

## 水産業分野

(成果情報名) クビレオゴノリの栄養繁殖特性を利用した陸上養殖技術							
(要約) クビレオゴノリの栄養繁殖特性を利用しつつ、陸上水槽の流水環境下で水温を 19 ~ 32 °C の範囲に維持することで、周年の陸上養殖が可能である。							
(担当機関) 水産海洋技術センター 海洋資源・養殖班					連絡先	098-852-4531	
部会	水産業	専門	養殖	対象	クビレオゴノリ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

クビレオゴノリは、日本では九州以南の亜熱帯海域に分布する食用海藻である。沖縄県における地方名はもーい、びじもーい、かーな等と呼ばれ、海藻サラダ等に利用されており、地域食材として根強い需要がある。しかし、その水揚げは天然資源に依存しており、近年は減少傾向となっている。そのため漁業関係者からは、地域特産種としての持続的利用と、今後の観光客需要等を取り込んだ市場拡大を目指し、本種の養殖技術開発が期待されている。

本研究では、クビレオゴノリの栄養繁殖特性を利用しつつ、水温等の環境条件を一定範囲に維持することで陸上水槽での周年養殖が可能であることを明らかにした。

### [成果の内容・特徴]

1. 本種は、生長した藻体の側枝を切り取り、陸上水槽内で浮遊培養することで、栄養繁殖による連続的な養殖が可能である (図 1、2)。
2. 水温を 19°C~32°C の範囲に維持することで、周年、栄養繁殖することができる (図 3)。
3. 種苗となる藻体 (母藻) を、200 L 水槽に 1 kg または 2 kg の密度で収容し、7 日後の増重量 (週間収穫量) を比較すると、2 kg 区は密度効果により生長率が低下するものの、多くの収穫量が得られる (1 kg 区 :  $0.73 \pm 0.3$  kg、2 kg 区 :  $0.88 \pm 0.4$  kg ※年間平均±偏差)。
4. 上記 3. に示された収容密度 (母藻 2 kg/200L) を基に、1 kL 水槽 (母藻 10 kg/kL) 5 基を使用して養殖を行う場合、年間約 1,100 kg の収穫量が得られる試算となる。
5. 週間収穫量は、夏季と比較し、秋季から冬季にかけて減少する傾向がみられる。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本養殖技術は、海ブドウ等の陸上養殖施設を利用することで複合的な養殖が期待できる。
2. 養殖条件は、換水率 8 回転/日、遮光幕 2 mm を 1 枚 (遮光率約 35%)、そして施肥量 25g / 200L/週を基本とする。肥料は市販の農業用緩効性肥料を用いる (参考: 家庭用園芸肥料ハッピーハウス※N10-P10-K10)。なお、高水温と高光量による生長障害を避けるため、夏季 (7 ~ 9 月) は換水率 16 回転/日、遮光幕 2 mm × 2 枚 (遮光率約 60%) とする。
3. 出荷にあたっては、一般的に湯引きまたは石灰処理をした状態で食用に供する。

### [残された問題点]

1. 養殖コストの低減のためには、換水率や施肥量の養殖条件を再検討する必要がある。
2. 天然藻体のセリ値は、湯引きをした状態で 1,000~1,500 円/kg を推移している。養殖藻体の増産にあたっては、販路を確保しながら価格を維持する必要がある。

## [具体的データ]



図1 クビレオゴノリの培養に用いた陸上水槽（左）と培養した藻体（右）

※培養では中央から通気を行い、藻体を水槽内で循環させる。  
 ※陸上水槽で培養した藻体は天然藻体よりも赤みが強い。スケール=10cm

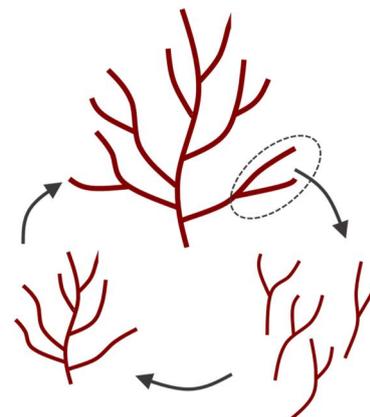


図2 栄養繁殖の模式図

※藻体の側枝を切り取り、その枝を培養することで継続的に培養する。

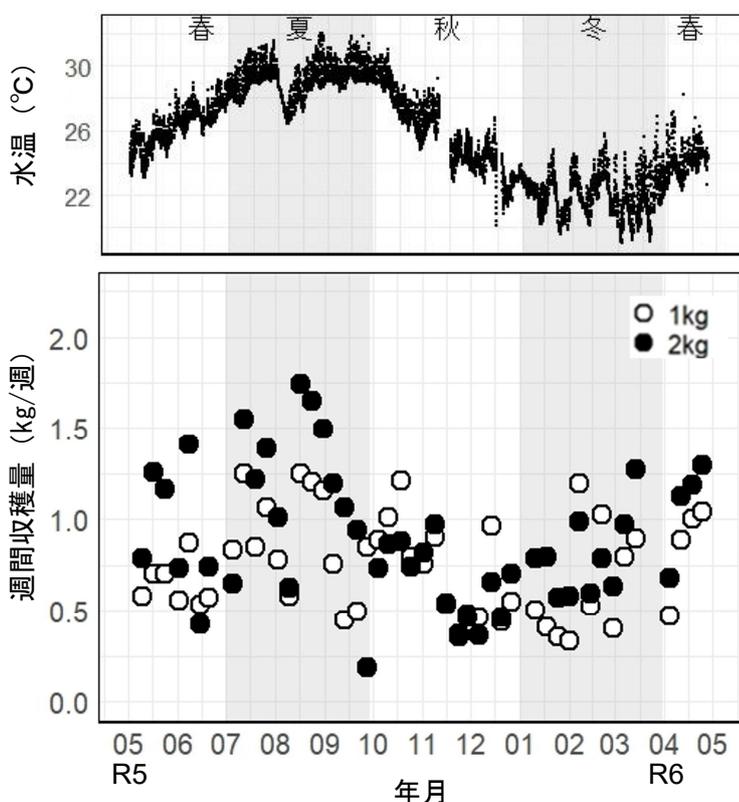


図3 クビレオゴノリの陸上養殖試験における水槽内水温（上）と週間収穫量（下）の推移

※供試母藻は、室内環境下のフラスコ内で令和元年から継代培養していた藻体を用いた。

※水槽はハウス内に設置した 200L パンライト水槽を使用した。

※初期重量として 1 kg と 2 kg の 2 条件を設定し、各条件の 7 日間後の増重量を測定することで週間収穫量を求めた。（収穫量=7 日間後の重量-初期重量）

※各プロットは各条件 (n=2) の平均値を示した。

※混合効果モデルを用いて周年における 2 条件（母藻 1 kg と 2 kg）の週間収穫量の差異を比較した結果、2 kg が有意に大きかった ( $p < 0.05$ )

※母藻 2 kg の週間収穫量と季節の相互作用を検定した結果、秋季から冬季にかけて減少する傾向が見られた（秋季： $p < 0.001$ 、冬季： $p < 0.05$ ）。

※養殖水槽直上に照射される最大光量子量は、夏季で  $845 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、冬季  $430 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  であった。

※グラフ中のシェードは、3 か月毎の季節の切り替わりを示す。

## [研究情報]

課題 ID：①2022 水 001、②2016 水 001

研究課題名：①県産海藻安定生産に向けた技術開発のための基礎研究、  
 ②クビレオゴノリによる新たな海藻養殖推進事業

予算区分：①県単、②ソフト交付金

研究期間（事業全体の期間）：①2022～2023 年度（2022～2027 年度）、②2016～2018 年度

研究担当者：須藤裕介、諸見里聰、宇地原志帆、前兼久郁、石川貴宜、城間一仁、米丸浩平、井上顕

発表論文等：沖縄県水産海洋技術センター事業報告（予定）

## 水産業分野

(成果情報名) タマカイ当歳魚の養殖特性およびハダムシ症に対する抵抗性							
(要約) 当歳魚のタマカイは、当歳魚のヤイトハタと比べて、同等以上の成長、飼育成績を示し、ハダムシ症に対する抵抗性を有すると考えられる。							
(担当機関) 水産海洋技術センター石垣支所					連絡先	0980-88-2255	
部会	水産業	専門	養殖	対象	タマカイ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

タマカイは、沖縄県の新たな養殖対象種候補として親魚養成、種苗生産等の技術開発が行われてきた。一方で、これまで種苗生産の成功事例が少なく、人工種苗を用いた試験等の実施が困難であったことから、本県におけるタマカイ養殖に関する知見は非常に少ない。また、同じハタ類で、県内ですでに養殖されているヤイトハタとは成長、疾病耐性等に違いがあると考えられているが、実際に両種を比較した事例は少ない。そこで本試験では、2021年に生産したタマカイとヤイトハタの飼育結果を比較することで、タマカイの養殖特性を把握する。

### [成果の内容・特徴]

1. 当歳魚のタマカイ 482 尾、ヤイトハタ 459 尾を 2021 年 12 月から 2022 年 4 月までの 110 日間、適宜水槽替えを行いながら、主に自然海水掛け流しで飼育した。種ごとに網で分け、最初の 21 日間は別々の 30kL または 60kL 水槽に、残りの 89 日間は同じ 60kL 水槽に收容した（注水率：1.8～4.3 回転/日）。給餌は毎日行い、最初の 40 日間は E P を、残りの 70 日間は主に MP を与えた。
2. 当歳魚のタマカイの平均全長及び平均体重は、27 日齢差のヤイトハタと同等かそれより大きく、タマカイはヤイトハタと比べて同等以上の成長を示す（図 1、表 1）。
3. 当歳魚のタマカイとヤイトハタの日間増重率、飼料効率及び増肉計数に著しい差は見られず、タマカイはヤイトハタとおおよそ同等の飼育成績を示す（表 1）。
4. ヤイトハタでハダムシ症発生時（2022 年 4 月）の 1 尾あたりのハダムシ類寄生数は、タマカイでは平均 1.2 個体、ヤイトハタでは平均 40.4 個体で有意な差があり、タマカイはヤイトハタと比べてハダムシ症に対する抵抗性を有すると考えられる（図 2）。飼育、ハンドリング時の観察から、タマカイの体表の粘液分泌量の多さ等が、ハダムシ類の寄生を妨げる一因と考えられる。

### [成果の活用面・留意点]

1. 陸上水槽における結果である。
2. 給餌量に定量・飽食等の基準がない、且つ、冬期（12 月～4 月）のみの結果である。
3. 両種とも飽食量の給餌はせず、試験後に肥満度が低下していることから、成長が抑えられた可能性がある（表 1）。
4. タマカイはヤイトハタに比べてハダムシ類が寄生しにくいことから、仮に養殖種として導入された場合、ハダムシ症による被害及び淡水浴に係る作業量の低減が期待できる。
5. 本県のヤイトハタ養殖では、ハダムシ症の原因として *Neobenedenia* sp. または *Neobenedenia girellae* の寄生が知られている。

### [残された問題点]

タマカイの養殖期間全体を想定した数年単位の長期的な養殖特性や、ハダムシ症以外の寄生虫症、その他ウイルス性疾病等への耐性は不明である。

[具体的データ]

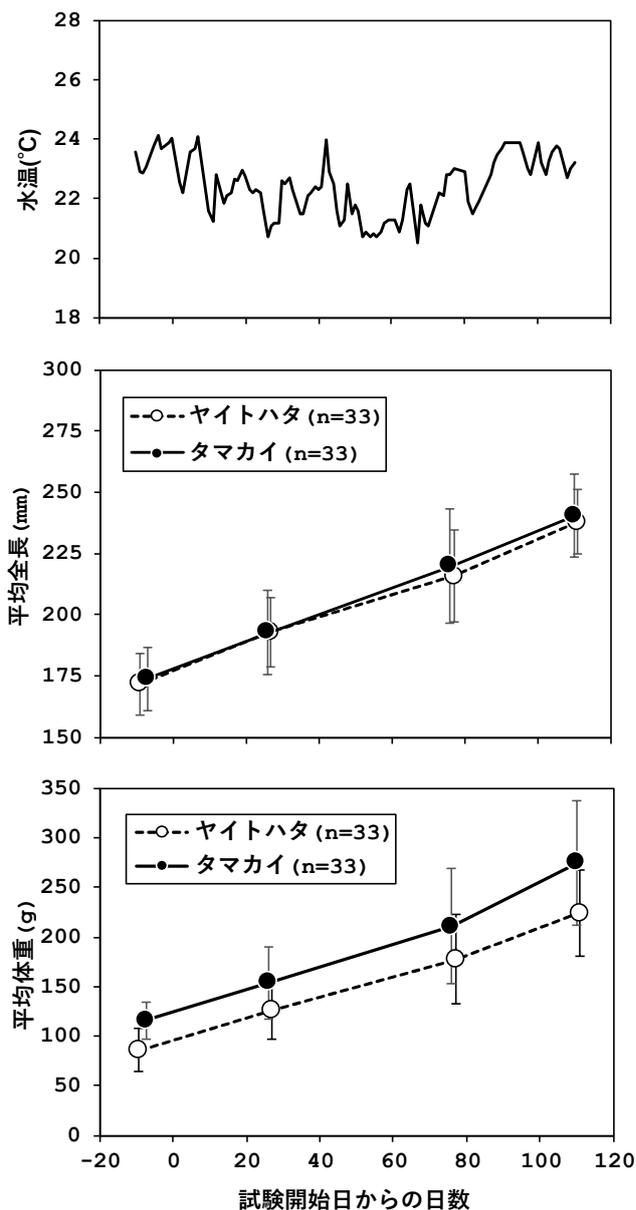


図1 養殖試験期間の飼育水温、平均全長及び平均体重の変化

※誤差範囲は標準偏差を示す。

表1 養殖試験の飼育成績

	開始時(2021/12/17)		終了時(2022/4/6)	
	タマカイ	ヤイトハタ	タマカイ	ヤイトハタ
日齢	169	196	279	306
試験日数	-	-	110	110
収容尾数	482	459	478	454
生残率(%)	-	-	99.2	98.9
平均全長(mm)	177.9	175.8	240.5	238.0
平均体重(g)	124.0	93.6	274.9	224.5
肥満度	22.0	17.2	19.8	16.7
日間給餌率(%)			1.18	1.32
日間増重率(%)			0.68	0.74
飼料効率(%)			57.7	55.9
増肉係数			1.73	1.79

※開始時の平均全長、平均体重及び肥満度は前後の測定結果からの推定値。

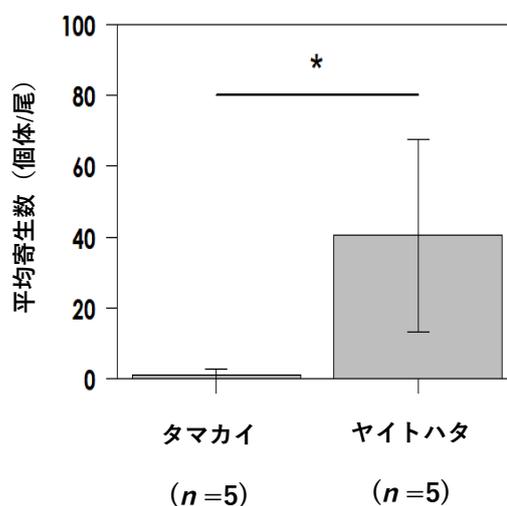


図2 ハダムシ類寄生数の比較 (Welch の *t* 検定、\* :  $P < 0.05$ )

※誤差範囲は標準偏差を示す。

[研究情報]

課題 ID : 2016 水 004

研究課題名 : タマカイ種苗の初期飼育方法改善

予算区分 : 県単

研究期間 (事業全体の期間) : 2021~2022 年度 (2017~2021 年度)

研究担当者 : 松田誠司、高江洲尚司、田村裕

発表論文等 : 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書 (予定)

## 水産業分野

(成果情報名) ヤイトハタ仔魚の一次開鰓促進による養殖生産魚での前彎症の軽減							
(要約) ヤイトハタの種苗生産時において、 <u>オーバーフロー排水</u> による油膜除去を行うことで、7日齢頃から <u>一次開鰓</u> が始まり、15日齢にはほとんどの個体を開鰓させることができる。これにより、鰓の形成不全を原因とした養殖生産魚の <u>前彎症</u> を軽減することができる。							
(担当機関) 水産海洋技術センター石垣支所					連絡先	0980-88-2255	
部会	水産業	専門	種苗生産	対象	ヤイトハタ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

ヤイトハタは沖縄県の農林水産戦略品目に指定されている養殖対象種で、県内魚類養殖の中では最も養殖経営体が多く、県内各地で養殖が営まれている。一方、過去には養殖現場から形態異常魚が多いことが指摘されており、歩留まりや商品価値の低下等が問題視されたことから、形態異常の発生原因の特定および、その予防技術の開発が強く求められている。養殖現場においては、前彎症(図1)が最も多く、これは他の多くの魚で鰓の形成不全が原因と考えられているが、ヤイトハタについては知見に乏しい。そこで、ヤイトハタの鰓形成を促し、前彎症を軽減することを目的に、一次開鰓の時期やサイズについて明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. ヤイトハタ仔魚の鰓が形成される腹部周辺に黒い色素が出現し、外観からの鰓形成の判断が難しいため、スライドガラスに乗せた仔魚をカバーガラスで慎重に押し潰し、鰓内から出た気泡を確認することで、正確に一次開鰓の有無を判断できる(図2)。
2. ヤイトハタの種苗生産では、オーバーフローにより油膜を除去することで、背鰭棘の原基が出現する7日齢頃から一次開鰓が始まり、背鰭棘の形成時にピークを迎え、脊索が上屈する15日齢にはほとんどの個体が開鰓する(図3A)。
3. 生産水槽に油膜がある状態だと一次開鰓は阻害される(図3B)。
4. 一次開鰓は全長3mm程度から始まり、全長4mmで50%、全長5mmでほとんどの個体が開鰓する(図3b~d)。
5. 一次開鰓が阻害されると、外観による形態異常魚選別を実施した後であっても、成長するに従い前彎症が発現するが、一次開鰓を促すことができれば前彎症を軽減できる(表1)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 種苗生産時の一次開鰓の促進や判断に活用でき、生産現場ですぐに採用できる内容である。
2. ヤイトハタ仔魚の一次開鰓の有無を外観から判断すると、過大または過小評価してしまう場合があるため、押し潰しによる確認を推奨する。
3. 種苗生産時の飼育および環境条件によって、一次開鰓のタイミングは前後する場合がある。
4. 水槽の形状や細かな条件によって、一次開鰓率は増減するため、生産水槽に適した方法を模索し、微調整する必要がある(表2)。
5. 実際の生産現場では、オーバーフロー排水とシャワー注水の併用が望ましい。

### [残された問題点]

ヤイトハタの一次開鰓とその後の前彎症の関係が明らかになったが、その他の種類の形態異常については、原因解明と予防技術の開発を行う必要がある。

[具体的データ]



図1. 前彎症のヤイトハタ

※前彎症とは脊椎骨が背方向へ屈曲する症状。

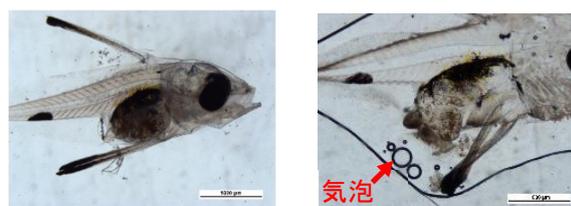


図2. 押し潰しによる鰾の確認

※一次開鰾していれば気泡が表れる。

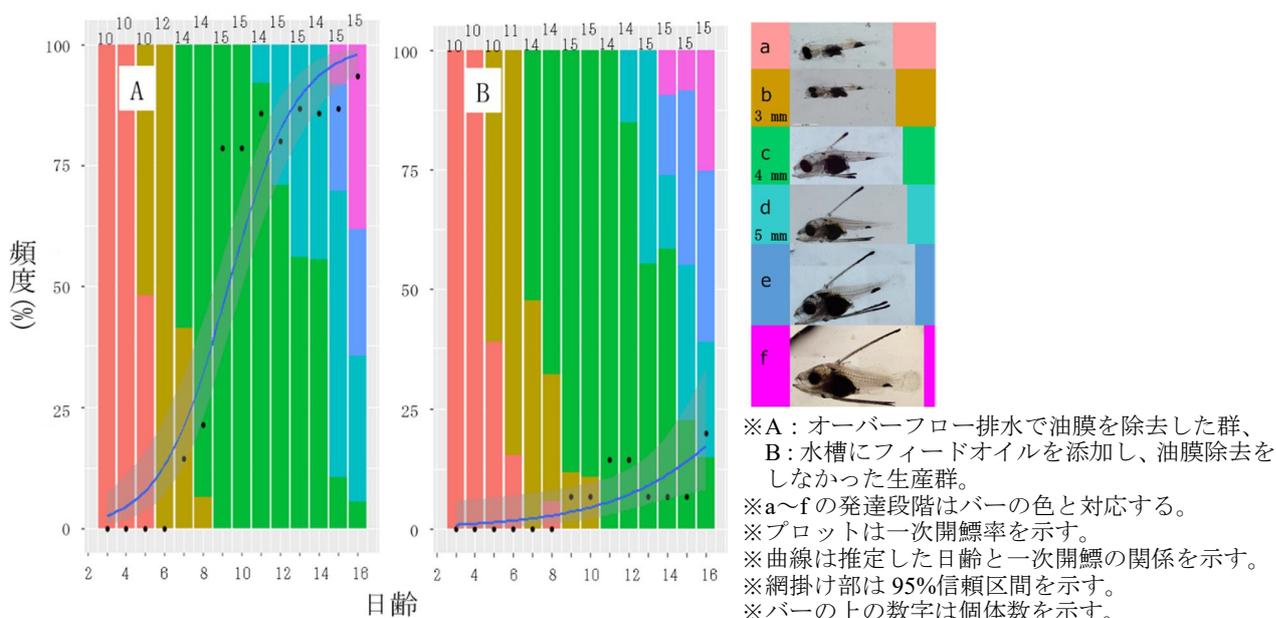


図3. 一次開鰾する日齢と発達段階

※A：オーバーフロー排水で油膜を除去した群、  
 B：水槽にフィードオイルを添加し、油膜除去をしなかった生産群。  
 ※a～fの発達段階はバーの色と対応する。  
 ※プロットは一次開鰾率を示す。  
 ※曲線は推定した日齢と一次開鰾の関係を示す。  
 ※網掛け部は95%信頼区間を示す。  
 ※バーの上の数字は個体数を示す。

表1. 継続飼育後の前彎症率

	前彎症率	測定個体数
オーバーフロー排水した生産群	5%	42
フィードオイル添加した生産群	31%	43

表2. 水槽種類別の一次開鰾率

水槽容量	水槽の形	一次開鰾率
0.2 kL	円形	95%
1 kL	円形	100%
10 kL	角形	85%

※20日齢で20尾ずつ押し潰しによる開鰾観察を実施。  
 ※いずれの水槽もオーバーフロー排水を実施。

※図3 A, Bの種苗を継続飼育し、226日齢で全ての形態異常魚を除き、同水槽同飼育条件で50尾ずつ収容し、436日齢まで飼育し、再度外観から前彎症魚を判別した。  
 ※各生産群は蛍光色素タグで識別した。

[研究情報]

課題 ID：2019 水 004

研究課題名：ハタ類における形態異常発生の原因解明と予防技術の開発

予算区分：県単

研究期間（事業全体の期間）：2021年度（2019～2023年度）

研究担当者：鮫島翔太、松田誠司、松崎遣大

発表論文等：論文準備中

## 水産業分野

(成果情報名) MT(メチルテストステロン)による小型のヤイトハタの雄性化手法							
(要約) 体重 5 kg～10 kg 程度の未成熟な雌のヤイトハタに、産卵期前の 12 月下旬から月に 1 回の頻度で、体重 1 kg あたり 4 mg の MT を混合したカカオバター約 2 mL を腹腔内または背側筋肉中に投与することで、約 2 ヶ月後から <u>雄性化</u> し始め、 <u>採精</u> できるようになる。							
(担当機関) 水産海洋技術センター石垣支所					連絡先	0980-88-2255	
部会	水産業	専門	種苗生産	対象	ヤイトハタ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

ヤイトハタは、沖縄県の主要養殖対象魚であり、種苗の全てを沖縄県が供給している。本種の採卵親魚は、体重 30 kg 以上の雄 1 尾に対して雌十数尾の群単位で管理しており、雄親魚については少数しか保有できない。ゆえに、雄親魚の死亡で受精卵確保が困難となるリスクがあり、種苗配付に支障を来す危険性が懸念されている。このようなリスクを回避し、種苗を安定的に供給するには、自然産卵を含め人工授精による採卵も重要な技術となる。そのため、親魚を人為的に雄性化させ、精子を計画的に採取できる手法を開発する必要がある。そこで本研究では、取扱の容易な体重 5～10 kg 程度の比較的小型の雄親魚作出を目的に、人工アンドロゲンである MT (メチルテストステロン) を用いた、雄性化技術開発を行う。

### [成果の内容・特徴]

1. 体重 5 kg～10 kg 程度の未成熟な雌個体を雄性化することができる (表 1)。
2. ヤイトハタの産卵期前の 12 月下旬から月に 1 回の頻度で、体重 1 kg あたり 4 mg の MT を混合したカカオバター約 2 mL を腹腔内に投与することで、約 2 ヶ月後の 2 月下旬に雄性化する個体が現れ、約 3 ヶ月後の 3 月下旬には、92.3% の個体が雄性化できる。また、同様の時期及び頻度、MT の量の投与を背側筋肉中に実施すると、約 3 ヶ月後の 3 月下旬に 75% の個体が雄性化できる (表 1)。
3. 雄性化した個体は、産卵期中の産卵行動前に観察される雄特有の体色変化 (背側が黒色、腹側が白色) が現れ、腹部を指圧することで採精できる (図 2)。
4. 雄性化した個体は、MT を混合したカカオバターの投与を止めると、徐々に卵母細胞の形成が始まり投与を終えてから約 10 ヶ月後には未成熟な雌個体に戻る (図 3)。
5. 雄性化した個体の精子を用いて人工授精を実施し、種苗の取上げに成功している。

### [成果の活用面・留意点]

1. 雄性化した個体は、人工採卵で用いる雄親魚として活用できる。ただし、雄性化した個体は精子量が少ない (数滴垂れる程度) ため、複数個体用意しておくことが望ましい。
2. MT を混合したカカオバターの腹腔内に投与する場合に、内臓を傷つけてしまうと、脱腸し採精ができなくなることがある。そのため腹腔内に注射針を深く刺し過ぎず、月毎に投与箇所を左右交互に入れ替える方が望ましい。
3. MT を混合したカカオバターの背側筋肉中に投与する場合、内臓を傷つけることはないが、腹腔内投与と比較して MT による雄性化の効果が劣る可能性があるため、必要に応じて投与方法を選択する必要がある (表 1)。

### [残された問題点]

1. MT を混合したカカオバターの投与することで、投与された個体の餌食いの悪化により、体重が減少してしまうため、適切な MT の量及び投与回数を検討する必要がある (図 4)。

[具体的データ]



図1. 投与箇所的位置図

※背側筋肉中及び腹腔内の投与箇所を示す。

※腹腔内投与の場合、総排泄孔から数cm程度離し、腹部正中線を避け、左右に投与する。投与の際、注射針の先端付近のみ刺し込む。



図2. ヤイトハタの産卵周期中の体色変化

※背側が黒色、腹側が白色を呈する。

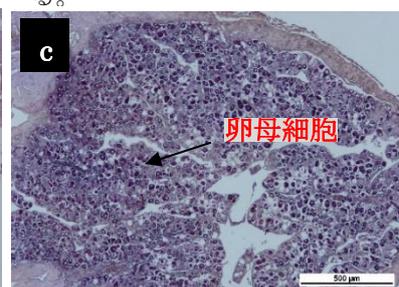
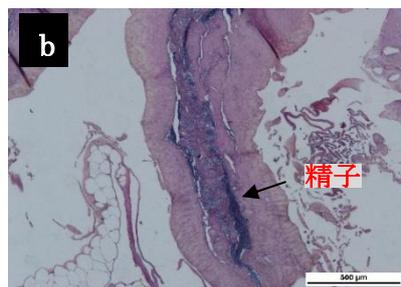
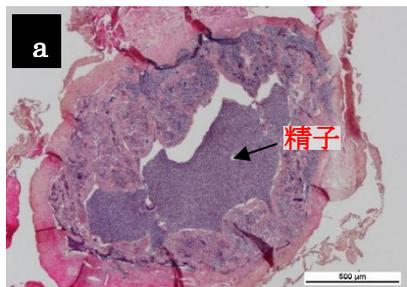


図3. 雄性化個体の生殖腺の経過

※a: 4回目の投与を終えてから約1ヶ月後、b: 4回目の投与を終えてから約6ヶ月後、c: 4回目の投与を終えてから約10ヶ月後の生殖腺。

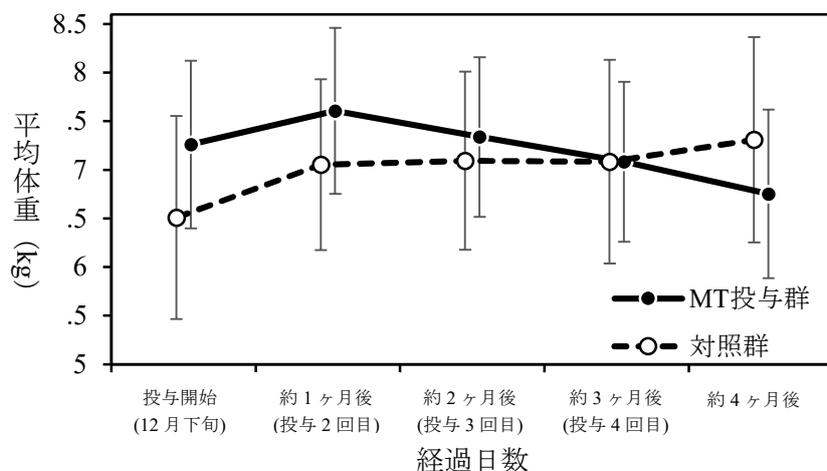


図4. MT 投与群と対照群の平均体重の変化

※誤差範囲は標準偏差を示す。

表1. 投与方法別の採精成績

投与方法	のべ個体数 (尾)	平均全長 (cm)	投与前平均体重 (kg)	採精個体率 (%)
MT腹腔内投与	13	74.5	7.3	92.3
MT背側筋肉中投与	8	75.8	9.6	75.0

※投与前平均体重は投与開始時に計測した体重の平均値を示す。

※採精個体率は投与開始から、4回目の投与終了から約1ヶ月後までに採精できた個体の割合を示す。

[研究情報]

課題 ID : 2019 水 003

研究課題名 : ヤイトハタの安定採卵に向けた技術開発

予算区分 : 県単

研究期間 (事業全体の期間) : 2019~2023 年度 (2022~2023 年度)

研究担当者 : 新垣優志朗、鮫島翔太、松田誠司、田村 裕

発表論文等 : 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書 (予定)