない個体については、活きの良い個体を選別し、合計 9 尾のメスを富山県水産研究所に活かして輸送した。研究室で生殖腺刺激ホルモン（ゴナトロピン）を 500IU/Kg を目安に腹腔または筋肉に注射し、翌日に人工授精を行った。

- 2) 種苗生産試験

5 m³丸型 FRP 水槽（水量 4 m³）3 水槽および 1.2 m³丸型 FRP 水槽（水量 1 m³）4 水槽を用いて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）とおとひめ（日清丸紅飼料株式会社）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。

1.2 m³丸型 FRP 水槽 4 水槽で飼育した個体は、65 日齢時に全個体を 5 m³丸型 FRP 水槽に移送して中間育成を実施した。

種苗生産成績の評価は、例年と同様に原則 120 日齢時の稚魚の生残尾数、生残率および密度を用いて行った。一部の期間を以下に示した半閉鎖循環式水槽で中間育成した稚魚については、放流時の 96 日齢時の値を用いた。

- 3) 半閉鎖循環式水槽を用いた加温しての中間育成

稚魚の中間育成期間を短縮することを目的とした。5 m³丸型 FRP 水槽で生産した稚魚 3,902 尾を 67 日齢時に 3.6 m³ユーロタンク（水量 3 m³）を用いた半閉鎖循環式の

飼育水槽に移送し、中間育成を開始した。受水槽（0.26 m³角型 FRP 水槽）と濾過槽（0.8 m³角型 FRP 水槽）にヒーターを設置し、飼育水を加温した。濾材には、サラロック、バイリーンマット、トラベロンフィルターおよびサンゴ砂を使用した。また、飼育水の汚れを除去するために泡沫分離装置（VOLCANO, VL-1）を使用した。

4) 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給餌することにより、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、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 1000 μg/g、100 μg/g、0 μg/g（対照区：フィードオイルのみ）に設定した。500L 水槽（各 2 試行）に 1-1 回次で生産した 32 日齢の仔魚（12±1 mm）を 500 尾ずつ収容して試験開始とし、130 日齢（約 5 cm）までイソフラボン含有した餌を給餌した。その後はイソフラボン含まない配合飼料を給餌して飼育した。

5) 仔稚魚の成長に伴う走光性の変化

アカムツ仔稚魚の発育段階による走光性の違いを明らかにすることで、アカムツ種苗生産に適した光条件を検討する上での基礎知見とすることを目的とした。

照度選好試験を 5 つの発育段階（前屈曲期仔魚：11 日齢、屈曲期仔魚：19 日齢、後屈曲期仔魚：33 日齢、浮遊期の稚魚：48 日齢、着底後の稚魚：72 日齢）の仔稚魚を用いて行った。試験水槽内に 5 つの照度区（A：1400 lux, B：1200 lux, C：800 lux, D：400 lux, E：100 lux）を設定し、照度勾配を作った。水槽に仔稚魚を 5 尾収容し、30 分間馴致した。その後、仔稚魚の行動を 20 分間観察し、1 分ごとに各区に存在する仔稚魚の数を計数した。水槽内の照度区の照度勾配を左右逆にして繰り返し、仔稚魚の分布割合を算出した。

【研究成果の概要】

1) 天然魚の人工授精による採卵

富山市沖の船上採卵の結果概要を表 1 に示した。受精卵は、9 月 12 日、9 月 15 日および 9 月 26 日に計 7 尾から得られた。総卵数は、52,600~385,000 個、浮上卵率は 6~75%、ふ化仔魚数は、4,000~59,000 尾、浮上卵数に対するふ化率は、12~48%であった。得られたふ化仔魚 108,500 尾を種苗生産に用いた（回次：1-1、2-1~2-5）。

長岡市沖の人工授精では、種苗生産に使用可能な受精卵を得ることはできなかった（長岡市沖の採卵結果の詳細についてはマリンピア日本海の報告書を参照）。

ゴナトロピン注射による採卵の結果概要を表 2 に示した。活魚で輸送した 9 尾のうち 4 尾が採卵まで生存し、8 月 31 日の早期から受精卵を得ることに成功した。

総卵数は、52,400～320,500 個、浮上卵率は 50～87%、ふ化仔魚数は、44～33,500 尾、浮上卵数に対するふ化率は、0.02～33%であった。9 月 26 日にふ化した仔魚 33,500 尾は、翌日には 9,500 尾まで減少していたが、それらを 5 m³丸型 FRP 水槽に収容し、種苗生産試験に供した（回次：2-6）。

2) 種苗生産試験

生産結果の概要を表 3 に示した。種苗生産試験を 118,000 尾のふ化仔魚を用いて実施した。生産稚魚数は、2,559 尾～9,438 尾で、合計 23,450 尾であった。生残率は、16.0～48.1%で、全体の平均値は 19.9%であった。稚魚密度は、853～2,360 尾/m³で、平均すると 1,563 尾/m³であった。

3) 半閉鎖循環式水槽を用いた加温しての中間育成

半閉鎖循環式の中間育成を開始してから 9 日目に注水量が減少することにより、循環水量のバランスが崩れ、循環システムが停止する事故が発生した。これにより、水温が一時的に濾過槽では上昇し、飼育水槽では低下した。12 日目に稚魚 1,032 尾がへい死したことから、通常の流水飼育に戻した。半閉鎖循環による飼育期間中の水温範囲は 17.3～20.4℃で、平均水温は 19.2℃であった。半閉鎖循環による飼育終了時の稚魚の全長は約 39 mmで、生残率は 70%であった。

半閉鎖循環での飼育期間は短かったものの、稚魚の成長は速まったと考えられ、これまでの中で最短の 96 日齢で放流サイズの 5 cmに達したことから（自然水温飼育では 150 日前後）、約 2,500 尾を富山市沖に早期放流した。

稚魚のへい死要因については特定できないが、システム停止による水質の悪化が考えられることから、システムの安定化が課題として残った。

4) メスを増やす技術の開発「大豆イソフラボン給餌試験」

令和 5 年 2 月現在の稚魚は、生殖腺が未熟で性別が困難である。したがって、生殖腺が発達するまで各試験区の稚魚の飼育を継続し、生殖腺の組織切片を作成して性別の判定を実施し（令和 5 年度を予定）、大豆イソフラボンの給餌によりメスの割合が増加したかを検証する。

5) 仔稚魚の成長に伴う走光性の変化

各発育段階における仔稚魚の分布割合を図 1 に示した。前屈曲期仔魚は、72%が A 区、28%が B 区に分布し、強い正の走光性を示した。屈曲期仔魚、後屈曲期仔魚は、正の走光性を示したが、成長するにつれて徐々に弱まる傾向がみられた。浮遊期の稚魚は幅広い照度区に分布し、走光性は不明瞭となった。着底稚魚は、53%が E 区に分布し、負の走光性が強まった。

観察された成長に伴う走光性の変化は、アカムツ仔稚魚の浮遊生活から深場の底棲生活への移行に伴う光環境の変化を反映していると考えられた。着底稚魚は暗い環境に適応していることが示唆されたことから、低照度での中間育成の検討が必要である。

【次年度に向けた提言】

今年度は船上で完熟卵の出ないメス親魚を活魚で輸送し、ゴナトロピン注射による採卵を実施した。その結果、研究室での人工授精により 8 月下旬の早期から受精卵を得ることができた。さらに、ゴナトロピン注射で得られたふ化仔魚の一部を稚魚まで育てることに成功した。このことは、アカムツ種苗生産の最大の課題である受精卵確保の安定化に貢献すると考えられる。しかし、持ち帰った親魚の生残率が低かったことから、採集方法や輸送方法の見直しが必要である。また、ゴナトロピン注射により得られた受精卵の浮上卵率は高いにもかかわらず、ふ化率は低く、生残する孵化仔魚も多くはなかった。したがって、打注するゴナトロピンの最適濃度および採卵のタイミングや手法を検証する必要があると考えられる。

表 1. 富山市沖の船上での採卵結果の概要

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	生産回次
	♀	♂						
8月30日	-	-	-	-	-	-	-	
9月12日	304	289	104,200	6,400	6%	-	-	廃棄
9月15日	304	306,328	177,600	47,600	27%	11,500	24%	1-1
9月15日	345	306,328	166,200	33,400	20%	4,000	12%	
9月26日	379	260,304	385,000	288,500	75%	59,000	20%	2-1
9月26日	299	260,304	162,000	69,800	43%	11,000	16%	2-2,2-3, 2-4,2-5
9月26日	273	288	52,600	21,000	40%	10,000	48%	
9月26日	303	288	113,600	59,800	53%	13,000	22%	
合計			1,161,200	526,500		108,500		

表 2. ゴナトロピン注射による採卵結果の概要

採卵日	全長(mm)	濃度(IU/Kg)	総卵数	浮上卵数	浮上卵率	ふ化仔魚数	浮上卵ふ化率	備考
8月31日	306	534	63,800	55,200	87%	8,500	15%	
8月31日	256	560	52,400	45,400	87%	15,000	33%	
9月16日	343	514	320,500	193,500	60%	44	0.02%	
9月27日	344	664	225,500	113,000	50%	33,500	30%	ふ化翌日の生残 9,500尾 (生産回次:2-6)
合計			662,200	407,100		57,044		

表 3. 種苗生産結果

回次	水量 (m ³)	収容ふ化 仔魚数	生産 稚魚数	生残率 (%)	稚魚密度 尾数/m ³	備考
1-1	4 → 3	15,500	2,559	16.5	853	イソフラボン試験に 仔魚3,000尾を使用 半閉鎖循環水槽(3t) で稚魚を中間育成
2-1	4	59,000	9,438	16.0	2,360	
2-2	1	8,500				
2-3	1	8,500	6,882	20.2	1,721	65日齢時に全数を 同じ4t水槽に移送
2-4	1	8,500				
2-5	1	8,500				
2-6	4	9,500	4,571	48.1	1,143	ゴナトロピン採卵
合計	15	118,000	23,450	19.9	1,563	

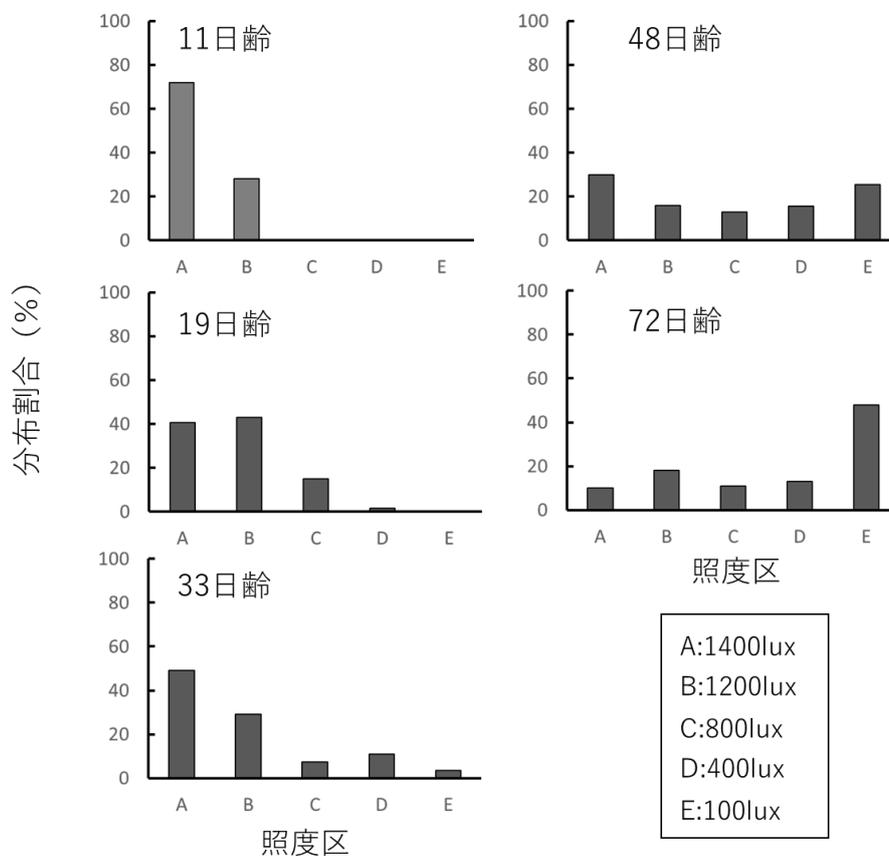


図 1. 走光性試験の結果

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 - 1

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
4月20日～5月22日に、3名のはえなわ漁業者の協力のもと、本県瀬戸内海で延べ16回の試験操業を実施し、親魚を確保した。5月24日に確保した雌個体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、その24～120時間後に搾卵した。搾卵後、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った。精子は凍結保存した精子を使用した。得られた授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) 放流効果調査
令和4年9月16日、標識作業のため(公社)山口県栽培漁業公社で飼育していた約4,000尾の種苗を山口県水産研究センターに移槽した。
また、令和元～3年度に山口県瀬戸内海に標識放流した個体について、関係漁業者に対して再捕した場合は再捕報告をするよう求めた。なお、令和元～3年度に実施した放流の放流日、放流魚の平均全長、放流尾数および標識方法は表1のとおりである。
- 3) 放流後の移動生態調査
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、12月12日および1月10日に放流を行った漁港内で、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
4月20日～5月22日に試験操業を行った結果、雄親魚8尾、雌活魚3尾を確保できたため、この親魚を用いて、5月23日から採卵試験を実施した。採卵試験の結果を表2に示した。試験に供した3尾の雌活魚のうち、1尾が主に放卵した。HCGを打注

から 72～96 時間後に確保した約 6 万粒の受精卵を（公社）山口県栽培漁業公社の八角形 50kL 水槽に収容した。

2) 放流効果調査

令和 4 年 9 月 16 日、（公社）山口県栽培漁業公社で飼育していた約 4,000 尾の種苗を標識作業のため、山口県水産研究センターに移槽した。10kL 円形水槽 2 基に収容し、換水率 700%で飼育を開始した。移槽後の種苗は、摂餌活性がなく、泳ぎが緩慢で、徐々にへい死個体が増加した。9 月末には 100～300 尾/日へい死するようになった。10 月 3 日に魚病診断を実施し、パスツレラ症とビブリオ属細菌（種不明）の日和見感染症と推察された。10 月 13 日から摂餌が回復すると同時に死亡がなくなった（残った種苗は 50 尾（生残率 1.25%））。このため、標識放流を中止した。

令和元～3 年度の放流魚について、再捕報告はまだない。

3) 放流後の移動生態調査

表 3 にライントランセクト法を用いた潜水調査結果を示した。放流から 496 日経過しても、港内に一部の放流魚が留まっていることを確認した。

【次年度に向けた提言】

令和元～3 年に、本県瀬戸内海に計 12.5 万尾の種苗を放流した。一方で、まだその放流魚の漁獲はない。本県瀬戸内海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 令和元～3 年度に実施した放流の放流日、放流魚の平均全長、放流尾数および標識方法

放流日	平均全長 (mm)	放流尾数 (尾)	標識方法
令和元年 7 月 29 日	50	60,000	無標識
令和元年 8 月 9 日	60	20,000	無標識
令和元年 11 月 24 日	110	3,000	左腹鰭カット
令和 2 年 8 月 7 日	75	24,000	右腹鰭拔去
令和 2 年 8 月 11 日	85	10,000	右腹鰭拔去
令和 2 年 9 月 28 日	107	850	右腹鰭拔去
令和 2 年 10 月 15 日	119	400	右腹鰭拔去
令和 3 年 9 月 1 日	81	3,500	左腹鰭拔去
令和 3 年 9 月 3 日	81	3,500	左腹鰭拔去

表2 採卵試験の結果

hCG 打注後の 時間	放卵雌 個体数	採卵数 (粒)	使用した精子	受精 24 時間 後の浮上卵数 (粒)	受精 24 時間 後の浮上卵 率 (%)
24 時間後 (5/24)	3	21,240	人工精漿保存精 子	0	0.0
48 時間後 (5/25)	1	39,600	人工精漿保存精 子	8,460	20.8
72 時間後 (5/26)	1	59,220	人工精漿保存精 子	18,180	30.7
96 時間後 (5/27)	1	80,100	凍結精子	36,360	45.4
120 時間後 (5/28)	0	-	-	-	-

表3 ライトランセクト法を用いた潜水調査結果

	放流後日数				
	86 日 (R3. 11. 25)	106 日 (R3. 12. 16)	146 日 (R4. 1. 20)	467 日 (R4. 12. 12)	496 日 (R4. 1. 20)
生息密度 (尾/100m ²)	2.0	5.2	2.6	0.2	2.5
漁港内の推 定 生息尾数 (尾)	466.5	1212.8	606.4	46.6	583.1
調査時の水 温 (°C)	17.8	14.8	12.4	13.2	11.1

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 - 2

宮崎県水産試験場

平山 仁斗

【目的】

アカアマダイ種苗の効果的な放流手法の開発と放流効果の把握を行うため、種苗の一部に標識を装着し、移動や成長の追跡調査を行うとともに、放流時の減耗回避を目的とした海鳥等による食害防止方法を検討した。また日向灘で漁獲されるシロアマダイの生物特性等を明らかにするため、天然魚の遺伝子解析を行い、日向灘とその周辺海域における遺伝的違いの有無を調べた。

【研究方法】

1. アカアマダイ種苗の効果的な放流手法の開発と放流効果の把握

① 放流時の食害防止方法の検証

放流直後の狂奔、水面遊泳による広範囲への分散と海鳥による食害防止のため、昨年度実施した囲い網を改良し放流方法の再検証を行った。

② 放流効果の把握

今年度、(一財)宮崎県水産振興協会が種苗生産するアカアマダイについて、放流時期(2～3月頃)前に標識(腹鰭切除)を施し、放流を実施した。また県内の主要市場における市場調査を毎月実施し、アカアマダイの標識魚のモニタリングを実施した。

2. シロアマダイの生物特性の把握

日向灘海域のシロアマダイの遺伝的集団解析(ミトコンドリアDNAの調節領域の解析)を実施し、他海域産(瀬戸内海海域、日本海海域)シロアマダイとの集団間の比較評価を行うことにより、その集団間の相違について確認した。解析方法については、令和3年度に山口県水産研究センターが実施した解析方法に準じて行った。

なお、分析には、令和3年度に日向灘海域で漁獲された120個体の胸鰭各1サンプルの計120サンプルを供した。

【研究成果の概要】

1. アカアマダイ種苗の効果的な放流手法の開発と放流効果の把握

① 放流時の食害防止方法の検証

次ページの写真のとおり、令和3年度に製作した囲い網の形状を改良し、新たな囲い網を製作した。改良のポイントとして、昨年度製作の囲い網では一部の種苗が囲い網底部まで潜行した後、海面に浮上し、鳥による食害を受けた経緯を踏まえ、海面下

の囲い網の長さを約1.5倍伸張した。また、持ち運び等の取り扱いやすさを向上させるため、2段スライド式に伸縮できるように、コンパクト化を図った。

この改良した囲い網を放流時に使用し、その効果を検証する予定であったが、放流直前に種苗の疾病が発生したため（詳細はイ-2 参照）放流を断念し、検証は実施できなかった。



写真 製作した囲い網

(左：令和3年度製作、右：令和4年度製作)

② 放流効果の把握

令和4年4月～令和5年2月の県内主要市場にてアカアマダイ標識魚のモニタリング調査を実施した。その結果2尾の標識魚を確認した。

表 令和4年度標識魚情報

確認日	全長(mm)	体重(g)	雌雄	標識部分	放流時期(大きさから推定)
2022年8月26日	316	384	♀	左腹鰭歪	2018年3～4月
2022年11月9日	358	447	♂	左腹鰭歪	2018年3～4月

2. シロアマダイの生物特性の把握

日向灘海域のシロアマダイと瀬戸内海海域及び日本海海域との3標本集団におけるAmova分析の結果、標本集団間での分化は観察されなかった。また3標本集団間の異質性に関するペアワイズF分析の結果、標本集団間の分化は観察されなかった。以上のことから3標本集団間の遺伝的な相違は認められなかった。

【次年度以降に向けた提言】

今年度検証できなかった食害防止試験用の囲い網について、引き続き検証していく。また、放流効果のモニタリング調査についても継続して実施し、データの蓄積を図る。

【引用文献】

(1) 令和3年度さけ・ます等栽培対象資源対策委託事業（山口県水産研究センター成果報告書）

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（Vemco社製 V13-1H コード化ピンガー）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個体を漁獲場所付近に放流した。

発信機からの音波が受信機（Vemco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、放流後は定期的に受信機を回収し、データを回収した。

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）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、計38個体を仙崎湾内または湾外（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. 漁獲と気象海況の関係

仙崎湾内で毎年秋季の台風接近に伴い発生するキジハタの大量漁獲（50尾/日以上）のメカニズム解明を目指し、平成29年から令和3年の9月から11月の湾内のキジハタ漁獲データと気象データ（気圧、水温、風速、風向等）を収集し、大量漁獲の発生日と非発生日の観測値を統計的に比較した。

気圧は山口県水産研究センター内（長門市仙崎）に設置された気圧計の観測値、水温は仙崎湾口に位置する定置網に設置された自動水温観測ブイの計測値、風速および風向は下関地方気象台油谷観測所の観測値を用いた。なお、当海域におけるキジハタの主漁

法である刺網は、夕方までに漁場に設置し、夜間に罹網した魚を翌日早朝に水揚げするため、解析に用いる大量漁獲発生時の気象データは発生前日のものを用いた。

【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

令和2年度に放流した12個体および令和3年度に湾内で放流した5個体について、令和5年1月までの受信データを用いて解析した。

令和2年に湾内で放流した12個体は、放流後6カ月までに6個体(50%)、12カ月までに1個体(8%)が放流場所付近の受信機で捕捉された。また、放流後6カ月までに3個体(25%)、12カ月までに6個体(50%)が湾の出口付近の受信機で捕捉され、その後は捕捉されなかった。

令和3年に湾内で放流した5個体は放流後6カ月に2個体(50%)が放流場所付近の受信機で捕捉された。また、放流後6カ月時点で2個体(40%)が湾の出口付近の受信機で捕捉され、その後は捕捉されなかった。6カ月以降はいずれの個体も捕捉されなかった。

湾の出口付近の受信機で捕捉された個体は、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個体が湾内へ滞留していると考え、40~50%が湾の外へ移動し、50%以上が湾内に滞留していると推測された。

また、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年から令和4年に放流したロガー装着個体38個体のうち、7個体を回収した。このうち5個体は放流場所付近(直線距離3km以内の湾内および湾口)で再捕され、残り2個体は放流場所から直線距離で約35kmおよび約450km離れた海域で再捕された。再捕までの期間は28~485日(平均211日)であった。

再捕された7個体のうち6カ月間以上のデータが得られた4個体のデータを用いて解析した結果、キジハタは①日周期的な鉛直移動をしている、②夜行性である、③水温が高いほど活発に動くことが分かった。

3. 漁獲と気象海況の関係の検証

大量漁獲(50尾/日以上)の発生日と非発生日の気象条件を比較し、発生日は最大風速が高い、最低気圧が低い、前日との水温差が負に大きいことが分かった(図3)。また、最多風向は北北東および北東のときに発生しやすいことが分かった。

4. 放流適地としての評価

バイオテレメトリー調査から、湾内に放流した個体は 50%以上が湾内に滞留していると推測されたこと、および再捕された水温・水深ロガー装着個体 7 個体のうち 5 個体（71%）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、気象条件によりまとまった量の漁獲が見込めることから、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】

これまでの調査は、開始当初に市販されていた発信機やロガー等の機器のサイズに対する魚体の耐性を考慮し、全長 30 cm以上のキジハタ成魚を用いてきたが、放流適地の評価をより確実にするためには、成魚サイズに加え、実際に放流に用いられる種苗（全長 6~7 cm）に近いサイズでの調査も必要と考える。近年、従来よりも小さいサイズの機器が新たに発売されているため、これらを用いて可能な限り小さい個体を用いた調査も検討が必要である。

また、従来の水温・水深に加え、照度が記録できるロガーを装着することで、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できるようになるため、使用を検討する必要がある。

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。

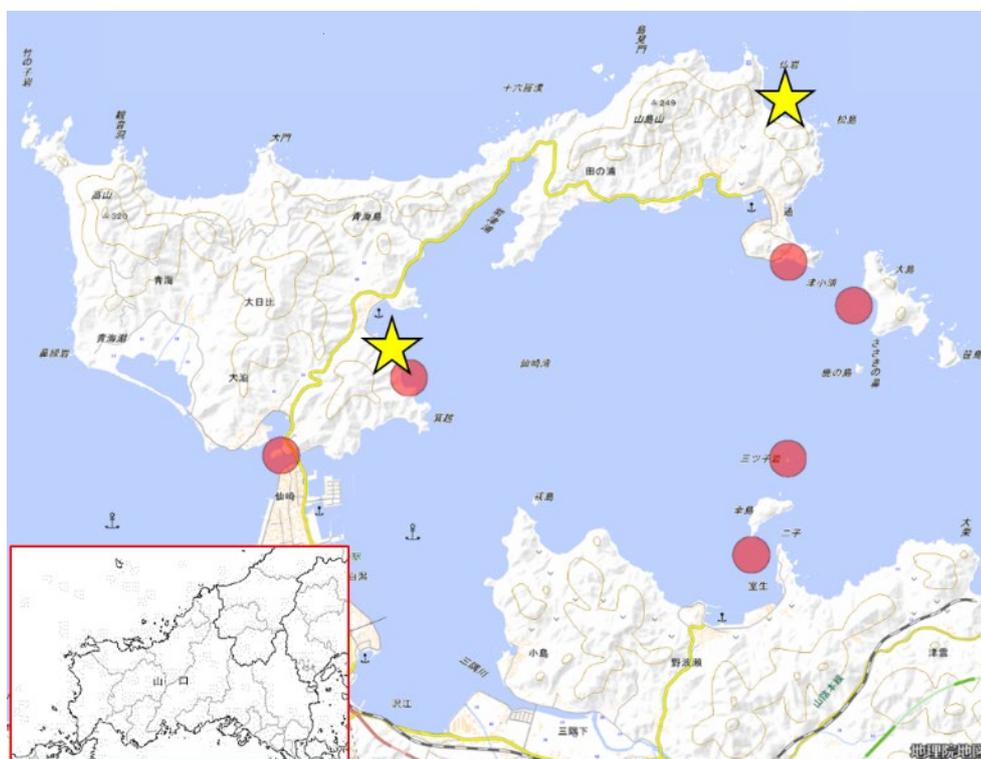


図1 調査海域図。○は受信機の設置位置、☆は放流場所を示す。

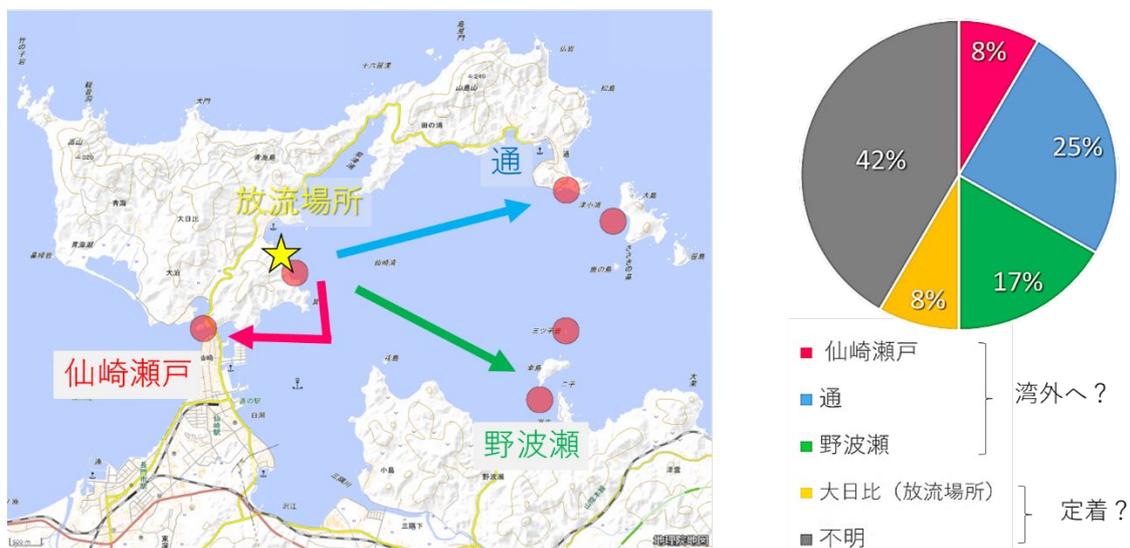


図2 令和3年に放流した12個体の1年後の行方。

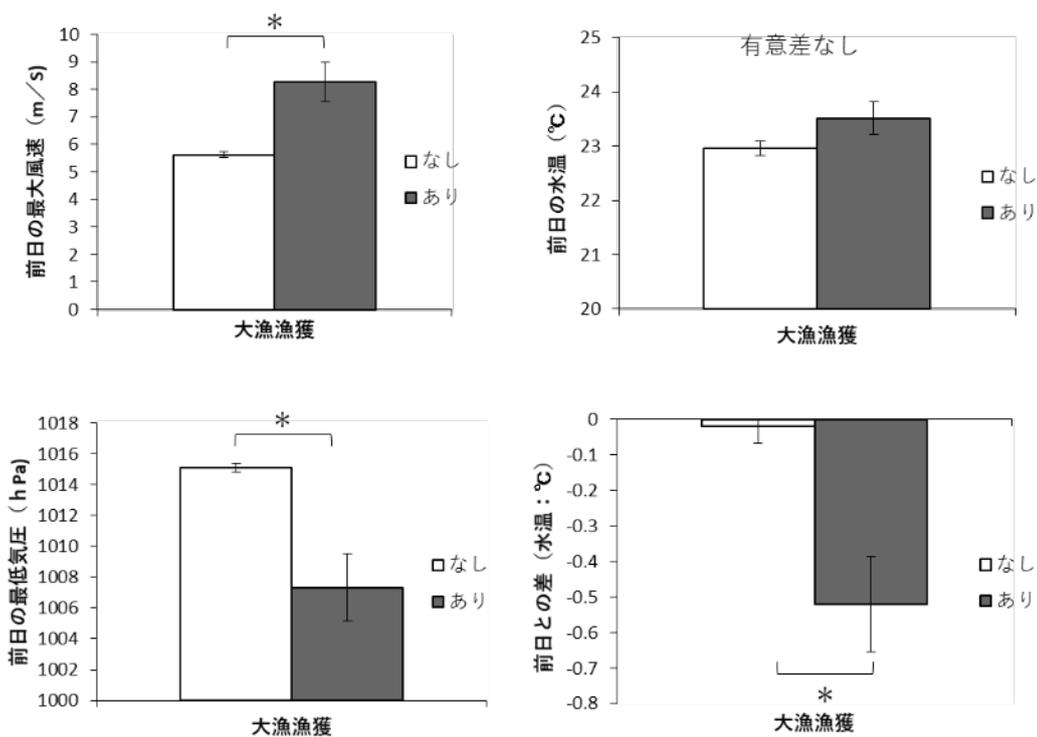


図3 大量漁獲発生の有無による気象・海況条件の比較

(発生日 n=19 非発生日 n=434 *は Welch 検定で有意差あり (p<0.05))。

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

【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およびタグの装着や色が捕食者からの発見されやすさ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クルマエビを対象に開発されたトラモアタグの栽培対象甲殻類他種（クマエビ、ヨシエビ）における利用可能性を水槽実験によって調べる。

【研究方法】

- ①-1) 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（平均体長 53.3 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、合計 2 万尾を放流した。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。
- ①-2) トラモアタグの「装着の有無」や「色の違い」が捕食者からの発見されやすさ（被食率）に与える影響について調べることを目的に、瀬戸内海各地（大分県の中津干潟、守江湾および愛媛県の河原津干潟）において、クルマエビ種苗（平均体長 53.4 mm）を用いてトラモアタグを装着していない1群と異なる色のタグ（赤、黄、青、紫もしくは白）を装着した5群の合計6群を設定し、それらをテグスとペグによって干潟に留め置き、24時間後の被食率を群間で比較した。
- ②-1) 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、「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。

- ②-2) 放流適期の決定に資する知見を得ることを目的に、5月から9月にかけて、瀬戸内海各地（大分県の中津干潟、守江湾および愛媛県の河原津干潟）において、テグスとペグによってクルマエビ種苗（平均体長 53.3 mm）を干潟に留め置き、24 時間後の被食率を記録し、その季節変化を調べた。
- ③-1) クマエビ種苗（平均体長 55.0 mm）およびヨシエビ種苗（平均体長 47.6 mm）を用いてトラモアタグ装着個体もしくは非装着個体を設定し、それらを個別飼育することにより、両種において脱皮によって本標識が脱落しないか？また、装着による生残や脱皮頻度、成長に対する影響の有無について調べた。

【研究成果の概要】

- ①-1) 標識放流調査の結果、現在までに放流点近くの近隣海域において、合計 6 尾の標識個体が再捕されている（赤：2尾、黄：1尾、青：2尾、紫：0尾、白：1尾）。まだ再捕数が多くないため、再捕個体の情報収集体制は今後も維持しつつ、来年度も同様の標識放流調査を行い、データ数の拡充を図る必要がある。
- ①-2) 一般化線形混合モデルによる解析の結果、「装着の有無」や「タグの色」は被食率に有意な影響を与えなかった（図 2 a, b）。このことから、トラモアタグの「装着の有無」および「色の違い」によって捕食者からの発見されやすさ（被食率）は変わることなく、本種の標識放流試験においては複数の色のトラモアタグを用いることによって複数放流群の同時設定が可能であることが示唆された。
- ②-1) 瀬戸内海奥部および水道部近傍のどちらの調査点においても、資源状態の良かった過去には本種稚エビの干潟へ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 a, b）。過去のデータも用いて Delta-type two-step model によって推定した結果、両地点とも稚エビの着底ピークは 9 月頃であった（図 4 a, b）。これらのことから、種苗放流の目的が資源の再生産能力の底上げとするならば、6 月および 7 月での種苗放流の実施が適当であることが示唆された。
- ②-2) 一般化線形混合モデルによる解析の結果、干潟に設置した稚エビの被食率が季節によって有意に変化することが示され、具体的には干潟における本種稚エビに対する捕食圧は 6 月中旬以降から急激に上昇し、特に 8 月および 9 月における捕食圧は非常に高くなることがわかった（図 5）。このことから、早い時期での種苗放流の実施が本種種苗に対する捕食圧の軽減つまりは資源造成に有効であることが示唆された。
- ③-1) クマエビおよびヨシエビの両種において、飼育期間中にトラモアタグが脱落することはなく、脱皮によってトラモアタグが脱落することはないことがわかった。また、log-rank test による解析の結果、クマエビにおいてトラモアタグの装着による生残に対する有意な影響は認められなかった（図 6）。一方、ヨシエビにつ

いては飼育期間中に死亡個体は一切観察されなかった。以上のことから、トラモアタグの装着による生残への影響は両種においては見られないことが明らかとなった。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、トラモアタグの装着による脱皮頻度や成長への有意な影響は認められなかった（図7 a, b; 図8 a, b）。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トラモアタグが放流個体の追跡や放流後の成長推定等において利用可能な標識のひとつであることが示唆された。

【次年度に向けた提言】

今年度の成果から、トラモアタグの天然環境下での標識性能の一端として、「タグの色の違い」による捕食者からの発見されやすさへの影響は見られず、複数の色を用いることによって多群の放流群の設定が可能であることが示唆された。今後は更なるデータ拡充によって、「色の違い」によって再捕率に対する影響の有無について明らかにしていく予定である。

また、クルマエビに加えて、クマエビやヨシエビにおいてもトラモアタグが標識として利用可能であることが示唆された。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、各栽培対象甲殻類における種苗放流方法の高度化にトラモアタグが利用可能であるかどうかについて明らかにしていく予定である。

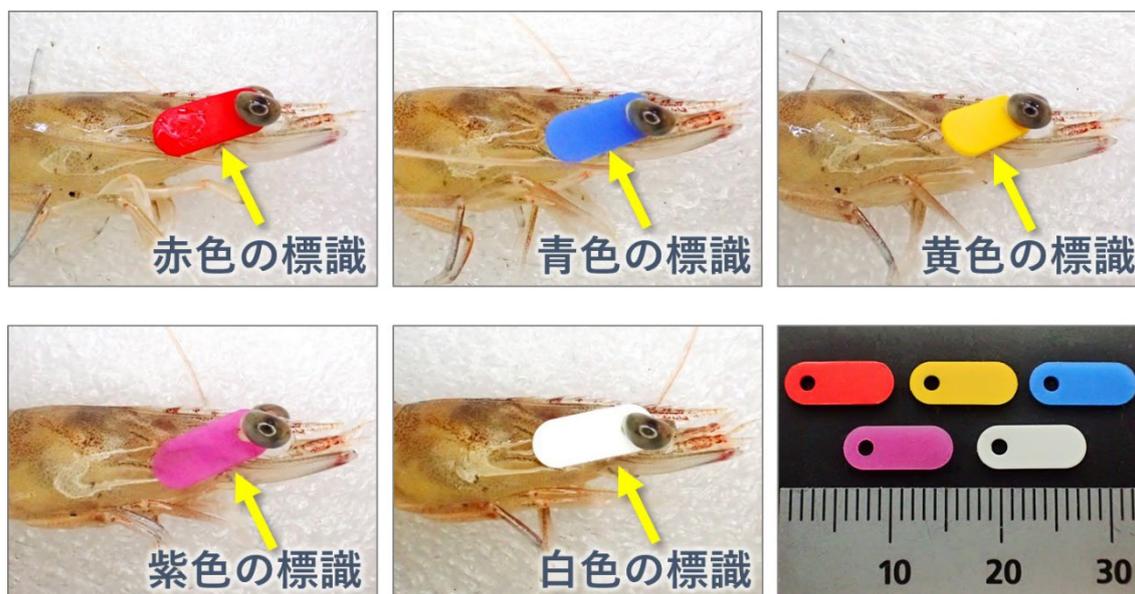


図1 使用したトラモアタグ（5色）をクルマエビ種苗に装着した様子とその大きさ。

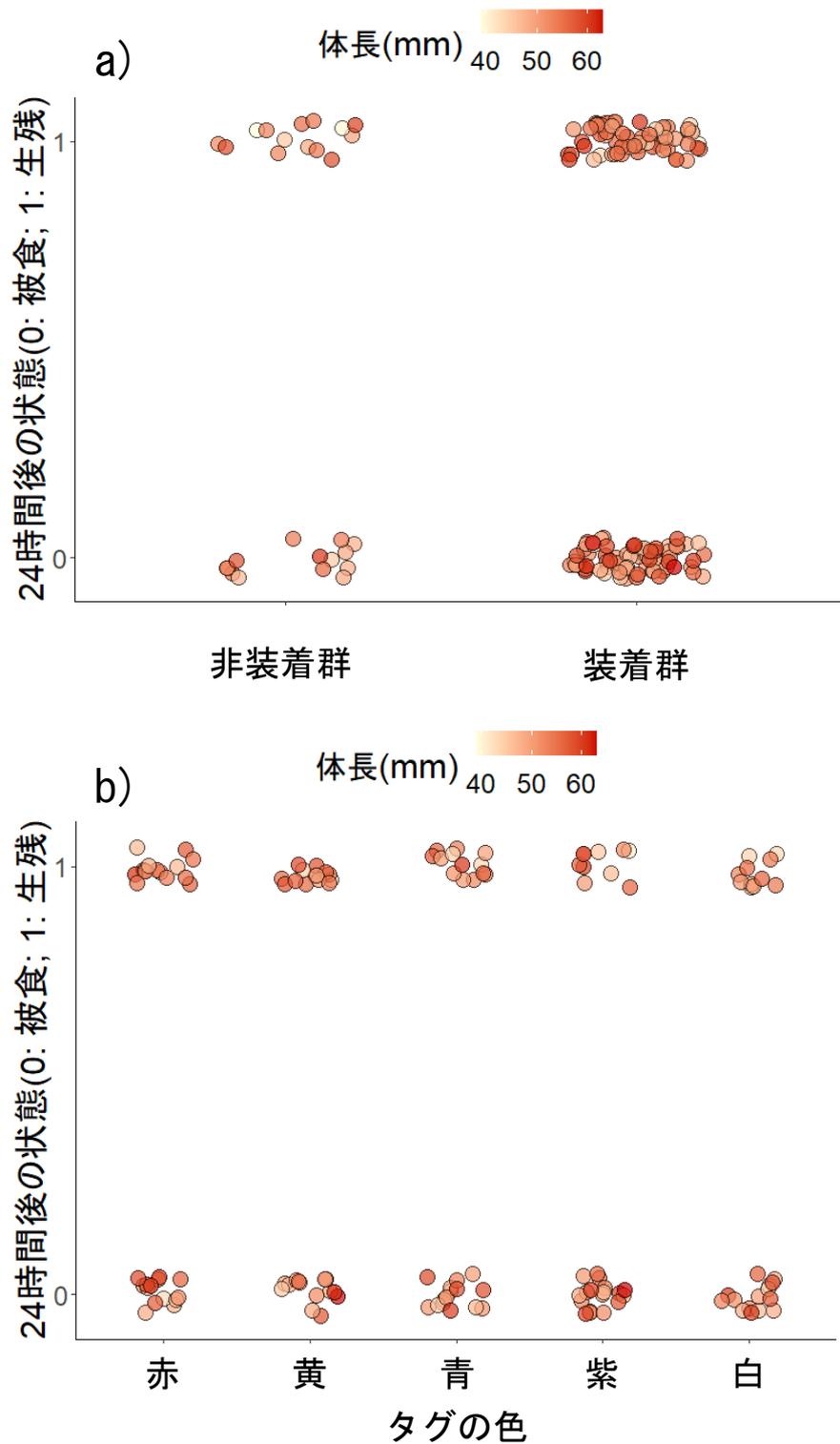


図2 トラモアタグの「a) 装着の有無」もしくは「b) 色の違い」が捕食者からの発見されやすさ（被食率）に与える影響（生残率：非装着群, 50%；装着群, 45%；赤色, 52%；黄色, 50%；青色, 46%；紫色, 36%；白色, 42%）。

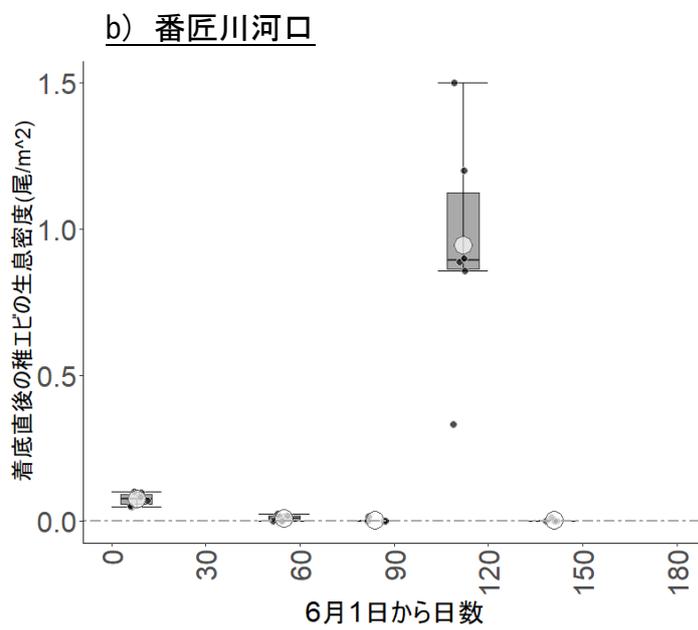
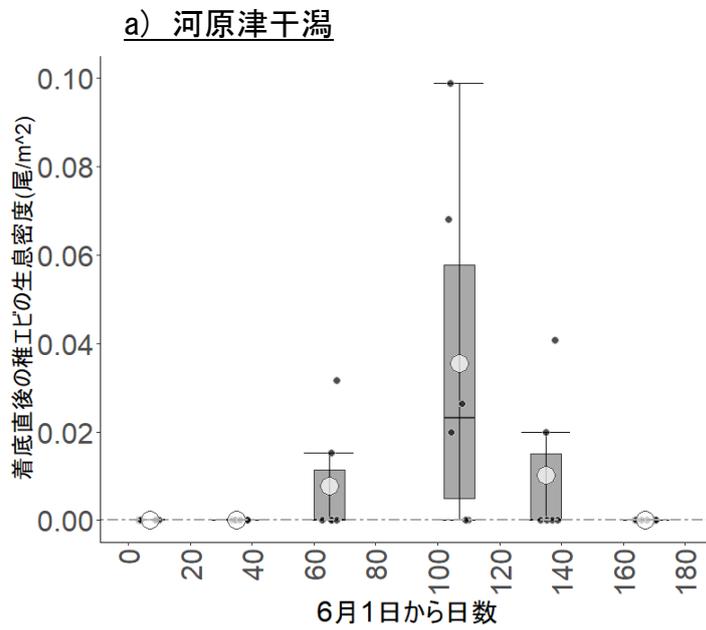


図3 2022年の瀬戸内海奥部のa)愛媛県河原津干潟もしくは豊後水道近傍のb)大分県番匠川河口における着底直後の稚エビ(体長10mm未満)の生息密度の季節変化。白丸は平均、黒丸は外れ値を示す。

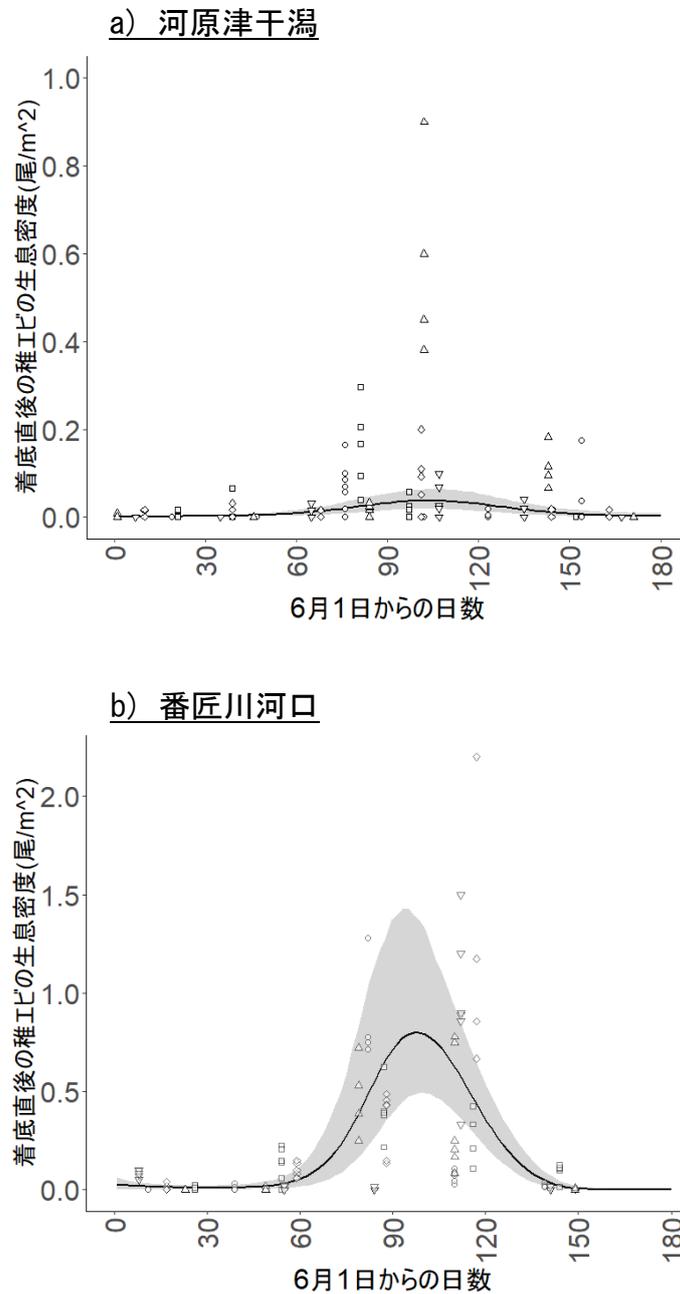


図4 瀬戸内海奥部の a)愛媛県河原津干潟もしくは豊後水道近傍の b)大分県番匠川河口における着底直後の稚エビ（体長 10 mm 未満）の生息密度の季節変化の予測。灰色部分は信頼区間を、プロットの形の違いは調査年の違いを示す。

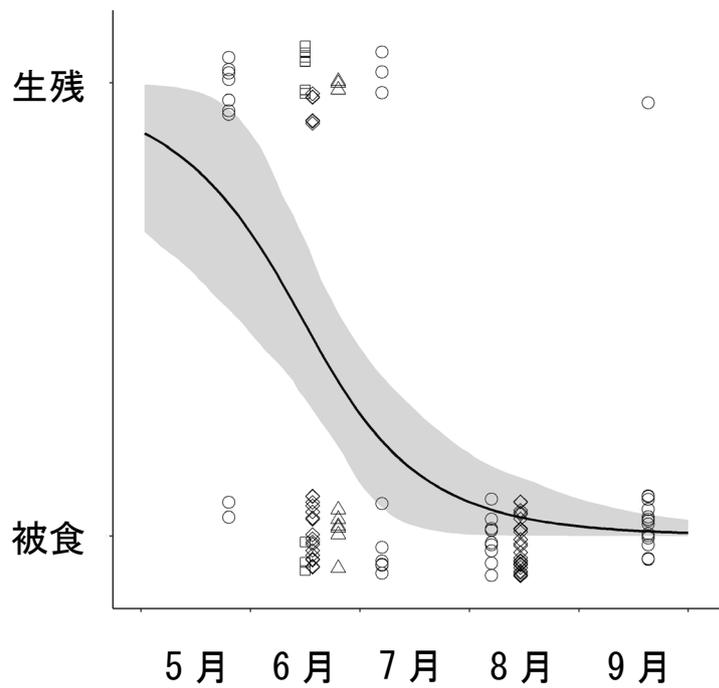


図5 干潟におけるクルマエビ種苗に対する捕食圧の季節変化の予測。灰色部分は信頼区間を示す。プロットの形の違いは実験海域の違いを示す。

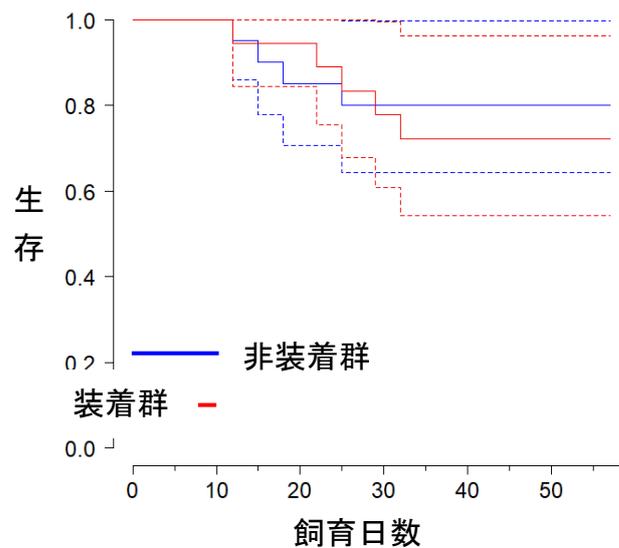


図6 トラモアタグの「装着の有無」がクルマエビ種苗の生存に与える影響。点線は信頼区間を示す。

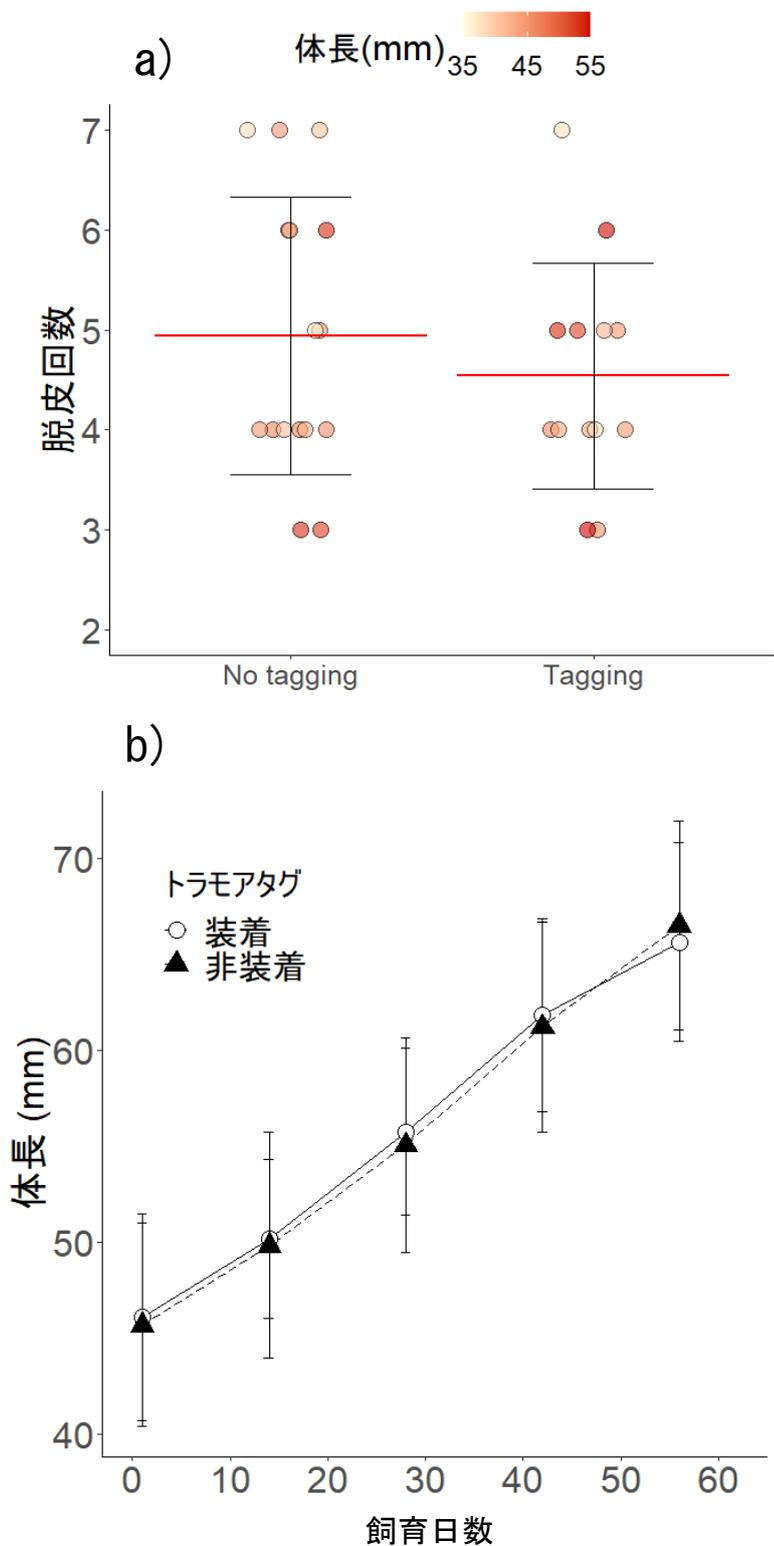


図7 トラモアタグの「装着の有無」がクマエビ種苗の脱皮頻度および成長に与える影響.
a) 赤線は平均をエラーバーは標準偏差を示す. b) エラーバーは標準偏差を示す.

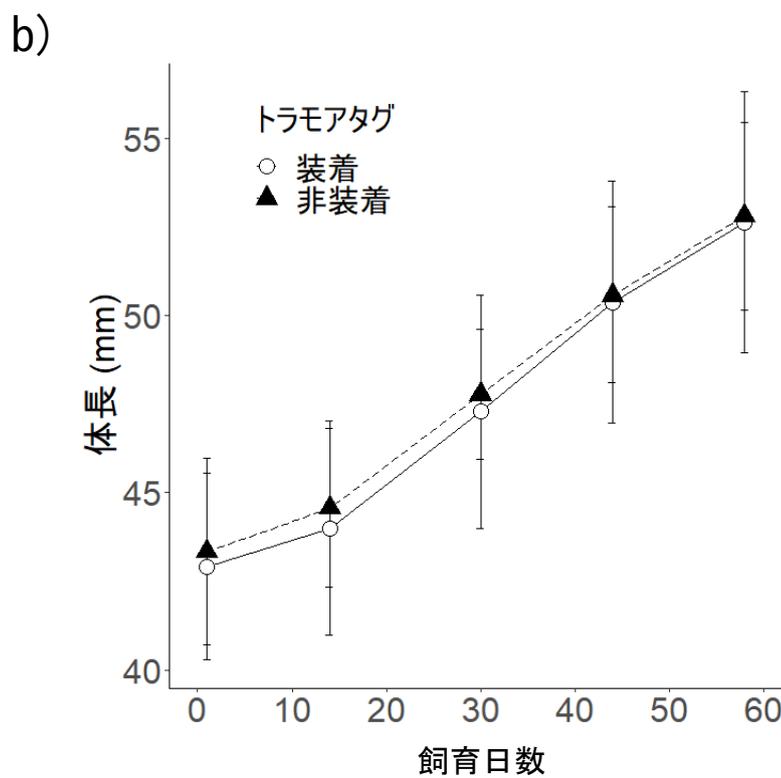
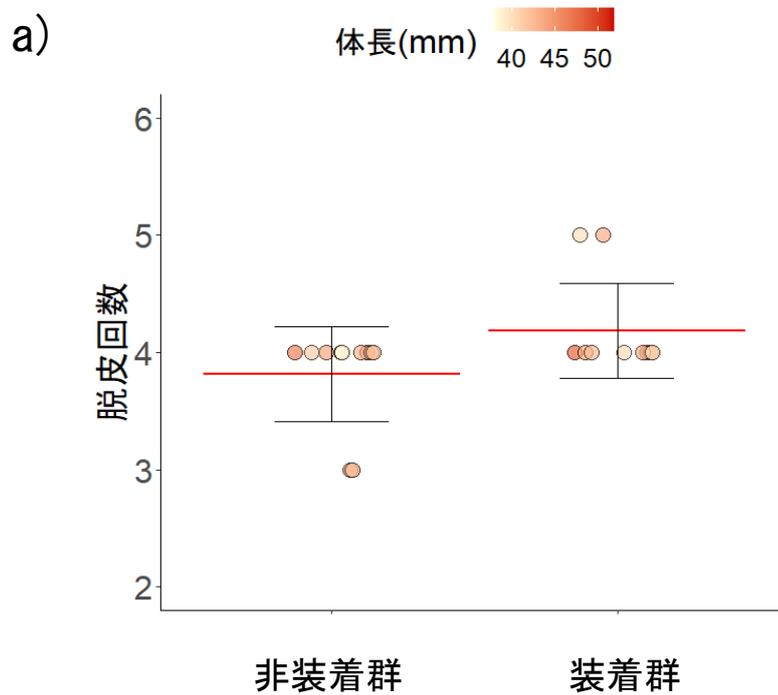


図8 トラモアタグの「装着の有無」がヨシエビ種苗の脱皮頻度および成長に与える影響. a) 赤線は平均をエラーバーは標準偏差を示す. b) エラーバーは標準偏差を示す.