

## 水産業分野

(成果情報名) ホルモンを用いたタマカイの新たな排卵誘導手法の採卵成績評価							
(要約) <u>タマカイの新たな2種類の排卵誘導手法</u> (“hCG+GnRHa 混合注射”と“GnRHa コレステロールペレット”) について、採卵成績から実用性を確認した。既存の手法も加えた3種類のうち最も排卵個体率が高く斃死率が低いのは“hCG+GnRHa 混合注射”である。							
(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	タマカイ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

タマカイは飼育下で自然産卵しないことから、これまでヒト絨毛性性腺刺激ホルモン(hCG)を用いた人工採卵を行ってきた(図1)。しかし、hCGの反復投与により、体内で抗体が形成されて効果が薄れる可能性があることと、近年hCGの供給量が減少している背景もあり、一定の採卵成績基準(種苗生産に必要な最低限の卵量である平均浮上卵(受精卵)量500g以上、排卵個体率50%以上、かつホルモン投与魚の斃死率が30%以下)を満たす排卵誘導手法の多様化が必要である。本研究では、既存の手法に加え、新たに合成生殖腺刺激ホルモン放出ホルモンであるGnRHaを使用した2種類の手法を実施し、採卵成績評価を行う。

### [成果の内容・特徴]

1. 新たな排卵誘導手法である“hCG+GnRHa 混合注射”と“GnRHa コレステロールペレット”は、種苗量産に必要な採卵成績基準を満たしており、実用化が可能である(表1)。
2. 3種類の排卵誘導手法のうち最も排卵個体率が高く、斃死率が低いのは“hCG+GnRHa 混合注射”であり、最も平均浮上卵量が多いのは“GnRHa コレステロールペレット”である(表1)。
3. 2021年に“hCG+GnRHa 混合注射”と“GnRHa コレステロールペレット”によって得られた受精卵から種苗生産が行えることが確認されている。

### [成果の活用面・留意点]

1. hCGの反復投与歴のある雌親魚に排卵誘導を行う際や、hCGの必要量が手に入らない時にGnRHa コレステロールペレットを使用し、それ以外はhCG+GnRHa 混合注射やhCG注射を使用する、というような使い分けが可能である。
2. 人工採卵の留意点として、産卵行動が起らないため、卵巣腔内に排卵された卵は人工的に搾り出さなければ体内で腐敗し、親魚への悪影響が大きいと考えられることから、採卵の翌日以降に残卵を体内から出し切ることが重要である。
3. コレステロールペレットを腹腔に埋め込む場合、内臓を傷つける可能性があることや、表皮裂傷の治癒が背筋部に比べて遅いことから、埋め込む場所は背筋部の方が適している。
4. 本研究における浮上卵とは人工授精直後の浮上卵で、その後孵化までに卵内発生が停止する卵を多く含むため、自然産卵による採卵よりも一般的に孵化率は低くなる。

## [具体的データ]

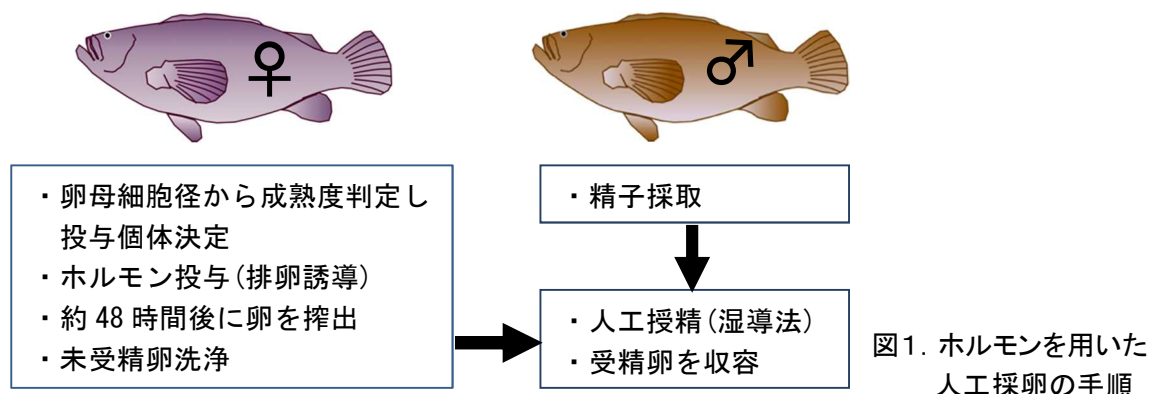


図2. コレステロールペレット製作器(左)と投与用インジェクター、コレステロールペレット

表1. ホルモン投与方法別の採卵成績. 2010年から2021年の全データの平均

投与方法	のべ 個体 数	平均 体重 (kg)	平均卵母 細胞径 (mm)	hCG平均 投与濃度 (IU/kg)	GnRHa平均 投与濃度 ( $\mu$ g/kg)	平均 浮上卵 量(g)	平均 浮上卵 率(%)	排卵 個体率 (%) <sup>2)</sup>	斃死率 (%)	評価
hCG注射	55	50.2	0.387	597		491.2	51.1	58.2	7.3	既存
hCG+GnRHa 混合注射	21	68.7	0.410	498	48	698.5	39.1	85.7	0.0	実用化 可能
GnRHaコレステ ロールペレット	20	60.5	0.409		249	810.0	48.0	55.0	15.0	実用化 可能

注1) hCG注射”はhCGを平均597 IU/kg体重、“hCG+GnRHa混合注射”はhCGとGnRHaをそれぞれ平均498 IU/kg体重、48  $\mu$ g/kg体重、生理食塩水に溶かし、背筋中に注射した。“GnRHaコレステロールペレット”は平均249  $\mu$ g/kg体重のGnRHaを50%エタノールに溶解後コレステロール及びカカオバターと混合し(製剤中GnRHa濃度19.6  $\mu$ g/mg)、ペレット状にして背筋または腹腔に埋め込んだ。

注2) 卵が100g以上採れた時を排卵とする。

## [研究情報]

課題ID: 2015水003

研究課題名: おきなわ産ミーバイ養殖推進事業

予算区分: 沖縄振興特別推進交付金

研究期間(事業全体の期間): 2020、2021年度(2015~2021年度)

研究担当者: 田村 裕、松崎遣大、松田誠司、鮫島翔太

発表論文等: なし

## 水産業分野

(成果情報名) タマカイの合成 GnRHa を用いた排卵誘導手法における雌の選定基準							
(要約) タマカイの合成 GnRHa を用いた新たな2種類の排卵誘導手法においては、”hCG+GnRHa 混合注射”では平均卵母細胞径が 390~449 $\mu$ m、”GnRHa コレステロールペレット”では 400~439 $\mu$ m の雌をホルモン投与個体として選定することが効果的である。							
(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	タマカイ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

タマカイは飼育下で自然産卵しないことから、これまでヒト絨毛性性腺刺激ホルモン(hCG)を用いた人工採卵を行ってきており、”直径 500 $\mu$ m 以上の卵母細胞の出現”がホルモン投与個体の選定基準とされている(平成 28 年度普及に移す技術)。2018 年からは、既存の手法に加え、新たに合成生殖腺刺激ホルモン放出ホルモンである GnRHa を使用した複数の排卵誘導手法を実施しているが、これらの新手法について、ホルモン投与個体の選定基準が明らかではない。そこで、これまでに実施した人工採卵の結果から、ホルモン投与前の卵母細胞径と採卵成績の関係を整理し、新たな2種類の手法に用いる雌の選定基準を作成する。

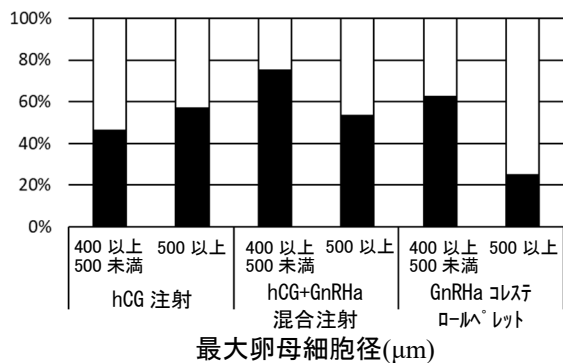
### [成果の内容・特徴]

1. 新たな排卵誘導手法”hCG+GnRHa 混合注射”、”GnRHa コレステロールペレット”では、最大卵母細胞径が 500 $\mu$ m 以上の場合には一定の採卵量を得られる個体の割合が少なく(図 1)、既報の hCG 注射を用いる場合の雌選定基準には当てはまらない。
2. ”hCG+GnRHa 混合注射”では平均卵母細胞径が 390~449 $\mu$ m、”GnRHa コレステロールペレット”では 400~439 $\mu$ m の時に、排卵個体率 50%以上、平均浮上卵量 500g 以上となり(図 2)、雌の選定基準として用いることが効果的である(表 1)。

### [成果の活用面・留意点]

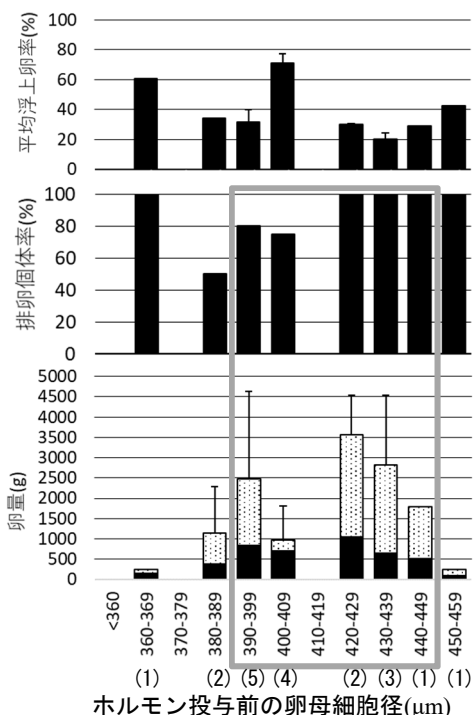
1. 雌の選定基準を設定することで、排卵個体率 50%以上、平均浮上卵量 500g 以上を確保し、安定的な種苗生産に必要な受精卵量約 1,000g を効率的に得ることができる。
2. 卵質の指標である浮上卵率については、hCG+GnRHa 混合注射において 50%を超えることが少なく(図 2)、雌の選定基準には含んでいない。今後、卵質や種苗生産成績の評価方法についても検討する必要がある。

[具体的データ]



■総卵量800g以上  
 □総卵量800g未満  
 図1. ホルモン投与前の最大卵母細胞径と採卵量 800g 以上の個体の割合  
 1) “hCG 注射”は hCG を平均 597 IU/kg 体重、“hCG+GnRHα 混合注射”は hCG と GnRHα をそれぞれ平均 498 IU/kg 体重、48 μg/kg 体重、生理食塩水に溶かし、背筋中に注射した。“GnRHα コレステロールペレット”は平均 249 μg/kg 体重の GnRHα を 50%エタノールに溶解後コレステロール及びカカオバターと混合し(製剤中 GnRHα 濃度 19.6 μg/mg)、ペレット状にして背筋または腹腔に埋め込んだ。  
 2) ホルモン投与 3~4 日前に雌の生殖孔からポリエチレン細管を挿入し、卵母細胞を採取した。

(a) hCG+GnRHα 混合注射



(b) GnRHα コレステロールペレット

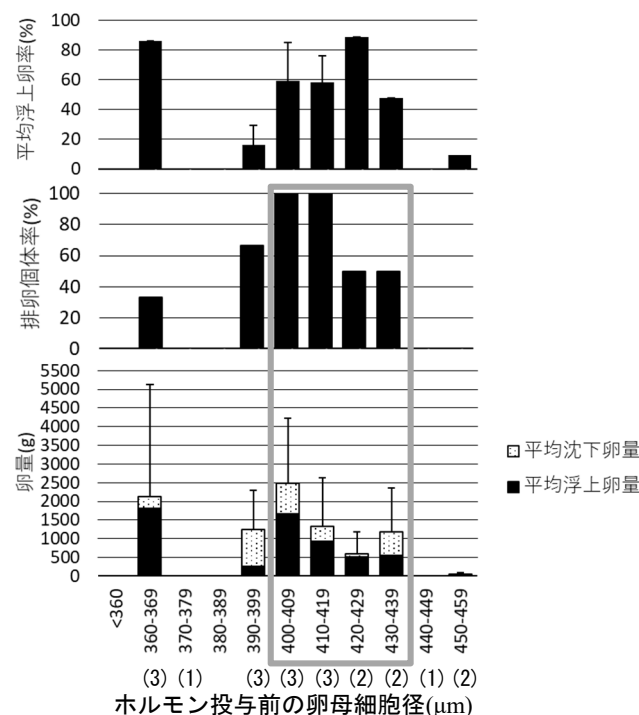


図2. ホルモン投与前の平均卵母細胞径と採卵成績の関係

- 卵量のバーは総卵量の標準偏差、平均浮上卵率のバーは標準偏差、x 軸の( )は個体数を示す。
- 卵が 100g 以上取れた時を排卵とする。
- 枠線内は排卵個体率 50%以上かつ、平均浮上卵量 500g 以上。

表1. 排卵誘導を行う雌の選定基準

ホルモン投与方法	卵母細胞 100 個の平均直径(μm)
hCG+GnRHα 混合注射	390~449 μm
GnRHα コレステロールペレット	400~439 μm

1) 卵が 100g 以上取れた時を排卵とし、排卵個体率が 50%以上、かつ平均浮上卵量が 500g 以上のときの平均卵母細胞径を基準とした。

[研究情報]

課題 ID : 2015 水 003

研究課題名 : おきなわ産ミーバイ養殖推進事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金

研究期間 (事業全体の期間) : 2020、2021 年度 (2015~2021 年度)

研究担当者 : 田村 裕、松崎遣大、松田誠司、鮫島翔太

発表論文等 : なし

## 水産業分野

(成果情報名) 川平保護水面におけるヒメジャコの長期モニタリングに向けた調査地点の設定							
(要約) 川平保護水面およびその周辺海域に、GPS 測位による位置情報に基づく調査地点(海岸線 18 地点、マイクロアトール 18 地点)を設定したことにより、保護効果の指標種の一つであるヒメジャコの定量的な長期モニタリングが可能となる。							
(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	資源管理	対象	ヒメジャコ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

保護水面は、水産資源保護法に基づき水産生物の保護培養のため指定された区域で、沖縄県では唯一、石垣島の川平(昭和 49 年)と名蔵(昭和 50 年)に設定されている。当該水面では、これまで底生生物(ヒメジャコ等)を中心とした増殖や保護効果の検証がされてきた。しかし、調査事業終了後、継続した調査は実施されておらず、近年の詳細な情報は得られていない。また、既往知見における調査では年度ごとの実施体制によって手法(ランダムな方形区画の設置、単位面積当たりの全量計数等)が異なることに加え、調査地点の正確な位置情報が欠落していることから、資源量増減の定量的な検証は困難な状況である。

そこで、本事業では、保護水面の指標種と位置づけられるヒメジャコを対象に、長期モニタリングに向けた調査地点を設定する。また、当該地点のヒメジャコ個体密度や殻長組成を既往知見と対比し、現状の保護効果を評価する。

### [成果の内容・特徴]

1. 既往知見(渡辺 1998、久保 2004)で記載された調査地点(海岸線 18 地点、マイクロアトール 18 地点)について、GPS 測位による位置情報に基づき調査地点を設定したことによりヒメジャコの長期的モニタリングが可能となる(図 1、2)。
2. 海岸線上のヒメジャコの個体密度を調査した結果、保護水面外の Q,R ではほとんど観察されなかったのに対し、保護水面内の A~C 地点で、平均 3.1~3.3 個/m<sup>2</sup> と高い密度が計測されたことから、これらの地点では保護効果は維持されていると判断される(図 3)。
3. 既往知見と本調査のデータを相対的に比較した結果、基準地点 A に対する一部地点(E, F, H, I, M, N および O)の密度は顕著に低く、資源量が局所的に減少していると推察される(図 3)。
4. 本調査で得られたヒメジャコの殻長組成を、既往知見(杉山・海老沢 1993)と比較した結果、大型個体(71~100 mm)に対し小型個体(21~50 mm)の比率が大きい。(図 4)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本事業で得られた位置情報により、川平保護水面の保護効果の検証に向けた長期モニタリングに活用する。
2. ヒメジャコの減少要因については、環境、人為的等の様々な側面から検討が必要である。

### [残された問題点]

1. 保護水面内のヒメジャコの広域的な資源量を予測するためには、ドローン等を用いた新たな調査手法の導入が必要となる。

[具体的データ]



図1. 保護水面内に生息するヒメジャコ

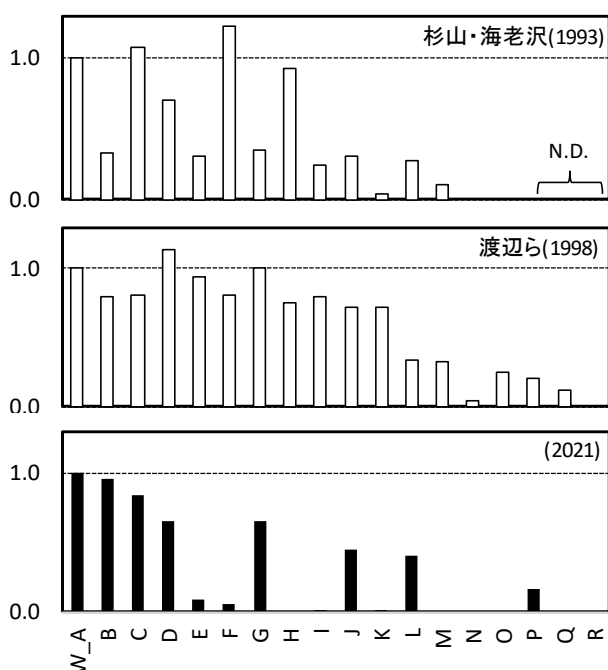


図3. 各調査地点におけるヒメジャコ密度の比率  
 ※基準地点 (W\_A) の密度を1とし、それに対する各地点の相対的な密度比を示した。  
 ※本事業 (2021) における基準地点 (W\_A) のヒメジャコ密度 (平均±標準偏差) は  $3.3 \pm 1.7$  個/m<sup>2</sup> であった。  
 ※杉山・海老沢 (1993) と渡辺ら (1998) で記録された基準地点の密度は、各々  $1.7$  個/m<sup>2</sup> と  $10.6$  個/m<sup>2</sup> であった (換算値)。

[その他]

課題 ID : 2019水002  
 研究課題名 : 資源管理体制高度化に向けた八重山海域沿岸性魚介類の資源動向調査  
 予算区分 : 県単  
 研究期間 (事業全体の期間) : 2019~2021年度  
 研究担当者 : 須藤裕介、呉屋秀夫  
 発表論文等 : 特になし



図2. 川平保護水面内の調査地点

※アルファベットは海岸線上の調査地点 (18 地点) を示す。  
 赤い丸印は、マイクロアトール上の調査地点 (省略) を示す。  
 ※海岸線上の調査地点は渡辺ら (1998)、マイクロアトール上の調査地点は久保 (2004) を参考に設定した。  
 ※A~Rの各地点に長さ10~20m (幅1m) のラインを設け、目視によりライン上の個体密度を計測した。ラインは5m単位で区切り、平均値 (±標準偏差) を求めた。

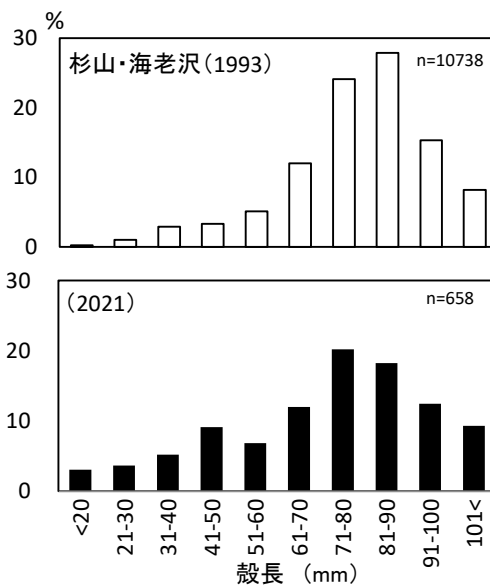


図4. 保護水面内に生育するヒメジャコの殻長組成  
 ※調査した総個体数に占める各殻長階級の比率を示した。

## 水産業分野

(成果情報名) 陸上水槽におけるカタメンキリンサイの周年培養と母藻育成							
(要約) 陸上水槽試験で得られたカタメンキリンサイの季節ごとの日間成長率(平均 0.9 ~ 2.4%)のデータは、天然資源の枯渇が危惧される同種の周年培養のための指標となる。また、本試験で育成した藻体(12.5kg)は、保護水面での増殖用母藻として活用できる。							
(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	増殖	対象	カタメンキリンサイ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

カタメンキリンサイは、川平保護水面における増殖対象種の一つとして指定される紅藻類の一種である。本種は、1973年の最盛期には八重山を中心に約44トン(乾燥重量)が水揚げされ、カラゲナン(増粘多糖類)の原料の他、地域の伝統食材や土産物として利用されていた。しかし、近年その現存量は激減しており、漁業者や地域住民の聞き取りにおいても、天然での生育はほとんど見られておらず、その資源回復が求められている。

そこで本研究では、川平保護水面での増殖用種苗とすることを目的に、カタメンキリンサイの季節的な生長特性を明らかにするとともに、200L水槽で母藻を育成する。

### [成果の内容・特徴]

1. 川平海域から採取したカタメンキリンサイの天然藻体(約50g)は、貴重な保存系統となる(図1A)。
2. 陸上水槽中の小割カゴ内で個体識別し、季節ごとに培養すると、その生長率は平均0.9~2.8%で推移する(図2)。
3. 200L水槽を使用し、流水量を約2.2L/分(換水率16回転)、施肥を25g/週(緩効性肥料:被覆燐硝安加里13-9-11)に設定して培養することにより、12.5kgの母藻を育成できる(図1B、図3)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本試験で得られた季節ごとの日間成長率のデータは、今後の増殖に向けた母藻の周年培養のための指標となる。
2. 育成した藻体(12.5kg)は、保護水面での増殖用母藻として活用可能である。
3. 7~8月の培養試験にみられる生長率のばらつきは、藻体の白化と溶けによるものである(図1C)。これらの白化や溶けは母藻育成中の藻体にも発生し、重量減少の要因となる。しかし、白化部分を除去することで発生は収まり、安定して母藻を育成できる。
4. 陸上水槽における日間生長率は、同じ紅藻類の養殖技術開発が進められるクビレオゴノリの成長率(室内環境下で最大15%:既往知見)よりも低いことから、コストをかけた陸上養殖ではなく、天然海域での粗放的な増殖が適する。

### [残された問題点]

1. 本技術で育成した母藻を用い実際に天然海域で増養殖する際には、草食性魚類等の食害が予想されることから、その対策が必要となる。

[具体的データ]



図1. A:採取したカタメンキリンサイの天然藻体(2020年3月)  
B: 200L水槽で育成中の母藻  
C: 初夏(7月ごろ)に発生した枝の白化

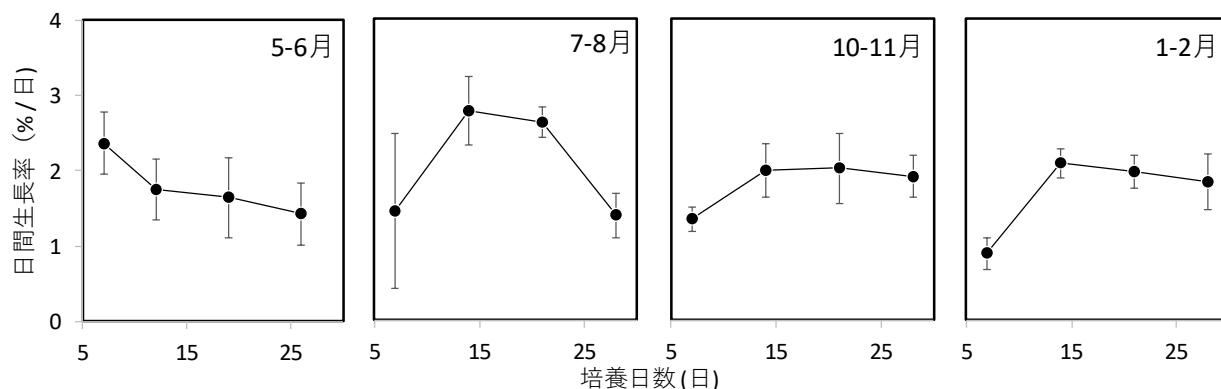


図2 カタメンキリンサイの季節ごとの生長率の推移

※水槽に浮かべた飼育カゴ(40×24×H13cm)を小割し(1マス当り10×12×H13cm)、個体識別できるように藻体を収容した上で、流水環境下で培養した。注水量は約2.2L/分(換水率16回転)とした。  
※初期藻体重量を5~10gとし、7日毎(28日間)の生長率を調べた。  
※数値は供試藻体(n=7)の平均値、エラーバーは標準偏差を示す。

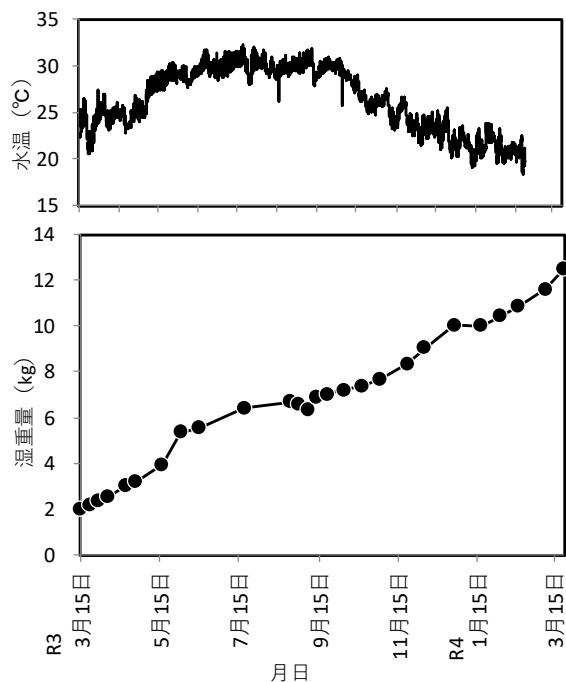


図3 カタメンキリンサイの母藻重量の推移

※水槽は200L角型を用い、注水量は約2.2L/分(換水率16回転)とした。  
※施肥は緩効性肥料25gを使用し、週1回の頻度で交換した。  
※遮光幕は農業用防風ネット(2mm)2枚を使用し、夏季の高照度期のみ遮光を施した。  
※初期母藻重量は1.97kgとした。

[その他]

課題ID: 2019水002

研究課題名: 資源管理体制高度化に向けた八重山海域沿岸性魚介類の資源動向調査

予算区分: 県単

研究期間(事業全体の期間): 2019~2021年度

研究担当者: 須藤裕介、服部素直、呉屋秀夫

発表論文等: 特になし



## 水産業分野

(成果情報名) ITS 遺伝子を対象とした海ブドウ(クビレズタ)の遺伝型判別方法							
(要約) 県内養殖場及び天然海域から採取した海ブドウ藻体の核 DNA (ITS 遺伝子) 塩基配列は、9 個の遺伝子型に分類される。							
(担当機関) 海洋深層水研究所					連絡先	098-896-8655	
部会	水産業	専門	養殖	対象	海ブドウ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

海ブドウ(クビレズタ)は栄養繁殖するため、一定の条件を揃えることにより安定生産できることから養殖が盛んに行われている。栄養繁殖により増殖することから、多くの株がクローンであり、基本的に遺伝的な変異が少ないと認識されてきた。これまで、県産海ブドウに対して株判別を目的とした DNA の塩基配列の比較は行われていない。そこで、株判別を目的として複数の遺伝子の塩基配列を決定し、遺伝的に判別可能か検討する。

### [成果の内容・特徴]

1. 県内養殖場及び天然海域から採取した海ブドウを用い、イワツタ属の分子系統解析で報告(Kazi et al., 2013)のある4つの遺伝子(18S rDNA、ITS rDNA、tufA、rbcL)について塩基配列を比較したところ、ITS 遺伝子のみで変異が確認された。なお、塩基配列決定に用いたプライマリストは表1のとおりである。
2. 96 藻体の海ブドウの ITS 遺伝子の塩基配列(555bp)を決定し、9個の遺伝型が見つかった(図1)。天然(自生)からは4個、養殖からは6個の遺伝型が見られた。
3. 養殖場の藻体は、主に2つの遺伝型にまとまる傾向があった(図1の遺伝型2と3)。
4. 海ブドウ養殖場の一つの水槽から複数の遺伝型が見つかった。養殖場の従業員から生育特性が異なる株が混ざっていることを指摘されていたが、実際に遺伝的に異なる株が混ざっていることを明らかにすることができた。

### [成果の活用面・留意点]

1. 形態的に異なる藻体の ITS 遺伝子の塩基配列を比較したところ、同一の遺伝型であることがあった。逆に、形態的に区別できない藻体でも遺伝型が異なることがあった。形態による分類は遺伝型とは対応せず、生育による形態変異の可能性がある。
2. 十分なサンプル数の解析を行うことができなかったため、追加解析することで新たな遺伝型が見つかる可能性がある。
3. PCR 法で遺伝型を判別する技術が開発できれば、容易に株を判別することが可能となる。

### [残された問題点]

1. 判別された遺伝型ごとの生育特性の把握。

## [具体的データ]

表 1. 県産海ブドウの塩基配列決定に用いたプライマーリスト。PCR の条件等は、Kazi et al. (2013) を参照。

対象遺伝子	プライマー名	塩基配列 (5'→3')	増幅サイズ (bp)
18S rDNA	18SF	CAACCTGGTTGATCCTGCCAGT	115
	18SR	TGATCCTTCTGCAGGTTCACCTAC	
ITS rDNA	ITSF	CCTCTGAACCTTCGGGAG	555
	ITSR	TTCACTCGCCATTACT	
rbcL	rb-F	GCTTATGCWAAAACATTYCAAGG	1076
	rb-R	AATTTCTTTCCAAACTTCACAAGC	
tufA	Tuf-F	TGAAACAGAAMAWCGTCATTATGC	815
	Tuf-R	CCTTCNCGAATMGCRAAWCGC	

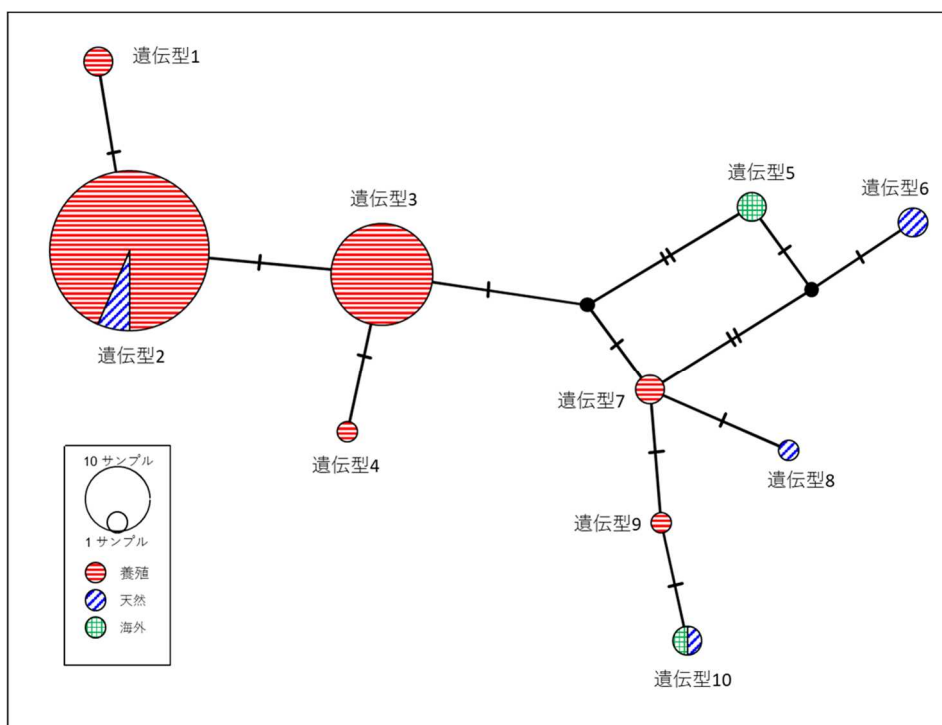


図 1. ITS 遺伝子を用いた海ブドウのハプロタイプネットワーク図。その遺伝型に含まれるサンプル数が多いほど丸のサイズが大きくなる。丸間の線の数は塩基置換の数を示す。赤横線は養殖場、青斜線は天然（自生）、緑格子線は Genbank に登録されている海外産の海ブドウのデータを示す。

## [研究情報]

課題 ID : 2019 深 002

研究課題名 : クビレズタ（海ブドウ）の株保存技術および品質管理技術の開発

予算区分 : 県単

研究期間 : 2019～2021 年度

研究担当者 : 照屋清之介

発表論文等 : 照屋清之介・寺本沙也加（2022）沖縄深層水研報、No. 22（掲載予定）

## 水産業分野

(成果情報名) 紫外線カットシートを用いた海ブドウ養殖の生育改善							
(要約) 海ブドウ養殖水槽で、夏季の紫外線が強い時期に紫外線カットシートで水槽を被覆することにより <u>長さ</u> と <u>太さ</u> が改善する。							
(担当機関) 海洋深層水研究所					連絡先	098-896-8655	
部会	水産業	専門	養殖	対象	海ブドウ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

海ブドウ養殖は、1989年に沖縄本島の漁協で陸上養殖技術が開発・事業化され、その後、急速に県内に普及し、現在では生産額7～8億円、生産量250トンとなり、生産量において沖縄県第3位の養殖対象種となっている。海ブドウの生育は、さまざまな環境要因に影響を受けているとされ、例えば当真（2012）は光照度不足や栄養塩の欠如が匍匐茎の形態形成に影響を与えるとし、山田（2011）は光照度と水温が直立枝と小枝の形成に大きく関与していることを示した。海ブドウ養殖において、施設の屋根の材質によって生育が異なる可能性について養殖業者からの情報があり、紫外線の影響が考えられたため農業用の紫外線カットシートを用いて生育を比較する。

### [成果の内容・特徴]

1. 久米島島内の海ブドウ養殖場において2020年5月29日～2020年7月6日の39日間養殖試験を実施した。
2. 紫外線カット被覆用の水槽には、農業用資材として一般的に用いられている紫外線カット透明ビニールシート（品名：スカイコート コーティング5+UV）で水槽に隙間が無いように覆う（図1）。
3. 試験終了時に直立枝を10本サンプリングし、伸長、湿重量、密度、太さを測定する（図2）。
4. 伸長、湿重量、密度、太さの全てにおいて、紫外線カット被覆をした水槽の方が、高い値となり、密度を除き測定値に有意な差が見られた（ $p<0.01$ ）（表1）。
5. 積算光量は、従来法に比べて紫外線被覆水槽の方が低下するものの、十分生育する（図3）。

### [成果の活用面・留意点]

1. 海ブドウ養殖施設の屋根の材質を、紫外線をカットする材質に変える事で生産向上が見込める。
2. 紫外線カットシートで被覆した水槽は、紫外線が97.6%カットされ、積算光量も若干低下するものの、海ブドウの生育は良好であった。
3. 屋根の資材の劣化等により紫外線透過率が低下し、既に紫外線カットできている養殖施設もあるが、そのような資材は光量も遮ってしまい、照度が低下していることがある。

### [残された問題点]

- ・紫外線カットシート、紫外線カット屋根資材の耐用年数等、採算性の検討。

[具体的データ]



図1. 紫外線カットシートで被覆した水槽。

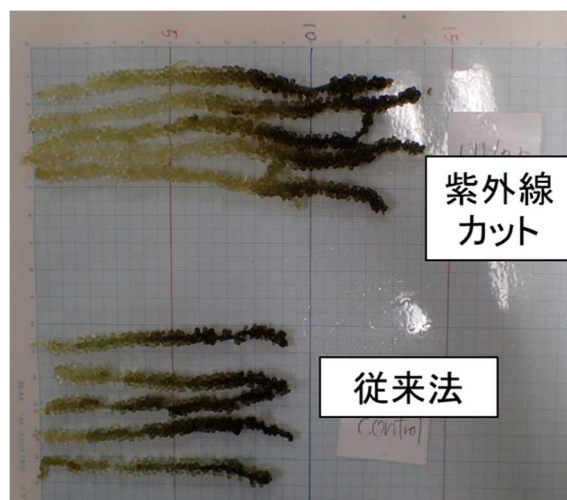


図2. 試験終了時の直立枝

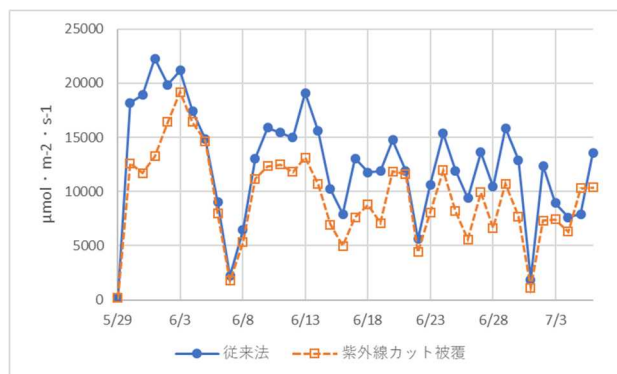


図3. 試験期間中の積算光量。

表1. 試験終了時の海ブドウの生育結果

	従来法 (被覆なし)	紫外線カット被覆
紫外線強度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	168	4
水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$24.0 \pm 0.3$	$23.6 \pm 0.3$
伸長 (cm)	$8.68 (\pm 1.28)$	$13.82 (\pm 0.8)$
湿重量 (g)	$0.92 (\pm 0.25)$	$1.70 (\pm 0.18)$
密度 (g/cm)	$0.11 (\pm 0.02)$	$0.12 (\pm 0.01)$
太さ (mm)	$5.80 (\pm 0.60)$	$7.2 (\pm 0.6)$

(± : 標準偏差)

[その他]

課題ID : 2019 深002

研究課題名 : クビレズタ (海ブドウ) の株保存技術および品質管理技術の開発

予算区分 : 県単

研究期間 : 2019~2021 年度

研究担当者 : 照屋清之介、白樫美来

発表論文等 : 照屋清之介・白樫美来 (2022) 沖縄深層水研報、No. 22 (掲載予定)

## 水産業分野

(成果情報名) 蛍光灯型 LED を用いた海ブドウ養殖の生育改善							
(要約) 海ブドウ養殖水槽で、冬季の日射量が不足し、生長速度が低下する時期に <u>蛍光灯型 LED 8本</u> を水槽に照射することにより <u>長さ</u> と <u>太さ</u> が改善する。							
(担当機関) 海洋深層水研究所					連絡先	098-896-8655	
部会	水産業	専門	養殖	対象	海ブドウ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

海ブドウ養殖は、1989年に沖縄本島の漁協で陸上養殖技術が開発・事業化され、その後、急速に県内に普及し、現在では生産額7～8億円、生産量250トンとなり、生産量において沖縄県第3位の養殖対象種となっている、海ブドウの生育は、さまざまな環境要因に影響を受けているとされ、例えば当真（2012）は光照度不足や栄養塩の欠如が匍匐茎の形態形成に影響を与えるとし、山田（2011）は光照度と水温が直立枝と小枝の形成に大きく関与していることを示した。海ブドウ養殖において、冬季の日射量が不足し水温が低下する時期に、生長速度が低下し、夏季に約30日で出荷サイズとなるのに対して、2倍の約60日程度要することもある。この生長速度を改善するために、植物育成用白色蛍光灯型LEDを用いて、生長改善が見込めるか検討する。

### [成果の内容・特徴]

1. 久米島島内の海ブドウ養殖場のコンクリート製5トン水槽(1.45m×4m×0.9m)において2020年2月6日～2020年3月25日の49日間養殖試験を実施した。
2. 蛍光灯型LEDは、植物育成用白色蛍光灯型LED(エスペックミック社製、型番EM1134660)を用い、12:12時間明暗条件でタイマーを設置し、6時～18時の間点灯した(図1)。LEDは水槽の上部に等間隔となるように設置した。水面からの高さは20cmであった。試験区はLED4本区、LED8本区、LED12本区、コントロール区(LEDなし)の4区を設定した。
3. 試験終了時に、直立枝を10本サンプリングし、伸長、湿重量、密度、太さを測定した(表1)。
4. コントロール区とLED設置区において、伸長等で差が見られたため、LEDの影響を受けていることが確認された。
5. LED12本区は、伸長は最も長い、枝分かれ数が多く、製品としての評価は低くなった。
6. LED8本区は、LED12本区に次いで伸長が長く、製品として十分な長さがあった。湿重量や密度は、製品として最も良い結果となり、枝分かれ数が少ないことから総合的に見て本試験ではLED8本区が最も良い結果となった。

### [成果の活用面・留意点]

1. 使用する水槽規模による適正なLED照射条件の調査が必要。

### [残された問題点]

1. LED本体価格や照射にかかる電気代等の採算性の検討。

## [具体的データ]



図 1. LED 試験収穫物の比較。A はコントロール区で LED は設置していない。B、C、D は、それぞれ LED を 4 本、8 本、12 本を水槽上部に均等配置されるように設置した。

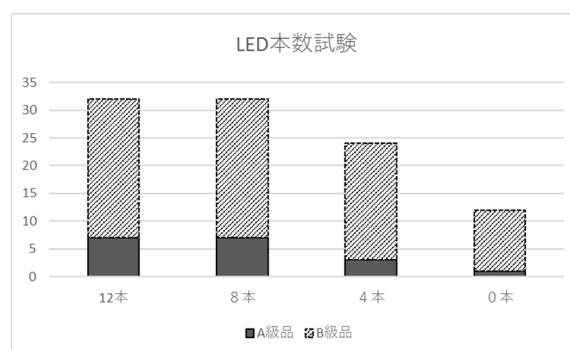


図 2.生産量と等級割合。生産量のうち、A 級品、B 級品の割合を示した。

表 1. 試験終了時の海ブドウの生育結果

	コントロール区 (LED なし)	LED 設置区		
		LED4 本区	LED8 本区	LED12 本区
水温	22.6±0.6	22.7±0.6	22.8±0.7	22.6±0.7
伸長(cm)	14.60(±1.58)	15.36(±2.20)	18.11(±1.77)	18.48(±1.15)
湿重量(g)	2.90(±1.05)	3.23(±0.96)	4.06(±1.02)	3.71(±1.30)
密度(g/cm)	0.199(±0.10)	0.210(±0.09)	0.224(±0.05)	0.201(±0.07)
枝分かれ数	4.7(±2.21)	3.1(±0.99)	3.5(±1.27)	6.1(±2.42)

(±: 標準偏差)

## [その他]

課題 I D : 2019 深 002

研究課題名: クビレヅタ (海ブドウ) の株保存技術および品質管理技術の開発

予算区分: 県単

研究期間: 2019~2021 年度

研究担当者: 照屋清之介、白樫美来

発表論文等: 照屋清之介・白樫美来 (2022) 沖縄深層水研報、No. 22 (掲載予定)

## 水産業分野

(成果情報名) 沖縄県産ヒトエグサの集団遺伝解析							
(要約) 沖縄県産のヒトエグサ(あーさ)について、核DNAの18S rRNAからITS1、5.8S、ITS2にかけての塩基配列を比較したところ、特定の県内地域間において遺伝的に分化していることを示した。							
(担当機関) 海洋深層水研究所					連絡先	098-896-8655	
部会	水産業	専門	養殖	対象	ヒトエグサ	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

沖縄県においてヒトエグサは方言名「あーさ」として県民に親しまれている重要な海藻養殖対象種であり、その生産量は年々増加し、平成30年には過去最高の生産量134トン、生産額1億500万円を記録した(沖縄県農林水産部、2021)。本県におけるヒトエグサ養殖は、天然採苗に依存した種付けが行われており、効率的な種付けを行うためにも、遊走子が大量に放出される時期の解明が望まれている(上原・又吉、2019)。ヒトエグサの遊走子は、分散能力が極めて低いことから、地域単位で個体群の遺伝的構造が異なる可能性が示唆されている(上原・又吉、2019)。このような遊走子放出条件の相違の一因として、地域間の遺伝的分化度を明らかにするために、本県ヒトエグサの遺伝的集団構造解析を行う。

### [成果の内容・特徴]

- 2018年～2020年にかけて県内各沿岸域において養殖および自生している藻体を調べた(図1)。
- DNA抽出は、令和2年度普及に移す技術「クビレズタ及びヒトエグサのDNA抽出における前処理法の検討」により行った。
- 効率的にPCR増幅を行い、明瞭な塩基配列データを得るために、沖縄県産ヒトエグサ用に新たにプライマーセット(HITS-F1およびHITS-R1)を設計した(表1)。
- 沖縄県産ヒトエグサの172藻体の核DNAの18S～ITS2にかけての820bpの塩基配列を決定し、61のハプロタイプを得た。
- 分子系統解析の結果、県内ヒトエグサ集団では、本島北部東岸の集団が最初に分岐し、他地域と明瞭に異なる。石垣島や宮古島は地域ごとに単一のグループにまとまる傾向がある。
- 地域間のペアワイズFST(集団間の遺伝的分化度)分析をすると、FST値は0～1を示し、特定の地域間において遺伝的な分化が見られる(表2)。地域間の距離とFST値の相関を見ると遠い地域間ほど遺伝的に異なる傾向もあるが、距離的に近くても遺伝的に分化している地域間がある(図2)。

### [成果の活用面・留意点]

- 県内の地域ごとに遺伝的集団が異なるため、遊走子の放出条件が異なる可能性の一因として遺伝的な要因が考えられる。
- 各集団における遊走子の放出条件が異なる可能性が示唆されたため、各地域間での種苗、種付網の移動は行わない方がよい可能性がある。
- 各地域においてブランド化を図る上で重要な知見となる。

### [残された問題点]

- 系統ごとの生育特性の把握。

## [具体的データ]

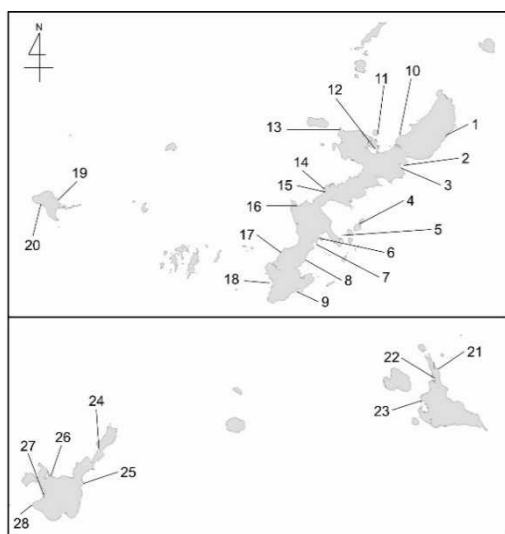


図 1. サンプル地点

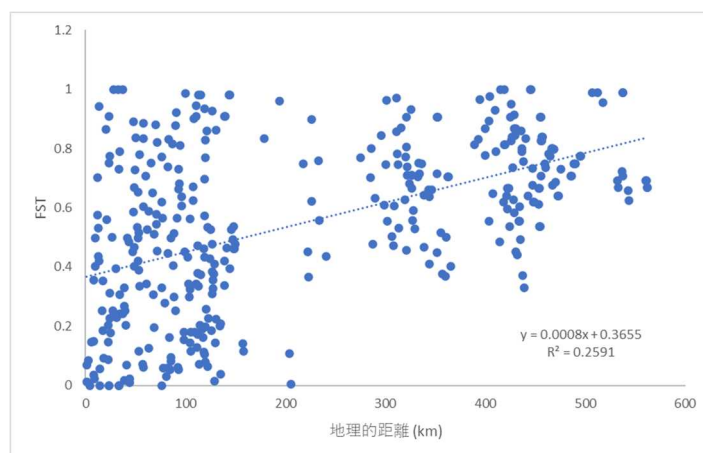


図 2. 地域間の地理的距離と FST 値の相関図

表 1. 沖縄県産ヒトエグサの解析用に新たに設計したプライマーセット

プライマー名	塩基配列 (5'→3')	増幅サイズ (bp)
HITS-F1	ACGCGCGCTACACTGATAC	820
HITS-R1	TCTCAGGTCGAATGTCAAAGG	

表 2. 養殖海域におけるヒトエグサの FST の値。\*は有意に指示された値を示す。FST の値は、1 に近いほど地域間の集団が遺伝的に分化していることを示し、0 に近いほど遺伝的な分化が見られず類似した集団構造であることを示す。天然海域を含む詳細版は報告書に記す。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1: 与那城、伊計島	0															
2: 与那城、屋平	0.401	0														
3: 泡瀬	0.559*	0.575	0													
4: 北中城	0.202	0.421*	0.084	0*												
5: 中城	0.251	0.091	0.497*	0.356*	0*											
6: 知念	0.242*	0.237*	0.312*	0.088	0.252*	0*										
7: 今帰仁	0.432*	0.127	0.535*	0.427*	0.199*	0.343*	0									
8: 名護市、屋我地	0.325*	0.071	0.527*	0.328*	0.226*	0.144	0.146	0								
9: 本部	0.379*	0.063	0.472*	0.373*	0.115	0.252*	0.057	0.186	0*							
10: 恩納村、恩納1	0.625*	0.179	0.682*	0.606*	0.094	0.545*	0.329*	0.498*	0.226*	0						
11: 読谷	0.811*	0.498	0.830*	0.737*	0.330*	0.707*	0.468*	0.653*	0.307	0.436*	0*					
12: 久米島、鳥島	0.537	0.421	0.207	0.038	0.409*	0.202	0.465*	0.395	0.375*	0.697	0.944	0*				
13: 宮古島、大浦	0.750*	0.682	0.772*	0.627*	0.531*	0.610*	0.448*	0.515*	0.467*	0.737*	0.971*	0.898*	0			
14: 宮古島、久貝	0.642*	0.530*	0.710*	0.557*	0.456*	0.502*	0.376*	0.369*	0.409*	0.667*	0.869*	0.759*	0.021	0*		
15: 石垣島、伊原間	0.801*	0.839*	0.665*	0.536*	0.618*	0.555*	0.707*	0.748*	0.639*	0.825*	1.000*	0.907*	0.982*	0.910*	0*	
16: 石垣島、名蔵	0.801*	0.839*	0.665*	0.536*	0.618*	0.555*	0.707*	0.748*	0.639*	0.825*	1.000*	0.907*	0.982*	0.910*	0	0

## [その他]

課題 I D : 2019 深 003

研究課題名 : ヒトエグサ (あーさ) の系統解析と系統保存技術開発

予算区分 : 県単

研究期間 : 2019~2021 年度

研究担当者 : 照屋清之介

発表論文等 : 照屋清之介・寺本沙也加 (2022) 沖縄深層水研報、No. 22 (掲載予定)



## 水産業分野

(成果情報名) オレンジエビと毒性の高いビブリオ属細菌6種の関係について							
(要約) <u>クルマエビ養殖池</u> に発生する毒性の高い <u>ビブリオ属細菌</u> 6種に対して、種特異的なプライマーセットを用いて <u>PCR 検査</u> することにより、オレンジエビとビブリオ属細菌の関係を調べたところ相関はなかった。							
(担当機関) 海洋深層水研究所					連絡先	098-896-8655	
部会	水産業	専門	養殖	対象	クルマエビ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

近年、クルマエビ養殖池において体色がオレンジ色に変化し、活力の弱いエビが出現することがある。また、夏季の水温が高い時期にビブリオ病 (*V. penaeicida* を原因細菌とし、昼間に養殖池の海面でふらふらと遊泳する様子) のような症状が観察されることが、度々発生しており、沖縄県車海老漁業協同組合や県内養殖場からビブリオ属細菌の検査に対する要望が出ている。そこで、病原性を有するとされるビブリオ属細菌6種 (*V. nigripulchritudo*、*V. rotiferianus*、*V. campbellii*、*V. haveyi*、*V. owensii*、*V. penaeicida*) に対して、種特異的なプライマーを用いてPCR検査することで、オレンジエビとビブリオ属の関係を調べる。

### [成果の内容・特徴]

1. ビブリオ属全般および6種の種特異的なプライマーリストを表1に示す。PCRの条件は、参照論文を参考にする。
2. エビの体色ごとのビブリオ属6種の集計結果では、正常な64個体から23回検出、オレンジ色11個体から0回、その他の白色等4個体から0回検出された(表1)。体色が正常ではないエビと、本試験で解析したビブリオ属6種との間には関係性は認められなかった。
3. 養殖池の水温別のビブリオ属6種の集計結果では、30度以上の日に採取した56個体のエビでは22回、29.9度以下では24個体中1回検出された(表1)。水温が上昇するとエビの活力が低下し、ビブリオ属細菌が増殖しやすい。
4. 池入れ後の稚エビの状態ごとのビブリオ属6種の集計結果では、活エビ61個体では12回、フラツキ状態のエビ32個体では10回、斃死直後のエビ16個体では2回検出された。体色異常と同様に、ビブリオ属6種とフラツキや斃死との間に強い関係性は見られなかった。

### [成果の活用面・留意点]

1. ビブリオ属全般を対象としたPCRでは、病原性の有無に関わらず、ビブリオ属細菌を幅広く検出できるようになっている。有害無害を問わず、海域に常在する細菌であることから、エビからも高確率で検出される。
2. 斃死したエビは、斃死後にビブリオ属細菌が増殖した可能性があり、採取が可能であればフラツキ等の斃死前のエビを検査に用い、斃死したエビを検査する際には判断に注意する。
3. ビブリオ属4種 (*V. rotiferianus*、*V. campbellii*、*V. haveyi*、*V. owensii*) については、マルチプレックスPCRを行うことにより、1回の反応で4種の検査を実施することができる。

### [残された問題点]

1. 6種のビブリオとオレンジエビの相関は見られなかったが、引き続きオレンジエビの原因究明に努める必要がある。

## [具体的データ]

表1. ビブリオ属細菌のプライマーリスト。

種	プライマー名	塩基配列 (5'→3')	増幅サイズ (bp)	参照論文等
①ビブリオ属全般	V.16S-700F	CGGTGAAATGCGTAGAGAT	663	Tarr et al., 2007
	V.16S-1325R	TTACTAGCGATTCCGAGTTC		
② <i>V. nigripulchritudo</i>	Vnig-hlyF	CTAACAGCGTTACTCATGCGTTGG	450	東京海洋大学ゲノム科学研究室提供
	Vnig-hlyR	GACAAGACCGCCAATATCCAATGAA		
③ <i>V. rotiferianus</i>	Vr.mreB-F	GTGCTATCCGTGAGTCAG	489	Cano-Gomez et al., 2015
	Vr.mreB-R	AGATGTCCGATGCTAGTT		
④ <i>V. campbellii</i>	Vc.ftsZ-F	AAGACAGAGATAGACTTAAAGAT	294	Cano-Gomez et al., 2015
	Vc.ftsZ-R	CTTCTAGCAGCGTTACAC		
⑤ <i>V. haveyi</i>	Vh.topA-F	TGGCGCAGCGTCTATACG	121	Cano-Gomez et al., 2015
	Vh.topA-R	TATTTGTCACCGAACTCAGAACC		
⑥ <i>V. owensii</i>	Vo.topA-F	TACCTCAACACTTCAGCAAGCG	85	Cano-Gomez et al., 2015
	Vo.topA-R	TTCATACAGACGCTGAGCCAG		
⑦ <i>V. penaeicida</i>	Vpen-hlyF	CCAATAGCATCACACATGCGCTAG	450	東京海洋大学ゲノム科学研究室提供
	Vpen-hlyR	ACCAGACCACCCACATCGAGCGTG		

表2. クルマエビ養殖池の出荷サイズ以上のエビを対象とした体色ごと、養殖池の水温ごとのビブリオ属細菌のPCR結果。

種類	比較対象	サンプル数	①ビブリオ属全般	② <i>V. nigripulchritudo</i>	③ <i>V. rotiferianus</i>	④ <i>V. campbellii</i>	⑤ <i>V. haveyi</i>	⑥ <i>V. owensii</i>	⑦ <i>V. penaeicida</i>	②～⑦の合計
体色	正常	65	64	12	0	2	6	3	0	23
	オレンジ色	11	11	0	0	0	0	0	0	0
	その他(白色等)	4	3	0	0	0	0	0	0	0
水温	30.0度以上	56	54	12	0	2	5	3	0	22
	29.9度以下	24	24	0	0	0	1	0	0	1
成エビ合計	-	80	78	12	0	2	6	3	0	23

表3. 池入れ後1～2ヶ月以内の稚エビの状態ごとのビブリオ属細菌のPCR結果。

種類	比較対象	サンプル数	①ビブリオ属全般	② <i>V. nigripulchritudo</i>	③ <i>V. rotiferianus</i>	④ <i>V. campbellii</i>	⑤ <i>V. haveyi</i>	⑥ <i>V. owensii</i>	⑦ <i>V. penaeicida</i>	②～⑦の合計
状態ごとの比較	活	64	61	0	6	0	0	0	6	12
	フラツキ	32	31	2	2	0	0	2	4	10
	斃死	16	13	1	1	0	0	0	0	2
稚エビ合計	-	112	105	3	9	0	0	2	10	24

## [その他]

課題ID: 2020 深002

研究課題名: クルマエビ養殖技術基盤強化事業

予算区分: その他(沖縄県産業振興重点研究推進事業)

研究期間(事業全体の期間): 2020～2021年度(2020～2024年度)

研究担当者: 照屋清之介、廣野育生(東京海洋大学)

発表論文等: 照屋清之介・寺本沙也加(2022) 沖縄深層水研報、No. 22(掲載予定)

## 水産業分野

(成果情報名) ヤイトハタ親魚の卵巣内に形成された変性卵塊の摘出手術							
(要約) 卵巣内の <u>変性卵塊</u> 形成により、正常な産卵ができないヤイトハタ親魚に対し、外科的手法による <u>摘出手術</u> を行うことで、 <u>輸卵管閉塞</u> 等の阻害要因を除去できる。							
(担当機関) 栽培漁業センター					連絡先	0980-47-5411	
部会	水産業	専門	親魚養成	対象	ヤイトハタ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

熱帯性大型ハタ類のヤイトハタは、全ての個体がまず雌として成熟し、一部が雄に性転換する雌性先熟魚である。本種の親魚養成は、主に天然採集された若齢魚や人工種苗由来の個体を中心に実施されており、性成熟には概ね7～10年以上の期間を必要とする。雌性先熟魚としての特徴から、複数の親魚群を養成しなければ雄を安定して確保することができないことに加え、養成中に雌として成熟しても群内に雄が不在であった場合は、産卵が不調になることがある。その場合、卵巣内に排卵された成熟卵が体外に放出されずに残存し、その後、退行する過程で卵塊（以下、変性卵塊）が形成される。変性卵塊の存在は、輸卵管閉塞による自然産卵の阻害や卵巣破裂等を引き起こすだけでなく、人工採卵の作業時に大きな障害となるため、外科的手法を用いた摘出手術によってその除去を行い、正常な産卵機能の回復を図る必要がある。

### [成果の内容・特徴]

- ヤイトハタの変性卵塊は、養成年数が8～30年の親魚のうち、体重11.7～31.8kgの個体で確認され、いずれも腹部触診により形成の有無を確認できる（表1）。
- 変性卵塊の摘出手術は、鱗除去、腹部開腹（外皮・真皮・腹部筋・腹膜）、卵巣膜切開・卵塊摘出、縫合（卵巣膜・腹部）、開腹部の癒合（養生期間）、縫合糸の抜糸の工程で行う（図1、3）。
- 大きく発達した卵塊は、左右の卵巣に二股にまたがるような形状で残存し、輸卵管から生殖孔を完全に閉塞させた状態で、かつ正常な薄板上皮への癒着も認められることから、個体の放卵機能を低下または消失させる（図2）。
- 術後30日未満で抜糸した場合は、飼育水温に関わらず縫合部から出血するため、40日以上養生する必要がある（図3）。
- 術後143日間が経過した1個体に性ホルモン（hCG）を投与したところ、生殖腺の正常な発達が認められた（図4）。

### [成果の活用面・留意点]

- 変性卵塊の形成により、正常に産卵できない雌を再び産卵させるための手法である。
- 術者の安全と魚体への負荷軽減（酸素欠乏・覚醒狂奔等）のため、術中は、350ppm以上に調整した2-フェノキシエタノール海水を常時鰓に掛流し、麻酔状態を保つ必要がある。
- 開腹部からの二次感染を防止するため、使用する器具のアルコール消毒や抗生物質の適正使用、使用する道具やガーゼ等の体内残置や縫合糸の抜糸忘れに特に注意を要する。
- 本手術は、マハタ属魚類のクエの手法（堀田ほか、2003）を参考に実施した。

### [残された問題点]

- 今後は、術後個体の卵巣発達状況や産卵への加入状況を把握する必要がある。

## [具体的データ]

表 1 変性卵塊の摘出手術を実施したヤイトハタ親魚.

個体番号	識別ID	手術日	抜糸日	抜糸までの経過日数	卵塊重量 (g)	飼育水温 (°C)	養成年数	全長 (mm)	体重 (kg)
1	C65474D	2020/3/11	2020/4/9	29	759	20.6	13	1,043	30.1
2	C66A0FD	2020/3/11	2020/4/9	29	97	20.7	21	977	28.1
3	CEBC210	2020/3/12	2020/4/9	28	132	20.8	11	980	21.1
4	968FBCC	2020/10/19	2020/12/1	43	140	23.8	14	790	11.7
5	C65A110	2020/10/19	2020/12/1	43	105	23.8	12	946	21.1
6	96F0AC4	2020/10/22	2020/12/1	40	106	23.8	8	942	18.4
7	96F2024	2020/10/22	2020/12/1	40	160	23.9	14	1,025	22.8
8	968E6C5	2020/10/22	2020/12/1	40	120	23.9	14	890	15.1
9	CEBBB5E	2020/10/22	2020/12/1	40	216	23.9	11	996	21.7
10	C6A32EA	2020/11/6	2020/12/1	25	92	23.7	30	1,091	31.8
11	C0A0774	2021/10/29	2021/12/9	41	115	21.6	ND	ND	ND
12	96F2078	2021/10/29	2021/12/9	41	89	21.6	15	988	23.7
13	1BC59B4	2021/10/29	2021/12/9	41	124	21.6	14	ND	17.2
14	96914FD	2021/11/1	2021/12/9	38	33	21.6	15	938	18.0
15	96F221C	2021/11/1	2021/12/9	38	42	21.6	9	946	16.6
16	96B2016	2021/11/1	2021/12/9	38	74	21.6	9	990	19.9

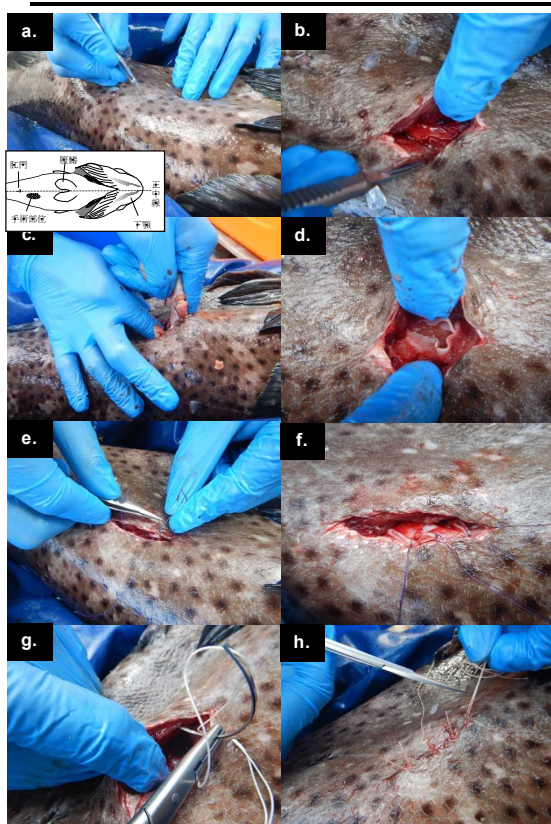


図 1 ヤイトハタ親魚の変性卵塊摘出手術.

a. 鱗除去, b. 腹部・卵巣膜切開, c. 卵塊摘出, d. 摘出完了  
e. 卵巣膜縫合, f. 縫合完了, g. 腹部縫合, h. 縫合完了

## [その他]

課題 ID:

研究課題名: 栽培漁業センター生産事業費 (ヤイトハタ種苗生産)

予算区分: 県単

研究期間 (事業全体の期間): 2019~2021 年度

研究担当者: 山内岬、木村基文、照屋秀之、岩井憲司、島袋誠菜

発表論文等: 1) 山内岬ら (2022) 沖裁セ事報、31: 25-34

2) 山内岬ら (2023) 沖裁セ事報、32 (掲載予定)

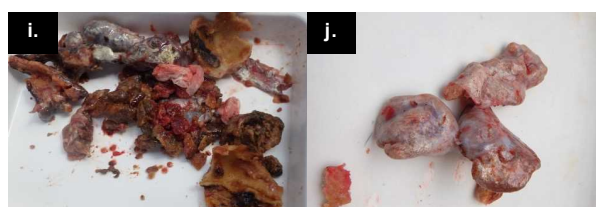


図 2 摘出した変性卵塊の外観.

i. 卵塊重量 759g (識別 ID: C65474D), j. 卵塊重量 33g (識別 ID: 96F221C)

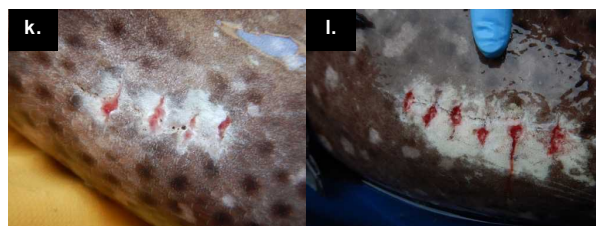


図 3 縫合糸の抜糸時における開腹部の外観観察.

k. 術後 38 日 (ID: 96F221C), l. 術後 25 日 (ID: C6A32EA)

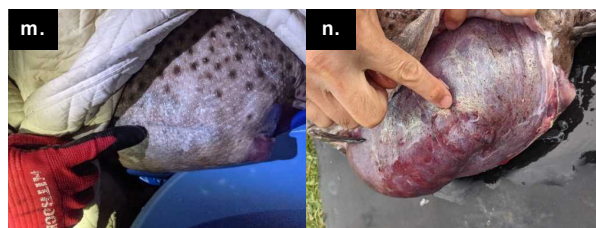


図 4 摘出手術後 143 日間が経過したヤイトハタ親魚における人工採卵の状況 (識別 ID: 968FBCC・2021 年 3 月 13 日撮影).

m. 性ホルモン (hCG) 打注 48 時間後の腹部膨満 (卵巣発達) 状況  
n. 卵巣膜の手術痕 (解剖時)

## 水産業分野

(成果情報名) 半閉鎖循環式ヤイトハタ陸上養殖における酸素欠乏の発生抑制と海水使用量削減							
(要約) 半閉鎖循環式陸上養殖水槽に酸素ガス供給の気液混合器を設置し、給餌管理を自動化することで、一般的な陸上養殖の2倍以上の生産性向上と大幅な海水使用量の削減ができる。							
(担当機関) 栽培漁業センター					連絡先	0980-47-5411	
部会	水産業	専門	養殖	対象	ヤイトハタ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

熱帯性大型ハタ類のヤイトハタは、高い市場価値を有するだけでなく、国内で養殖される海産魚で唯一 100kg/kL の収容密度を超える効率化が可能な陸上養殖適性を有する。単位水量あたり収容密度の増加は、海面養殖に比べてコストのかかる陸上養殖の生産性向上と収益性の確保に繋がるものの、限られた水槽スペース内で安定した飼育成績を得るには、様々な条件で生じる飼育障害を防ぐための長期間の対策が必要不可欠である。特に溶存酸素の欠乏は、養魚の成長性等を著しく悪化させるだけでなく、時に大量死にも直結することから、安全性や費用対効果の高い実用的酸素供給システムの構築と給餌後の酸素消費量増大に対応した適切な給餌管理が求められる。

### [成果の内容・特徴]

1. 半閉鎖循環式陸上養殖水槽の注水口末端に、酸素ガスを常時供給した塩化ビニル (PVC) 樹脂性の気液混合器を設置し、自発摂餌式またはタイマー式給餌機による自動給餌管理を行なった養殖システムの運用により、ヤイトハタ (平均体重 56g/尾×1,500 尾) を2年間で1.5kg 以上の出荷サイズに養殖できる (図1、表1)。
2. 出荷サイズにおける養成魚の総重量は計 1,360kg、飼料効率は 82%、収容密度は 68kg/kL に達することから (表1)、一般的な海産魚の陸上養殖密度 (30kg/kL) に比べ、2倍以上に生産性を向上できる。
3. 気液混合器に供給した酸素の通気量は、全期間の通算で平均 1.8L/分 (範囲: 1.1~3.5L/分) であり、水温 30°C以上の夏季高水温期を含め、慢性的な酸素欠乏が生じないことから、有効性の高い酸素供給システムである (図2)。
4. 給餌または設備不良により生じた一過性の酸素欠乏 (餌の吐き戻し等) に対する作業 (換水・酸素供給量調節・給餌量調節等) の実施日数は、全飼育期間の 2.2%にあたる計 16 日のみであり、安定的かつ人的負担の少ない管理手法である (表2)。
5. 全期間の換水率は、平均 0.93 回転/日 (範囲: 0.29~2.30 回転/日) であり、表層海水 (30~90 回転/日) や地下海水 (10~20 回転/日) を用いた従来の掛流式陸上養殖手法に比べて大幅に海水使用量を削減できる。

### [成果の活用面・留意点]

1. ハタ類陸上養殖事業者向けの飼育技術・収益性改善指導に必要な情報として活用できる。
2. 2020年9月13~19日にかけて絨毛虫寄生による斃死 (累積死亡率 32%) が生じたことから、銅イオン発生装置による海水殺菌が必要な養成環境であったことに留意する。

### [残された問題点]

1. 本成果は、市販のマダイ用 EP 飼料 (粗タンパク質含量 44%・粗脂肪 12%) のみを用いたものであり、より栄養価や嗜好性に優れた飼料を選定することで、成長改善の余地がある。

[具体的データ]

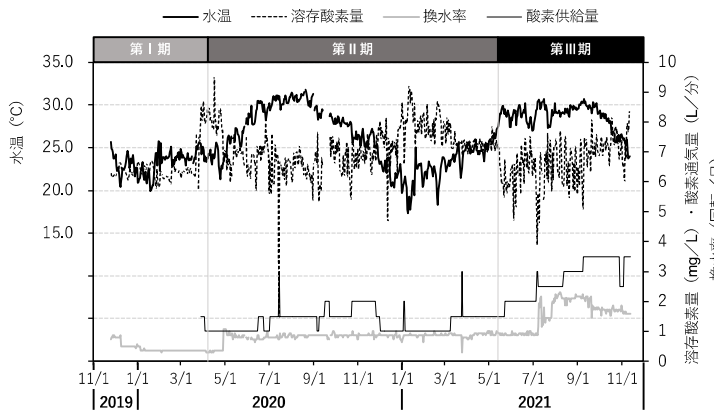
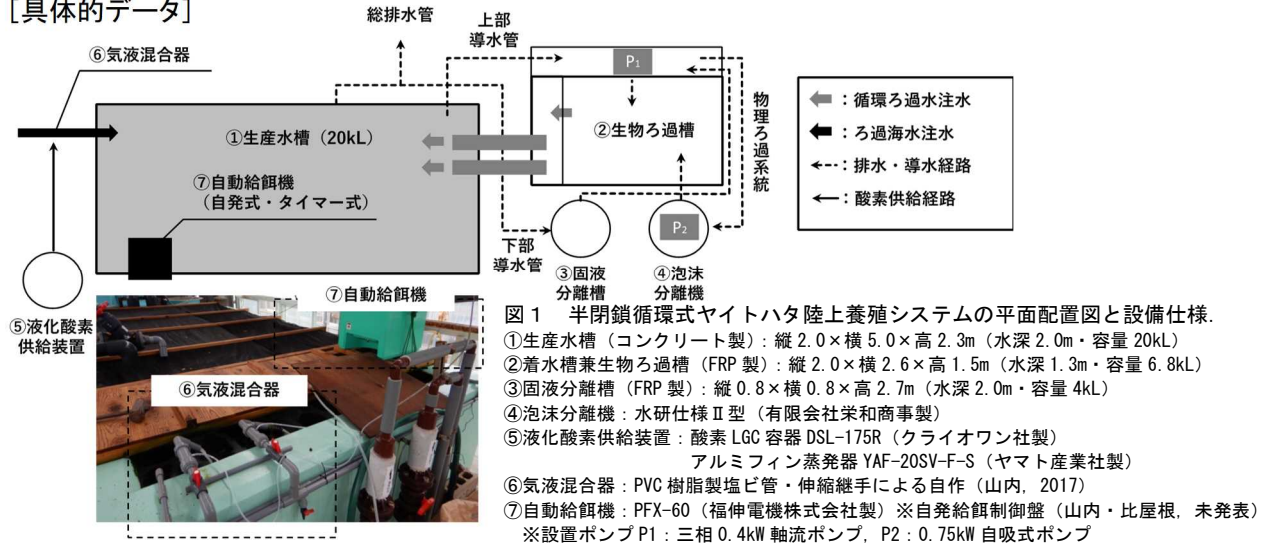


表1 半閉鎖循環式ヤイトハタ陸上養殖試験の生産成績 (飼育期間: 2019/11/25~2021/11/12)

養殖指標値はいずれも開始時から期間終了時の通算成績を示し、平均水温と海水使用量は各期の値を示す。

項目	開始時	第Ⅰ期	第Ⅱ期	第Ⅲ期
日齢	212	212-367	367-743	743-930
試験日数	0	155	531	718
収容尾数	1,500	1,464	966	854
生残率 (%)	-	97.6	64.4	56.9
平均体重 (g)	56	228	1,112	1,592
肥満度	18.5	17.9	17.8	17.1
総重量 (kg)	84	333	1,074	1,360
収容密度(kg/kt)*1	8.4	33.3	53.7	68.0
累積給餌量(kg)*2		256	1,416	2,216
日間給餌率(%)		0.79	0.37	0.32
飼料効率		99.6	91.9	81.6
期間平均水温 (°C)		21.9-24.0	21.6-30.6	24.6-29.4
期間海水使用量 (kL)		1,318	6,501	6,838

\*1: 第Ⅰ期はモジ網収容・第Ⅱ・Ⅲ期は露地飼育

\*2: 第Ⅰ・Ⅱ期は自発給餌式、第Ⅲ期はタイマー式自動給餌

表2 半閉鎖循環式ヤイトハタ陸上養殖試験における酸素欠乏と飼育管理作業の実施状況

数値は、全期間 (718 日間) に行った通常作業 (飼料追加・水質測定・洗浄作業等) 以外の管理作業項目の実施日数を示す。

期 間	酸素欠乏 (件数)		給餌機 調整*1	飼育設備 調整*2	換水*3	疾病*4	停電*5	底掃除	その他
	設備原因	給餌原因							
第Ⅰ期	1	0	14	4	5	0	2	3	1
第Ⅱ期	1	4	28	16	3	4	0	0	0
第Ⅲ期	3	7	24	19	1	0	1	0	1
合 計	5	11	66	39	9	4	3	3	2

\*1: 自発給餌スイッチトラブル対応・タイマー起動時間の調節等

\*2: ポンプ整備・遮光膜・シェルター設置作業等

\*3: 飼育水汚濁による一時的な掛け流し換水

\*4: 病魚の除去・投薬・殺菌作業等

\*5: 栽培漁業センター施設管理業務における計画停電への対応

[その他]

課 題 ID: 2019 栽 001

研究課題名: 環境制御型循環式生物生産技術開発事業

予 算 区 分: ソフト交付金

研究期間 (事業全体の期間): 2019~2021 年度

研究担当者: 山内岬、岩井憲司、木村基文、照屋秀之

発表論文等: 山内岬ら (2023) 沖裁セ事報、32 (掲載予定)

## 水産業分野

(成果情報名) 地下海水を冷媒とした水温操作による循環式種苗生産水槽の夏季高水温対策							
(要約) 大型水槽に設置した熱交換管に、水温 24℃台の地下海水を通水することで、夏季における循環式種苗生産水槽の高温化を抑制し、中間育成期稚魚の好適環境を安定維持できる。							
(担当機関) 栽培漁業センター					連絡先	0980-47-5411	
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]

飼育水を濾過しながら再利用する循環飼育は、海水使用量の大幅な節減が可能なため、大規模な陸上水槽を用いる海産魚の種苗生産において費用対効果の高い有効な生産手法である。しかし、生産時期が夏季にあたる場合は、外気温の影響によって飼育水が高温化しやすく、溶存酸素の飽和度低下や毒性の高い非解離アンモニア濃度の増加に起因した環境性疾病の発生リスクが高まる。また、一般的に対象種の適温帯を外れた高水温環境は、各種のウイルス性・細菌性疾病を誘発しやすく、免疫機能の未熟な稚仔魚においては特段の注意が必要である。本県の主要な養殖対象種であるヤイトハタは、夏季に中間育成を行うため、水温 30℃を超えた場合は育成コストの高い掛流飼育へ切り替える必要がある。そこで、周年にわたり水温が 23～24℃台の地下海水を冷媒として利用した夏季の高温化抑制操作を行う。

### [成果の内容・特徴]

1. 屋内コンクリート製大型水槽（容量 50～100kL）の壁面内側に設置したチタン製直管型熱交換管（外径 31.8mm）へ地下海水を常時通水することにより、5～8月における循環飼育水槽の水温を操作しない場合と比較して、平均-1.4℃/日（水温差：最小 0.4～最大 3.0℃/日）冷却でき、最高水温を 28.5℃以下に抑制できる（図 1）。
2. 6～8月にかけて、水温抑制操作を行なった循環水槽における飼育水温は、表層海水による掛流管理の水槽と比べて日毎の変動幅が極めて小さく、加えて平均値は同程度であったことから、環境変化に弱い稚魚期の飼育環境をより安定化できる（図 2）。
3. 同様に、溶存酸素量や pH 等も表層海水と比較して小さいか、またはほぼ同等の変動傾向を示すことから、掛流飼育と同等以上の物理的飼育環境を長期間にわたって維持できる（図 3）。
4. 水温の高温化抑制操作を行うことで、夏季高水温期においても量産するヤイトハタ種苗の 50%以上を循環飼育槽に収容でき、操作しない場合に比べて 2 倍以上長い期間維持できる（図 4）。

### [成果の活用面・留意点]

1. 中間育成に適した環境を安定維持することで、各種疾病の発生リスクを低減できる。
2. 本対策に必要な電気設備は、地下海水の揚水に必要な低出力のポンプだけであり、夏季高水温期における種苗量産規模の海水冷却コストの節減に有利な対策である。
3. 冷却効果は、使用する熱交換管の規格、通水する地下海水原水の温度、流量（流速）等のほか、冷却する水槽の設置条件（屋外・屋内等）と外気温および注水する海水量によっても変動することに留意する。

### [残された問題点]

1. 地下海水を使用するためには、井戸の掘削や地下海水取水用ポンプの設置等のインシヤルコストや、ポンプ作動の電気代や設備の保守費用といったランニングコストが必要となる。

[具体的データ]

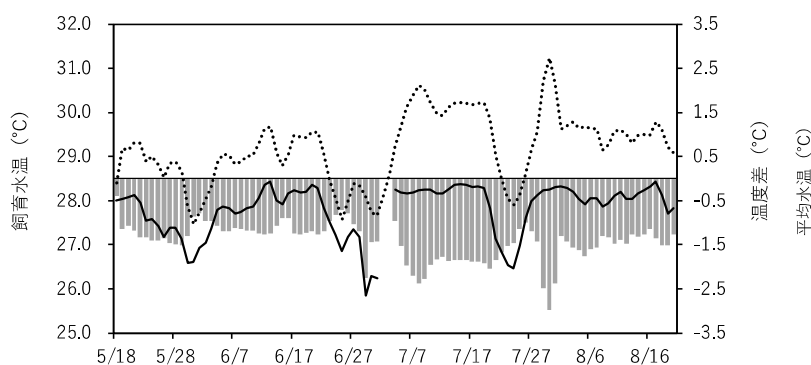


図1 5~8月期の循環飼育水槽における地下水冷却の高温化抑制操作。実線は冷却操作を実施した循環水槽、破線は無操作の循環水槽における変化を示し、棒グラフは各日の温度差を示す（水槽設置条件：同一建屋内のコンクリート製水槽・容量20kLまたは100kL）。

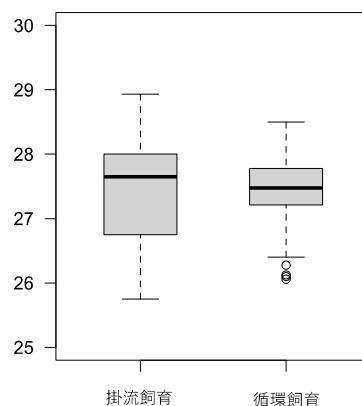


図2 6~8月期（67日間）における循環飼育水槽（屋内50kLコンクリート製）と表層海水掛流飼育水槽（屋根付き屋外50kLコンクリート製）の平均水温。箱ひげは、各飼育方法の四分位数を示し、白点は外れ値を示す。

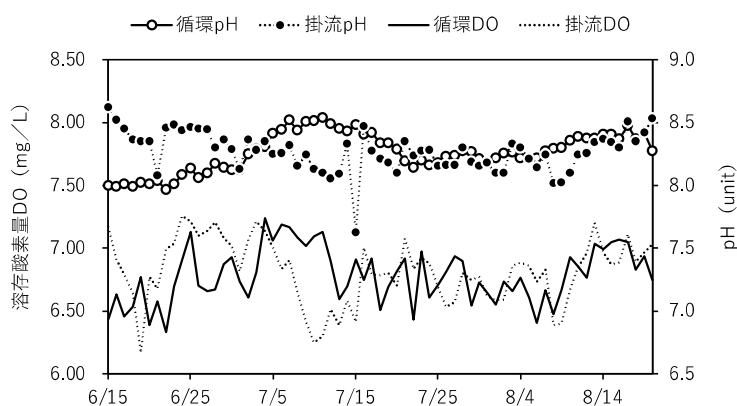


図3 6~8月期（67日間）における循環飼育水槽（屋内50kLコンクリート製）と掛流飼育水槽（屋根付き屋外50kLコンクリート製）の一般水質の変化。

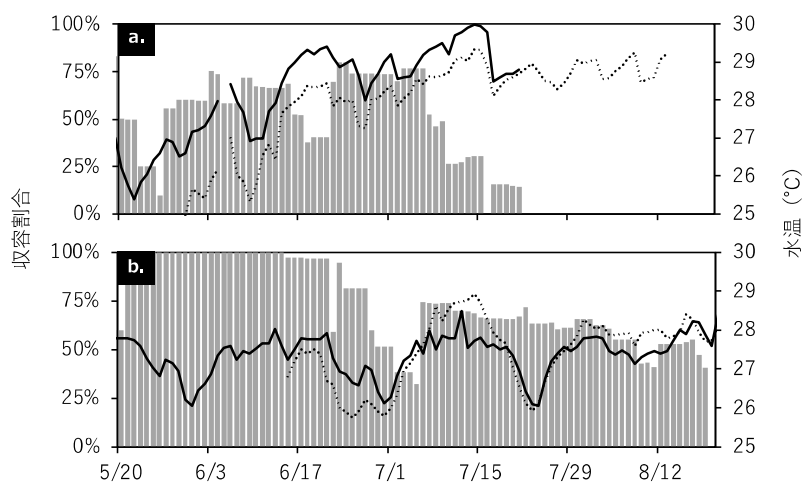


図4 中間育成期（全長70mm未満）に循環水槽へ収容したヤイトハタ種苗の割合と飼育方法別の水温変化。  
a. : 2020年生産種苗・50%以上の循環飼育日数は56日間（最大130千尾・9水槽収容・地下水冷却操作なし）、b. : 2021年生産種苗・50%以上の循環飼育日数は105日間（最大118千尾・9水槽収容・冷却操作あり）。実線は循環飼育、破線は掛流飼育における水温変化を示し、各日の棒グラフは循環水槽へ収容した育成尾数の割合を示す。

[その他]

課題 ID : 2019 栽 001

研究課題名 : 環境制御型循環式生物生産技術開発事業

予算区分 : ソフト交付金

研究期間（事業全体の期間） : 2019~2021年度

研究担当者 : 山内岬、岩井憲司、照屋秀之、木村基文

発表論文等 : 1) 岩井ら (2022) 沖裁セ事報、31 : 78-81

2) 山内ら (2023) 沖裁セ事報、32 (掲載予定)