

水産業分野

(成果情報名) 機能性成分を高含有するオキナワモズクの株と時期							
(要約) 養殖オキナワモズクに含まれる機能性成分であるフコイダンとフコキサンチンの含有率は、藻体の成長に伴い増加し、養殖時期の終盤において最も高くなる。また、 ○株 の機能性成分の含有率が他の株と比べて高い。							
(担当機関) 水産海洋技術センター・海洋資源・養殖班					連絡先	098-852-4530	
部会	水産業	専門	養殖	対象	オキナワモズク	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

オキナワモズクは本県水産業における重要な基幹養殖品目である。モズク類の需要が伸びた背景として、「フコイダン」に代表される機能性成分の名が多く消費者に知られるようになり、健康に良い食品として認知されたことが要因の一つに挙げられる。海藻に含まれる機能性成分は消費を拡大する鍵として重要な役割を持ち、更なる消費拡大を目指す上で養殖オキナワモズクに含有する機能性成分量の動向を明らかにすることは重要である。そこで、フコイダンの指標として有効な全糖量と新たな機能性成分として有望なフコキサンチンの含有量を分析し、株や収穫時期との関係を調べた。

[成果の内容・特徴]

- 2012年度から2016年度の5年間に実施したオキナワモズク養殖試験のサンプルを対象として、機能性成分の分析を行った。分析総数は127回、対象株は15株、養殖海域は8か所（伊平屋、伊是名、本部、恩納、知念、久米島、宮古、石垣）で、収穫は12月から7月に行った。
- 1の分析結果では、全糖量とフコキサンチン含有量は共に、「収穫時期」との間に弱い正の相関がみられ（図1、図2）、収穫月別のフコキサンチン含有量は、4、5月より6月が有意に高かった（図3）。
- 5海域で行ったオキナワモズクの主要4株（C、K、O、S）について分析結果を比較すると、**○株**の全糖量が他の株より有意に高かった（図4）。
- 上記4株を用いて、同じ海域内で養殖試験を行い分析に供した結果、5、6月に比べて養殖終期の7月に全糖量とフコキサンチンの含有量が増加し、その中でも**○株**の機能性成分が他の株より高くなる傾向がみられた（図5、図6）。

[成果の活用面・留意点]

- 機能性成分高含有商品の差別化を図る上で、材料となる養殖オキナワモズクの収穫時期や株の種類の設定が有効な要素となる。
- 当該技術は、モズク養殖漁業者や機能性成分を材料とした健康食品等を製造・販売する企業において活用が期待される。

[残された問題点]

特に無し。

[具体的データ]

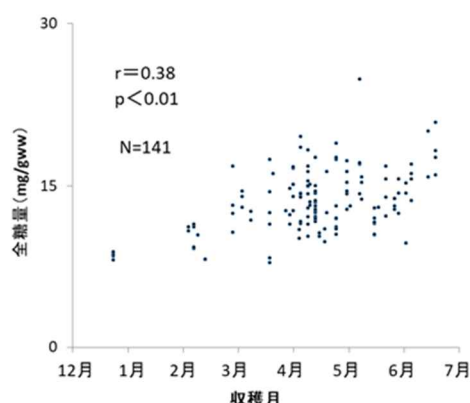


図1 収穫月と全糖量の相関

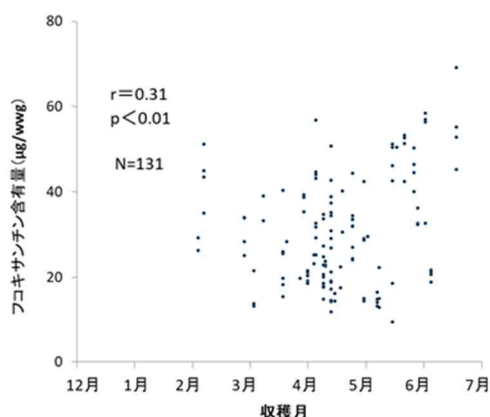


図2 収穫月とフコキサンチン含有量の相関

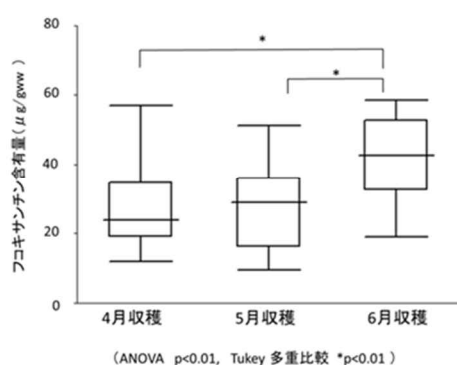


図3 収穫月とフコキサンチン含有量の比較(4-6月：N=108)

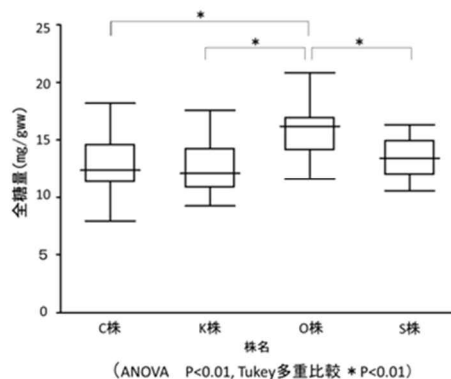


図4 各株と全糖量の比較(N=76)

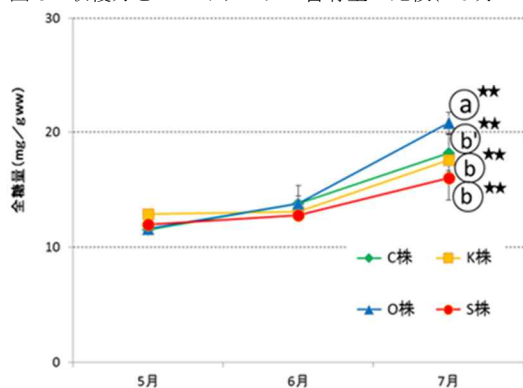


図5 養殖期間中における供試株の全糖量の推移

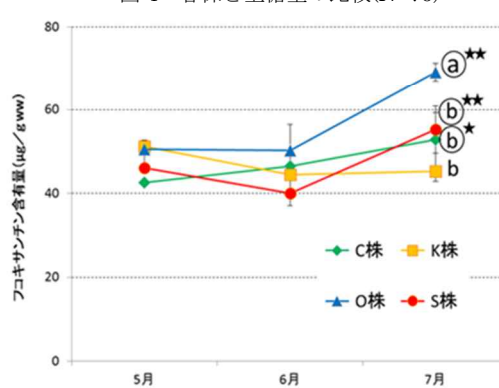


図6 養殖期間中における供試株のフコキサンチン含有量の推移

図5、6 Two-way ANOVA Tukey's test:

a,bは株間における7月の機能性成分含有量に有意差が検出されたことを示す: a>b':p<0.05 a>b:p<0.01

○は同株における5月又は6月の含有量と7月の含有量に有意差が検出されたことを示す: ★:p<0.05 ★★:p<0.01

[研究情報]

課題ID: 2012水003

研究課題名: モズク消費拡大に向けた機能性成分高含有品種育成と加工技術開発

予算区分: 沖縄振興特別推進交付金事業

研究期間: 2012~2016年度

研究担当者: 岩井憲司、須藤裕介

発表論文等: 岩井憲司ら (2018) 沖縄水海技セ事報、No.78:16-25

水産業分野

(成果情報名) モズク養殖との複合栽培時におけるクビレオゴノリの効率的な養殖							
(要約) モズク養殖との複合栽培時におけるクビレオゴノリの効率的な養殖として、モズク養殖実施海域である沖側では、モズク養殖での沖出し時期より早い8～9月に養殖を開始することで約3回収穫することができ、また、モズク養殖不適地である岸側では、10～11月に養殖を開始することで、効率的な養殖ができる。							
(担当機関) 水産海洋技術センター・海洋資源・養殖班					連絡先	098-852-4530	
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]

本県水産業を支える基幹産業であるモズク養殖は生産量の年変動が大きく、漁家経営の安定化を図る上で、モズク養殖と複合的に実施できる新たな海藻類養殖の導入が求められている。その対象種として2013～2015年までの研究によりクビレオゴノリ養殖が複合栽培の候補として有力であることがわかった。そこで本研究では、モズク養殖との複合栽培時におけるクビレオゴノリの効率的な養殖方法の検証を目的として、クビレオゴノリ種付け網の沖だし時期の検討と、モズク養殖不適地である河口付近や浅海域での養殖可能性について、試験を行った。

[成果の内容・特徴]

1. 県内3カ所（宜野座、久米島、知念）で2016年8月から2019年3月の間に、それぞれ3回/年の養殖試験を行った。（表1）。
2. クビレオゴノリ種付け網の沖出し時期は、8～11月が適しており（ $p < 0.01$ ）、モズク養殖適地（以下、沖側）とモズク養殖不適地（以下、岸側）では、その収穫量や沖出し時期が異なる（ $p = 0.07$ ）。
3. 沖側では、8～9月に種付け網を海に出すことで最も収穫量が高く、一網（49cm×20cm）あたりの平均収穫量は3,675g（9試行）、約3回収穫できた（表1、図1）。
4. 岸側では、沖側よりも収穫量は少ないが、10～11月に網を海に出すことが効果的で、同じく一網あたりの平均収穫量は1,499g（10試行）であった（表1、図1）。

[成果の活用面・留意点]

再収穫する場合には、生長した藻体の基部2～5cm残した状態で網を再設置する必要がある（図2）。

[残された問題点]

1. クビレオゴノリ種付け網の沖出し初期において、シルトの堆積の影響と考えられる生育不良がみられたことから、今後、その影響緩和対策の検討が必要である。
2. 食害対策としての防止ネット設置とその管理に係る経費節減を図る必要がある。

[具体的データ]

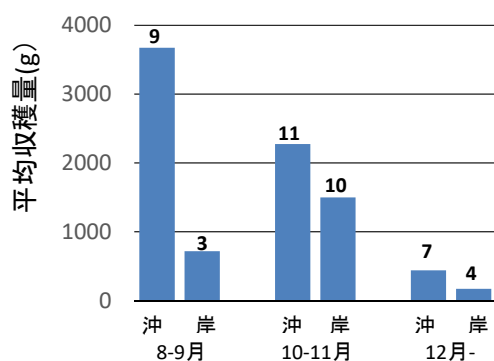


図1 沖出し時期別海域別収穫量
数字は試験区の試行回数を示す。

表1 沖出し時期別海域別の養殖試験結果

開始時期	モズク養殖適地(沖)			モズク養殖不適地(岸)		
	平均収穫量(g)	平均収穫回数	試行回数	平均収穫量(g)	平均収穫回数	試行回数
8-9月	3,675	2.9	9	717	1.0	3
10-11月	2,275	1.9	11	1,499	1.3	10
12月-	438	1.1	7	170	1.0	4
合計	2,135	2.0	27	1,048	1.2	17

※一網の面積は、0.098㎡(49cm×20cm)



図2 収穫直後と再収穫時の養殖網

A : 2017年11月16日 3,045g 収穫、B : 再設置状況、C : 2018年1月24日 3,080g 再収穫

[研究情報]

課題ID : 2016水001

研究課題名 : クビレオゴノリ養殖適地に関する技術開発

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金事業

研究期間 : 2016~2018年度

研究担当者 : 井上 顕、石川貴宣

発表論文等 : 井上 顕 (2017) 沖縄水海技セ事報、No. 77:120-125、沖縄水海技セ事報、No. 78 (掲載予定)

(成果情報名) ヤイトハタ当歳魚における自発摂餌スイッチに対する学習能力							
(要約) ヤイトハタ当歳魚は、自発摂餌スイッチに対して、餌が出るか出ないかを、スイッチごとに区別して認識・学習することができる。							
(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	養殖	対象	ヤイトハタ	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

ヤイトハタは本県の重要養殖魚類であり、県内各所で養殖されている。魚類飼育において、給餌は重要な作業のひとつであり、現在、生産・養殖現場では、手まきまたはタイマー式の自動給餌が主流である。しかし、手まきによる給餌は、餌喰いを直接観察できる反面、時間と労力がかかり、タイマー式の自動給餌は、給餌の省力化が可能となるが、自動で設定した給餌が行われるため、給餌量の過不足が生じやすい。他方、自発摂餌は、魚が自ら給餌機のスイッチ（以下、スイッチとする）を起動させることで、その摂餌要求に応じた給餌が可能となり、飼育の省力化や効率化が期待できる手法である。自発摂餌を用いた飼育を行う上で、摂餌生態や学習能力の把握は重要であるが、魚がスイッチと給餌の関係を認識しているかを検証した事例は少ない。そこで、ヤイトハタ当歳魚について、自発摂餌に係る学習能力を調べた。

[成果の内容・特徴]

1. ヤイトハタ当歳魚は、餌の出ないスイッチより、餌の出るスイッチを選択的に起動させ、スイッチと餌の出る/出ないの関係を認識・学習することができる（図2、3；ウィルコクソン符号付順位検定、 $p < 0.01$ ）。
2. 給餌機の場所を入れ替えた場合においても、しばらくの間はそれまで餌が出ていた側のスイッチを起動させるが、約9時間後にはスイッチと餌の関係を学習し、新たに餌が出る側のスイッチを起動させるようになる（図4）。

[成果の活用面・留意点]

1. 試験は、屋内円形1kL水槽に日齢254のヤイトハタを100尾収容し（飼育密度6.8kg/m³）、自動摂餌システム2台を設置して行った（表1、図1）。餌はマダイ用EPを使用した。
2. スイッチと給餌機の位置関係により、スイッチ起動後、水中に散った餌を摂餌しながら、スイッチを引っ張る現象がみられたため、10分以内の再起動については、偶発的な連続起動とみなし、解析から除外した。
3. 当該技術を含め、ヤイトハタの摂餌生態情報を集積していくことで、生産や養殖現場における給餌方法の改善等に大きく寄与できる。

[残された問題点]

ヤイトハタ養殖における当該技術活用には、今回の試験に用いた年齢以外の魚についても、同様の学習能力を備えているか、検証する必要がある

[具体的データ]

表 1. 試験区の収容状況

試験期間	給餌機 場所替え	日齢(開 始時)	収容 尾数	報酬量	平均水温 (°C)	全長(mm)	体重(g)	肥満度
1月23日～2月6日	1月31日	254	100	0.29	22.2	151.6±20.2	68.1±25.4	18.8±1.3

※報酬量は、魚体重 1kg あたりの給餌機が 1 回の起動で出す飼料重量 (g) とし、既知の残餌が発生しにくい量に設定した。

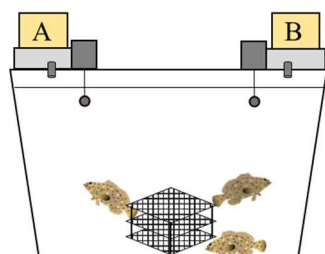


図 1. 水槽の模式図

※1kL 水槽の両端に自発摂餌装置と給餌機 (A、B)、水槽中央部にシェルターを設置した。
 ※スイッチは引っ張り式を採用した。
 ※起動回数はイベントロガーで測定した。
 ※A: 餌入、B: 空の条件で試験を開始し、場所による影響を除外するために、試験中に A と B の場所を入れ替えた。

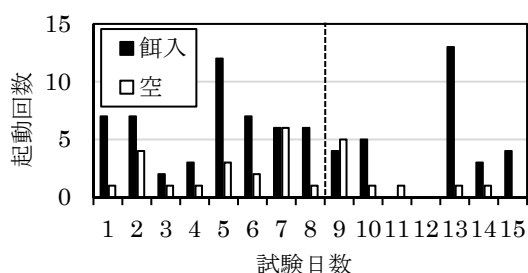


図 3. 各スイッチ起動回数の経日変化

※点線は、給餌機場所入れ替え日を示す。

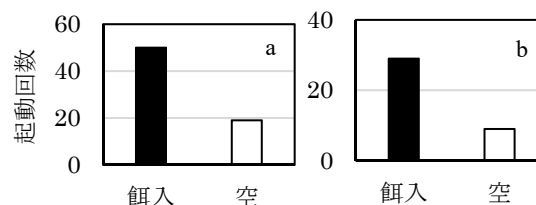


図 2. 各スイッチの起動回数の比較

※a: 給餌機場所入れ替え前、b: 入れ替え後の起動回数を示す。

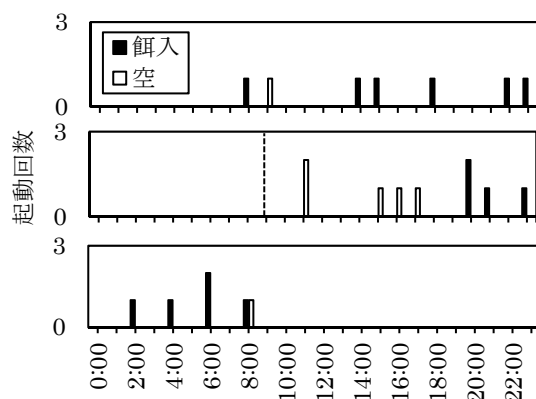


図 4. 給餌機場所替え前後の各スイッチ起動回数の経時変化

※図の上から試験 8 日目、9 日目、10 日目を示す。
 ※点線は、給餌機場所入れ替え時刻を示す。

[研究情報]

課題 I D : 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事業

研究期間 (事業全体の期間) : 2018 年度 (2015～2019 年度)

研究担当者 : 鮫島翔太、山内 岬

発表論文等 : なし

水産業分野

(成果情報名) 自発摂餌を用いたヤイトハタ当歳魚の飼料に対する選択性の評価							
(要約) ヤイトハタ当歳魚は、自発摂餌装置を用いた給餌システムにおいて、嗜好性の強い飼料が給餌されるスイッチを認識し、選択して起動する。							
(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	ヤイトハタ	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

魚類養殖において、飼料は魚の健全性や成長などに大きく影響することから、どのような性質の飼料を選択して給餌するかは非常に重要である。また、栄養価の高い飼料であっても、餌喰いが悪ければ優れた養殖成績にはなり難く、栄養価と嗜好性のバランスのとれた飼料が望ましい。しかし、魚類養殖における餌喰いの善し悪しは、単に飼料に対する嗜好性だけではなく、飼育条件や消化性などの複合的な影響が考えられ、現状では嗜好性の評価を客観的に行うことが難しい。他方、自発摂餌は、魚が自ら自動給餌機のスイッチ（以下、スイッチとする）を起動させることで、その摂餌要求に応じた給餌が可能であることから、対象魚の飼料に対する嗜好性を客観的に評価できる可能性がある。そこで、ヤイトハタ当歳魚における飼料の嗜好性に関する基礎知見を得るため、自発摂餌装置を用いて、性状の異なる飼料に対する選択性を調べた。

[成果の内容・特徴]

1. ヤイトハタ当歳魚は、EP の出るスイッチより、DP の出るスイッチを選択的に起動させ、給餌機の場所入れ替えにも対応する（図2、3；ウィルコクソン符号付順位検定、 $p < 0.01$ ）。
2. ヤイトハタ当歳魚は、スイッチと飼料の種類を認識し、嗜好性の強い飼料を自発摂餌する。

[成果の活用面・留意点]

1. 試験は、屋内円形 1 kL 水槽に日齢 291 のヤイトハタを 100 尾収容（飼育密度 7.8 kg/m³）して行った（表1、図1）。飼料にはマダイ用 EP と県産 DP を用いた。
2. 供試魚に EP と DP を馴致させるため、両飼料を混ぜた手まき給餌を、試験開始前 1 カ月間、実施した。
3. スイッチと給餌機の位置関係から、スイッチ起動後、水中に散った飼料を摂餌しながら、スイッチを引っ張る現象がみられた。そこで、10 分以内の起動については、偶発的な連続起動とみなし、解析から除外した。
4. EP と DP は飼料の性質が著しく異なるため、類似性の高い飼料間での選択性については、別途、検証する必要がある（表2）。
5. ヤイトハタ養殖の高度化を図る上で、自発摂餌を用いることにより、嗜好性のより強い飼料の選定・開発や、既存飼料の改良等に応用できる。

[残された問題点]

飼料の選定・開発を行う上で、ヤイトハタがどのレベルまで嗜好性を示すのか、確認する必要がある。

[具体的データ]

表 1. 試験区の収容状況

試験期間	給餌機 場所替え	日齢(開 始時)	収容 尾数	報酬量	平均水温 (°C)	全長(mm)	体重(g)	肥満度
2月28日~3月18日	3月11日	291	100	0.51	22.9	164.6±14.7	78.1±20.5	17.1±1.1

※報酬量は、魚体重 1 kg あたりの給餌機が 1 回の起動で出す飼料重量 (g) とし、EP と DP の報酬量は同量とした。

表 2. 飼料の比較

	成分組成(%)				原料(%)		物性(平均±標準偏差)			
	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	動物性飼料	穀類	長径(mm)	短径(mm)	重量 (g/10粒)	沈降速度 (cm/秒)
EP	44<	12<	2<	15<	50	13	6.62±0.21	6.28±0.55	2.05±0.04	7.64±1.72
DP	43<	8<	2<	15<	86	8	6.84±1.97	4.26±0.65	0.98±0.09	7.13±1.78

※飼料の長径および短径は、それぞれ 100 粒を計測し、重量は 50 粒あたりの重量を 10 回計量し求めた。

※沈降速度は、水深 30 cm のメスシリンダーに、高さ 15 cm から飼料を落とし、水面から底につくまでの時間を 10 回測定し求めた。このとき、塩分は 33.8 %であった。

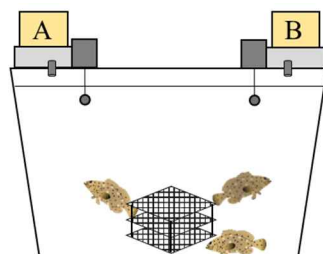


図 1. 水槽の模式図

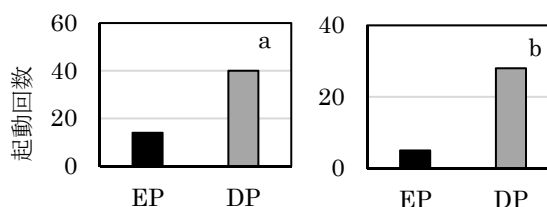


図 2. 各スイッチの起動回数の比較

※1 kL 水槽の両端に自発摂餌装置と給餌機 (A、B)、水槽中央部にシェルターを設置した。

※スイッチは引っ張り式を採用した。

※起動回数はイベントロガーで測定した。

※A: EP、B: DP の条件で試験を開始し、場所による影響を除外するために、試験中に A と B の場所を入れ替えた。

※a: 給餌機の場合入れ替え前、b: 場所入れ替え後のスイッチ起動回数を示す。

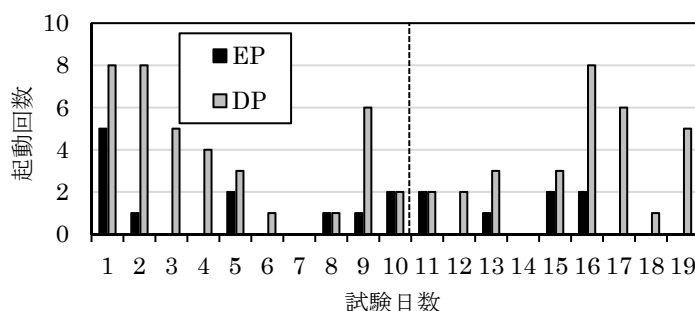


図 3. 各スイッチ起動回数の経日変化

※点線は、給餌機の場合入れ替え日を示す。

[研究情報]

課題 I D : 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事業

研究期間 (事業全体の期間) : 2018 年度 (2015~2019 年度)

研究担当者: 鮫島翔太、山内 岬

発表論文等: なし

水産業分野

(成果情報名) 八重山海域における沿岸漁業者の経営収支パターン							
(要約) 八重山海域でサンゴ礁性魚類を漁獲する沿岸漁業者の経営パターンを主な収入元別に分類すると、沿岸漁業専業、沿岸漁業+漁業外収入、沿岸漁業+海藻養殖の3パターンに大別される。沿岸漁業+海藻養殖の複合経営は、漁獲圧を低減しつつ収益率も高いことから、資源管理における一つの有望パターンに位置づけられる。							
(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	資源管理	対象	沿岸漁業全般	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

八重山におけるサンゴ礁性魚類の漁獲量は1991年の764トンピークに、2018年は165トンまで減少している。これらの沿岸資源を持続的に利用するため、漁業者、漁協および研究機関では、様々な資源管理の取り組みを行っている。しかし、これまでの管理策は主に漁獲圧の軽減が目標とされており、現在の操業形態が将来まで持続可能か、漁家経営の観点からの検討はほとんど行われてこなかった。また、漁家経営に係る収支は近年多様化しており、漁協での水揚げや経費のデータのみでは、その全体像を把握することは困難であった。

今後、八重山海域でサンゴ礁性魚類を漁獲する漁業者（以下、沿岸漁業者）にとってより実効性のある資源管理策を検討するためには、漁家経営面からの課題を考慮することが重要であると考えられる。そこで、本調査では従来からの漁協の水揚げデータを集計することに加え、漁業者アンケートを実施し、沿岸漁業者の経営状況や収支構造を分析した。

[成果の内容・特徴]

1. 八重山海域で操業する沿岸漁業者の経営パターンは、主な収入内訳を基にした分類により、沿岸漁業専業（以下、沿岸専業）、沿岸漁業と漁業外収入（沿岸+漁業外）、沿岸漁業と海藻養殖の複合経営（沿岸+海藻）の3パターンに大別できる（図1）。
2. 年間操業経費（以下、経費）は、沿岸専業、沿岸+漁業外とも燃料費が全体の6割以上を占め、漁業経営に影響を与える大きな要因である。
3. 沿岸漁業者が目標とする年収（可処分所得）は、一般的な平均年収を希望する声が多く、資源管理で目標とする漁業産出額や生産量の指標となると考えられる（参考：沖縄県平均年収366万円）。また、ほとんどの漁家ではその目標年収を満たしていない。
4. 経費に対する収入の比率（収益率）の平均値（各n=2）は、沿岸専業で2.7、沿岸+漁業外で3.6であったのに対し、沿岸+海藻は6.1と、経費に対して高い収入を得ている。
5. 沿岸+海藻は、漁獲収入の減少を海藻養殖で補完することにより、漁獲圧を低減しつつ収益率が高くなる構造であることから、資源管理における一つの有望パターンに位置づけられる。

[成果の活用面・留意点]

1. 本調査は経営概要の把握を目的としており、漁船の減価償却の他、保険や労働費等の経費は計上されていない。詳細な経営解析を行う際は、これらの費用を積算する必要がある。
2. アンケート結果の公表に当たっては個人を特定しないことが前提のため、詳細については非公開とした。

[残された問題点]

特に無し。

[具体的データ]

表 1. アンケート内容

※計 22 名の漁業者（内、サンゴ礁性魚類を対象とする沿岸漁業者 18 名）から聞き取り。
 ※沿岸漁業者の操業形態は、潜水器漁業、刺し網、定置網等とする。

分野	質問項目	内容
I 共通	1 年齢	
	2 従事した漁業	種類、年代
	3 現在の漁業	種類、頻度
	4 1回あたりの操業経費もしくは数量	燃油、氷、エサ、その他資材
	5 経営体人数	
	6 年間操業スケジュール	
	7 漁業外収入の割合	用船（警戒船、外国船監視、サンゴ調査等）、観光収入等
	8 用船業務の頻度	
	9 同意確認	漁協での水揚げ実績確認の可否
	10 目標年収	
	11 経営の最も困っていること、必要な改善	
	12 現漁業の継続意思、転換希望	有無
II 漁船漁業	1 重要魚種とその理由	1～3位
	2 漁船維持費	オーバーホール頻度、オイル交換、等の頻度と一回当たりの金額
	3 出荷先とその内訳	漁協、浜売り（鮮魚店、冷凍屋）、等
III 養殖業	1 対象種とその生産額割合	
	2 出荷先とその内訳	漁協、浜売り（鮮魚店、冷凍屋）、等
	3 転業後経営状態	改善率（%）、良い点、悪い点

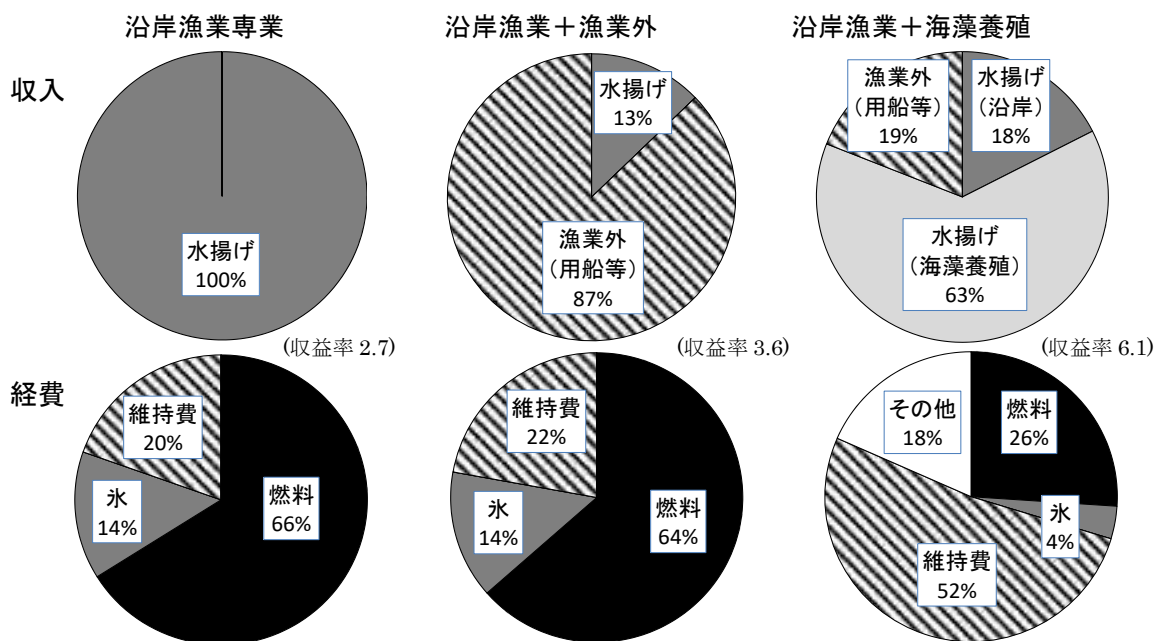


図 1 八重山海域における沿岸漁業者の経営パターンと年間収支にせめる費用の内訳

※各経営パターンは代表的な漁業者を抽出して表示。
 ※収入：水揚げ額は、八重山漁協の水揚げ実績（直近 3 年分平均）に、アンケートで得られた市場外流通割合や漁業外収入等の情報を勘案し推計。用船業務は、警戒船、外国船監視および調査用船等を含む。
 ※経費：燃料費、氷代は、操業一回当たりの経費や維持費を年間費用に換算。維持費はオーバーホール、オイル交換等のエンジン維持に係る費用を積算。

[研究情報]

課題 I D : 2016 水 005
 研究課題名 : 持続可能な漁業モデル構築事業
 予算区分 : 県単
 研究期間 : 2016～2018 年度
 研究担当者 : 須藤裕介、秋田雄一
 発表論文等 : 未定

水産業分野

(成果情報名) セロトニン塩酸塩を使ったヒレジャコ産卵誘発技術の有効性							
(要約) ヒレジャコ種苗生産において、親貝にセロトニン塩酸塩を打注することで、従来の生殖腺懸濁液による産卵誘発方法と比較して、 <u>放卵率</u> を向上させ、採卵時間を短縮することができる。							
(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	ヒレジャコ	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

ヒレジャコは平成8年度からケージ式養殖が開始され、最大で24万個の種苗要望が見込まれる重要な養殖対象種である。これまで本県では、昇温刺激と生殖腺懸濁液投与を組み合わせた産卵誘発方法（従来法）が採用されてきたが、放卵率が低く何度も繰り返して産卵誘発を行う必要があることから、貝類種苗生産現場における効率的な産卵誘発による採卵作業の労力軽減は重要な課題となっている。また、近年、本県のシャコガイ養殖業者が独自に種苗生産に取り組みだしている状況にもあり、より効率的な種苗生産技術の確立が必要であるため、国内外で実績のあるセロトニン塩酸塩打注による産卵誘発方法（セロトニン打注法）の有効性を従来法との比較により検証した。

[成果の内容・特徴]

1. 産卵誘発には、事前のカニューレションにより、成熟期卵及び発達期卵を有した親貝を用いる（図2）。
2. セロトニン打注法で使用するセロトニン塩酸塩溶液は、ろ過海水50mlにセロトニン塩酸塩（5-ヒドロキシトリプタミン塩酸塩）40mgを溶かし、使用するヒレジャコの大きさによらず0.3mlを生殖腺に注射する。
3. セロトニン打注法は、ヒレジャコにおける産卵誘発方法として、放卵率の向上（図3）及び産卵誘発に要する時間（図4）の面から、従来法より有効である。

[成果の活用面・留意点]

1. 産卵誘発手法別の放卵率は、セロトニン打注法が60%、従来法が10%であり、セロトニン打注法が有意に高かった（フィッシャーの正確確率検定 $p < 0.01$ ）。
2. 産卵誘発に要する時間について、セロトニン打注法では、1回打注若しくは2回又は3回の繰り返し打注（1回/日）により、打注後3時間以内に放卵した（図4）。従来法では、延べ8回（14日間）の産卵誘発を繰り返した上で、最終誘発後6時間経過するまで放卵は見られなかった。
3. セロトニンの繰り返し打注により親貝が死亡する場合があるので、今後、親貝のサイズや生殖腺の発達状況と、繰り返し打注との関係を精査する必要がある。
4. セロトニン打注法で放出された卵は、まれにふ化率が極端に低いことがある。
5. セロトニンを扱う際には、本薬品の使用上の注意に従い、処理した親貝は食用に供しないこと。
6. 本成果は、ヒレジャコの種苗配布を行う種苗生産機関における指導上の参考資料とする。

[残された問題点]

セロトニン塩酸塩を数日にわたって使用することで死亡する個体があることから、親貝の死亡リスクを考慮した採卵計画を立てる必要がある。

[具体的データ]

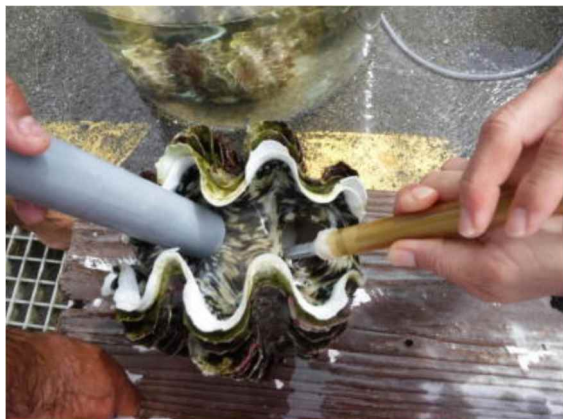


図 1. ヒレジャコ親貝のカニューレーションの様子

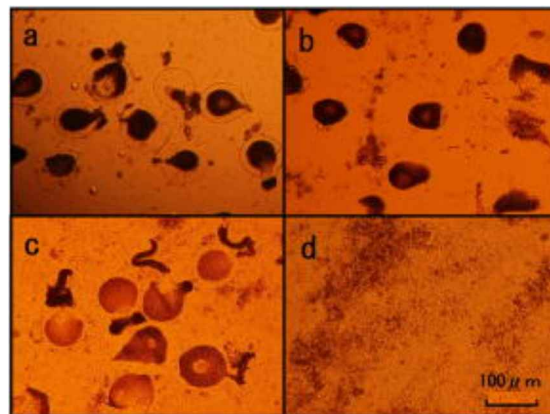


図 2. ヒレジャコ卵の発達課程
a : 発達期卵、b : 成熟期卵、
c : 放出退行期卵、d : 未成熟期

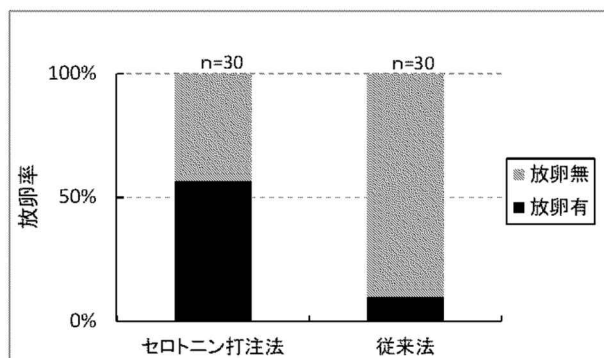


図 3. 産卵誘発 2 手法の放卵率の比較
実施日：2018 年 9 月 5 日～19 日、10 月
15 日～23 日、2019 年 3 月 25 日～29 日

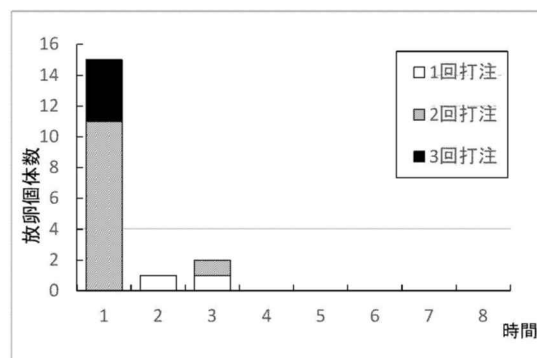


図 4. セロトニン打注後の放卵時間と放卵個体数

実施日及び供試個体数は図 3 に同じ。時間は、打注後から放卵までの経過時間。

[研究情報]

課題 I D : 2016 水 003

研究課題名: セロトニン塩酸塩を使ったヒレジャコ産卵誘発技術開発

予算区分: 県単

研究期間 (事業全体の期間) : 2018 年度 (2016~2018 年度)

研究担当者: 中村勇次、南 洋一、近藤 忍

発表論文等: 未定

水産業分野

(成果情報名) 海洋深層水を利用した稚サンゴ飼育における高水温・高濃度栄養塩対策							
(要約) 海洋深層水を使い水温を調整し、同じ水温で、 <u>栄養塩濃度</u> の異なる海水で稚サンゴを飼育した結果、 <u>栄養塩濃度</u> が高いほど稚サンゴの <u>生残率</u> は低かった。高水温時のサンゴ種苗生産では、深層水で <u>熱交換</u> して冷やした表層水で飼育し、白化を防ぐことができた。							
(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	海洋環境	対象	造礁サンゴ	分類	基礎研究

[背景・ねらい]

本県の沿岸漁業を支えるサンゴ礁の再生に寄与するため、(一社)水産土木建設技術センターとの共同研究で造礁サンゴの種苗生産技術開発を行っている。高水温時には、陸上のサンゴ飼育でもサンゴが白化し死亡することがあるため、深層水を利用して水温を下げる必要がある。

太陽光の届かない海洋深層水の深度では、植物プランクトンは光合成ができず、有機物の分解だけが進むため栄養塩濃度は高くなる。水深 612m の深層水では、硝酸態窒素やリン酸態リンの濃度は表層水の 10~20 倍である(表 1)。深層水に含まれる高濃度の栄養塩は、海藻養殖には有利であるが、サンゴには悪影響を与える恐れがある。このため、深層水の高濃度栄養塩がサンゴに与える影響を調べるとともに、その対策を検討した。

[成果の内容・特徴]

1. 種苗生産したウスエダミドリイシ (*Acropora tenuis*)

の稚サンゴを、(1)深層水で熱交換して冷やした表層水、(2)深層水と表層水を混ぜて水温調節した混合水、(3)表層水で熱交換して暖めた深層水で飼育した(右表参照)。図 1 に飼育した素焼きタイル上の稚サンゴの写真を示した。

	表層水	混合水	深層水
水温	25-27°C	25-27°C	25-27°C
栄養塩	低い	中間	高い

2. 図 2、図 3 に 2016 年、2017 年における稚サンゴの生残率の推移を示した。生残率は、(1)表層水>(2)混合水>(3)深層水の順で、栄養塩濃度が高いほど低く推移した。飼育開始から 49 日(2016 年)、56 日(2017 年)後の平均生残率には統計的に有意な差があった。

3. 栄養塩影響試験以外のサンゴ種苗生産では、夏季の高水温時に、深層水で熱交換し 28°C 程度に冷やした表層水で稚サンゴを飼育した。その結果、稚サンゴの生残率が向上するとともに、久米島海域で大規模な白化現象が発生した 2016 年夏季の高水温時でも陸上の稚サンゴは白化しなかった(図 4、図 5)。

[成果の活用面・留意点]

通常、白化を防ぐには飼育水温を 1~3°C ほど下げればよいので、久米島以外の地域でサンゴを種苗生産する際に、地下浸透海水とチタン管を使って水温を下げれば白化を防げる可能性がある。

[残された問題点]

- 骨格形成阻害など、どのような生理的メカニズムで高濃度の栄養塩が稚サンゴの生育に悪影響を及ぼすのか調べる必要がある。
- 熱交換で冷やした表層水に液肥を添加し、栄養塩濃度を調整した飼育水で試験する必要がある。

[具体的データ]

表 1. 深層水と表層水の栄養塩濃度

		単位: mg/L		
2016年	深層水	表層水	混合水	
硝酸態窒素	0.42	0.02	21倍	
リン酸態リン	0.066	0.005	13.2倍	
珪酸態珪素	3.3	<0.2	16.5倍以上	
2017年	深層水	表層水	混合水	
硝酸態窒素	0.37	0.02	18.5倍	
リン酸態リン	0.059	0.005	11.8倍	
珪酸態珪素	2.9	<0.2	14.5倍以上	

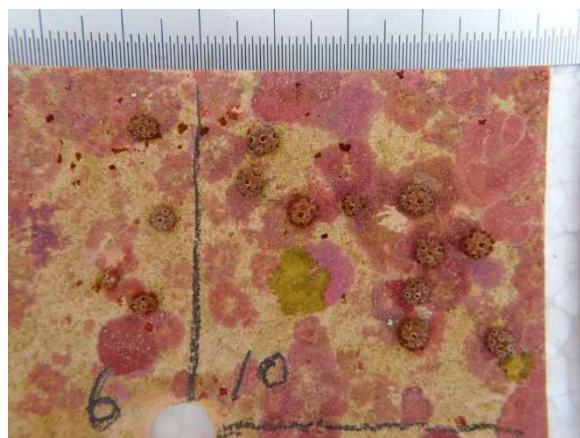


図 1. 10cm 角形タイル上の稚サンゴ(数字は生残しているサンゴの数)

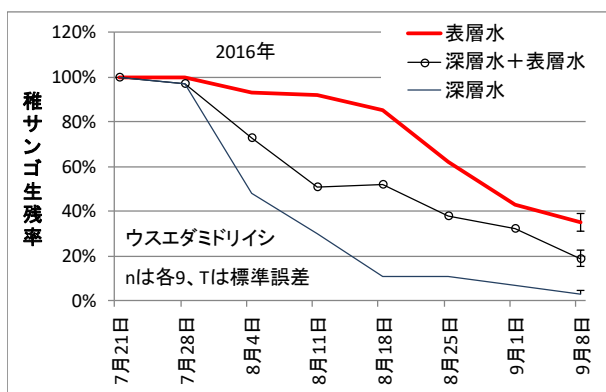


図 2. 稚サンゴの生残率推移 (2016年)

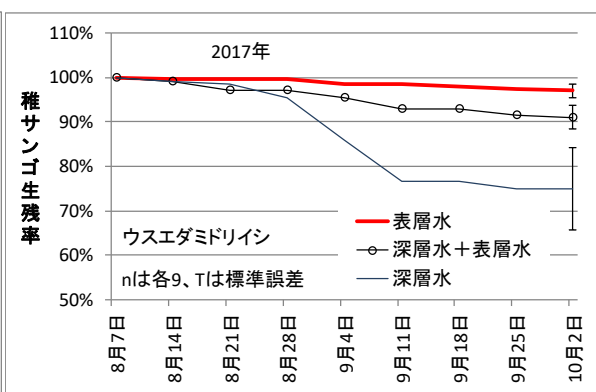


図 3. 稚サンゴの生残率推移 (2017年)



図 4. 2016年夏の久米島海域でのサンゴ白化



図 5. 受精後1年半のウスエダミドリイシ

[研究情報]

課題 I D : 2016 深 001

研究課題名: 研究課題名: 深層水を利用した有性生殖法によるサンゴ種苗生産技術の研究

予算区分: 県単

研究期間: 2016~2018 年度

研究担当者: 照屋清之介、石川貴宣、鹿熊信一郎、中村良太 (水産土木建設技術センター)

発表論文等: 鹿熊信一郎ら (2019) 沖縄深層水研報、No. 17・18 : 24-26

水産業分野

(成果情報名) 複数魚種の種苗生産に対応する循環式種苗生産技術							
(要約) 種苗生産水槽の海水を濾過沈殿槽と循環させる循環式種苗生産方法を用い、ヤイトハタ、ハマフエフキ等の魚類を生産できる。循環式種苗生産では、稼働させた濾過沈殿槽を利用し、同時又は連続して種苗生産をすることができる。							
(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	種苗生産	対象	ヤイトハタ等	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

魚類種苗を生産・譲渡する種苗生産機関では、一般的に、複数魚種の種苗生産を同時進行で、かつ生産目標数に達するまで繰り返し実施するため、飼育管理に係わる人的負担や過度な施設稼働に伴う生産経費の増大を軽減することが課題となっている。

その対策として、種苗生産時期の早期化による業務の平準化、飼育管理の簡略化及び省エネによる生産コストの低減があげられることから、これらを実現する手段として、種苗生産に使用した海水を大型の濾過沈殿槽に循環させ再使用する循環式種苗生産（以下、循環生産）の技術開発に取り組んだ。

[成果の内容・特徴]

1. 種苗生産に用いた海水を濾過沈殿槽と循環させる循環生産により、複数面の種苗生産を同時又は連続して行うことができる（図1、表1）。
2. 循環生産によりヤイトハタ・ハマフエフキ等、複数種の魚種が生産できる（表1）。
3. 濾過沈殿槽に濾材・海藻を入れることで、一般的な循環生産で備える泡沫分離装置・紫外線殺菌装置を使用せず、アンモニア態窒素濃度を2 mg/L以下に維持できる（図2）。
4. 種苗生産に使用する海水量を削減することができる（図3）。
5. 循環生産により年間電力使用量を削減することができる（図4）。
6. 循環生産により種苗生産の水質管理のために毎日1時間かけて実施する底掃除を1度の種苗生産当たり30回から1回に減らすことができる。

[成果の活用面・留意点]

1. 循環生産は、低水温期の掛流式種苗生産に比べ、水温制御に要する加温経費を抑制できる。
2. 循環生産の飼育水温は、天候の影響を受け易いため、生産時期に配慮する必要がある。
3. 濾過沈殿槽で栄養塩類を吸収させた海藻類を定期的に除去する必要がある。
4. 本技術における濾過沈殿槽の水質浄化機能は、複雑な機器を用いてアンモニア態窒素濃度を2 mg/L以下に維持する一般的な循環式種苗生産の水質浄化機能と同等である。

[残された問題点]

1. 種苗生産水槽に対して濾過沈殿槽の容積が大きいため、生物濾過能力を高めるなど濾過沈殿機能を強化し、小型化させる必要がある。
2. 循環生産における飼育水温の変動幅を抑えるために、地下浸透海水を用いるなどして水温を制御する必要がある。

[具体的データ]

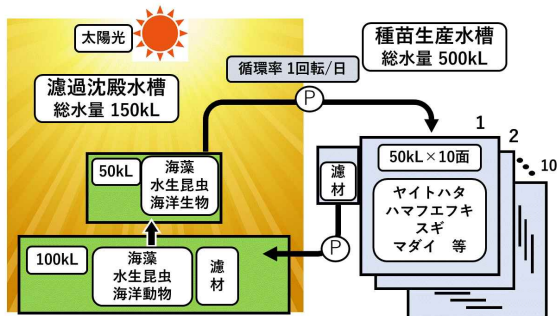


図1 循環式種苗生産の循環概念図

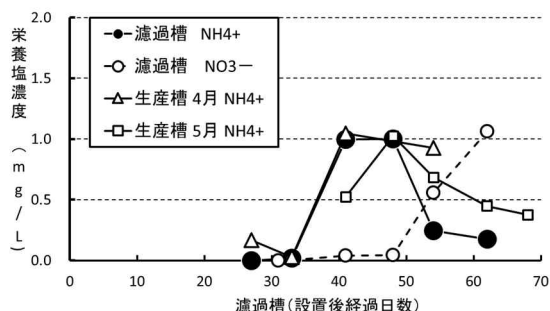


図2 ヤイトハタ生産水槽及び濾過槽の栄養塩濃度変化
2018年4～6月ヤイトハタ(7面)

表1 魚種・生産別の種苗生産結果

年	2019年													
循環生産 回目	2回目													
濾過沈殿槽 kL	150(100+50)													
生産水槽 kL	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	100	
種名	チャイロマルハタ					ハマフエフキ			ヤイトハタ					
収容 月日	2/13	3/17	3/17	3/20	3/20	4/4	4/4	4/4	4/27	4/30	5/1	5/3	5/3	5/6
取上 月日	4/1	4/29	4/27	5/5	4/30	5/10	5/13	5/10	5/30	6/12	6/1	6/10	6/10	6/20
推定生産数 千尾	33.5	11.8	6.9	34.7	23.9	21.6	26.8	5.4	14.8	88.3	3.3	16.4	22.8	116.3
生残率(仔魚) %	11.0	0.9	0.5	1.2	0.8	3.1	4.0	9.7	6.1	13.6	0.4	5.0	3.9	23.7
生産密度 千尾/kL	0.6	0.2	0.1	0.6	0.4	0.4	0.5	0.1	0.3	1.6	0.1	0.3	0.4	1.2
平均全長 mm	20.6	17.8	21.2	17.1	15.7	15.0	19.8	19.2	18.9	17.3	17.4	20.7	17.2	18.0

年	2018年					2018年				2019年			
循環生産 回目	1回目					2回目				1回目			
濾過沈殿槽 kL	150					100				50			
生産水槽 kL	55	55	55	55	55	55	55	55	55	50	100	100	100
種名	チャイロマルハタ					ヤイトハタ				スギ	マダイ	ハマフエフキ	
収容 月日	4/11	4/21	4/21	4/21	5/14	5/14	5/14	5/14	7/7	1/13	3/28		
取上 月日	5/24	6/4	6/6	6/4	6/19	6/19	6/19	6/22	8/8	2/21	5/16		
推定生産数 千尾	79.0	18.2	72.9	31.1	54.1	20.8	43.3	177.9	24.0	236.0	28.5		
生残率(仔魚) %	7.6	1.5	8.5	6.9	9.9	3.5	5.5	19.4	9.1	12.4	0.3		
生産密度 千尾/kL	1.4	0.3	1.3	0.6	1.0	0.4	0.8	2.8	0.5	2.4	0.3		
平均全長 mm	17.4	24.7	23.3	24.9	18.8	19.5	18.5	19.2	82.6	21.5	27.8		

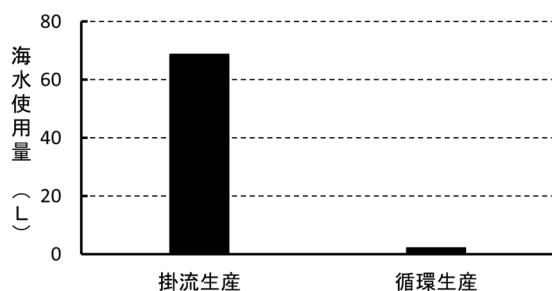


図3 ヤイトハタ種苗1尾の生産に要した海水量の比較
1997～2019年、掛流し生産18㊦年、循環生産3㊦年の平均値

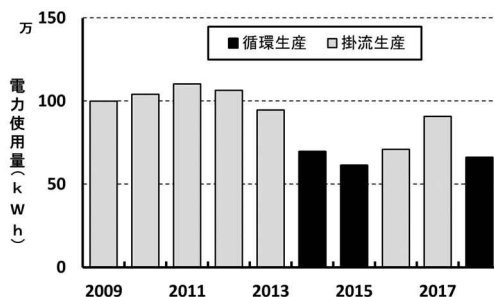


図4 栽培漁業センターの電力使用量の推移

[研究情報]

課題ID: 2015 裁001

研究課題名: 低コスト型循環式種苗生産・陸上養殖技術開発事業

予算区分: 沖縄振興特別推進交付金事業

研究期間: 2015～2018年度

研究担当者: 木村基文、山内 岬、伊藤寛治、城間一仁、善平綾乃、中村勇次、鮫島翔太、上田美加代

発表論文等: 山内 岬ら (2019) 沖縄県栽培セ事報、No30 (掲載予定)

水産業分野

(成果情報名) ケイ酸供給剤を用いる浮遊珪藻キートセラスの高密度培養							
(要約) シラヒゲウニ幼生の主餌料である <i>Chaetoceros neogracile</i> の培養に、ケイ酸供給剤を添加すると、メタケイ酸ナトリウムの添加より高密度で安定して培養できる。種苗生産の現場において 700~1,000 万 cells/mL 以上の培養が可能である。							
(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	シラヒゲウニ	分類	実用化研究

[背景・ねらい]

シラヒゲウニ幼生飼育時の主餌料である *Chaetoceros neogracile* の培養には、ケイ酸源としてメタケイ酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) を使用する。しかし、培養中の液体に沈殿物が生じたり、培養藻類の増殖不良が発生したりする問題がある。そこで、メタケイ酸ナトリウムの代わりにケイ酸供給剤を用いて、安定的な高密度培養が可能か検討した。

[成果の内容・特徴]

1. 中性の含水ケイ酸ゲルとして市販されているゲルカルチャー（富士シリシア科学株式会社）をケイ酸供給剤に用いた。
2. ケイ酸源の添加量と試験区を表1のとおり設定し、培養試験を4回実施した。
3. 培養開始時の *C. neogracile* の密度は 50 万 cells/mL 程度とし、照度は白色蛍光灯で 1,300~1,600lx、24.0~25.6℃の水温で 20~27 日間通気培養した。
4. *C. neogracile* を 3L および 5L 丸底フラスコで、90%精密濾過海水に藻類培養液 KW21（第一製網株式会社）を添加して培養すると、ケイ酸源としてメタケイ酸ナトリウムを用いた区（メタ区）よりも、ゲルカルチャーを用いた区（ゲル区）の方が高密度になる（図1~4）。
5. シラヒゲウニ幼生餌料として用いる *C. neogracile* を種苗生産の現場で培養したところ、メタケイ酸ナトリウムを使用した場合（図5）と比較して、ゲルカルチャーを使用した培養（図6）の方が安定的に高い増殖を示した。

[成果の活用面・留意点]

1. シラヒゲウニ種苗生産の餌料培養で使用が確認できたので、他の介類幼生飼育の餌料培養においても使用できる可能性がある。
2. 1回の幼生飼育で培養する *C. neogracile* 総量に係るケイ酸源の経費を算出すると、メタケイ酸ナトリウムは 70 円程度、ゲルカルチャーは 500 円程度である。

[残された問題点]

特に無し。

[具体的データ]

表1 試験区のケイ酸源の添加量

試験区	単位 (mg/L)	
	メタ区	ゲル区
試験 I	33	500
試験 II	33	500
試験 III	30	600
試験 IV	40	600

※肥料として、KW21を0.67~1.0ml/L添加した

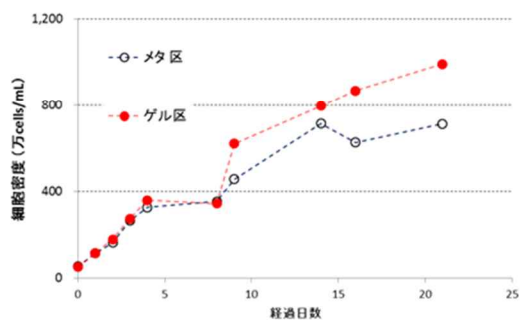


図1 試験 I の結果

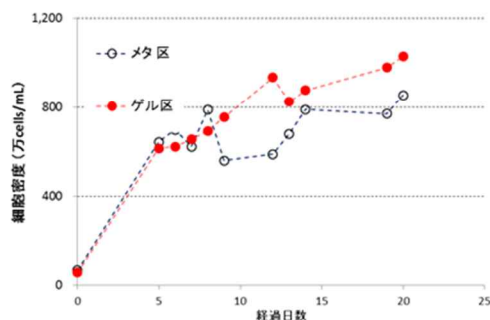


図2 試験 II の結果

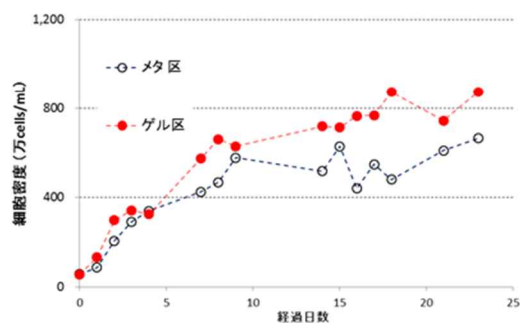


図3 試験 III の結果

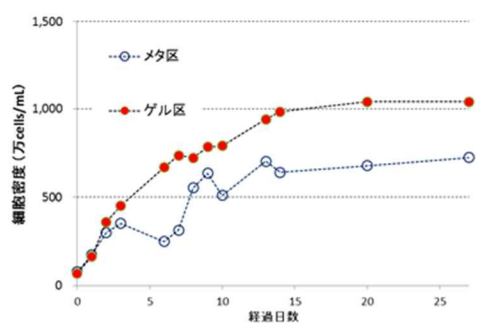


図4 試験 IV の結果

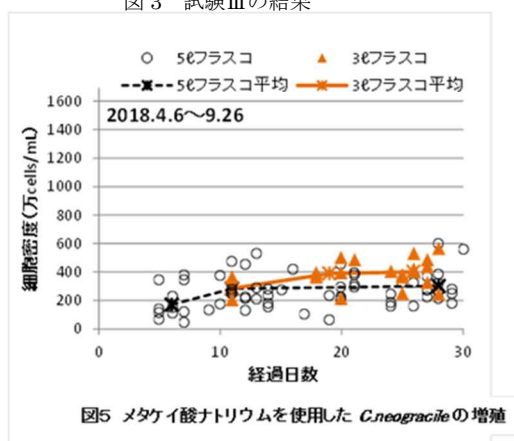


図5 メタケイ酸ナトリウムを使用した *C. neogracile* の増殖

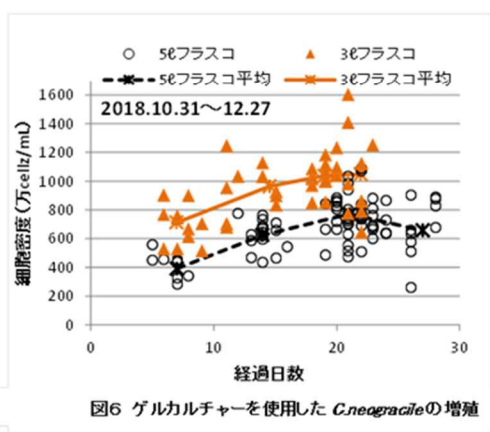


図6 ゲルカルチャーを使用した *C. neogracile* の増殖

[研究情報]

課題 I D : なし

研究課題名 : 栽培漁業センター生産事業

予算区分 : 県単

研究期間 : 2018 年度

研究担当者 : 岩井憲司、渡辺利明、山本隆司

発表論文等 : 渡辺利明ら (2019) 沖縄県栽培セ事報、No30 (掲載予定)