

# 高水温期ノリ養殖安定化技術開発試験

渡部 祐志・塩田 浩二・吉村 小輝

## 目 的

瀬戸内海の中央部に位置する燧灘は、県内で唯一のノリ養殖漁場であるが、近年、その生産量は大きく減少している。養殖ノリ減産の要因として、秋季から冬季の海水温上昇による育苗期から本養殖初期の生育不良や漁期の短期化があげられていることから、高水温下において安定生産が可能な種苗の開発とともに、養殖漁場における海況の変化を把握し、安定的なノリ養殖技術の確立を目的とする。

## 方 法

### 1 高水温耐性株の選抜育種

#### (1) 室内選抜試験

平成31年1月（海水温の平年差+1°C）に燧灘西部ノリ養殖漁場で選抜採取した、形状が良く、色の黒い葉体を用いて高水温選抜を実施した。

芽付き10個/cmに調整した4cmの採苗糸（ファイゼル100 2号）を、2mL/LのSWM-III改変培地1Lの入った枝付きフラスコに5本ずつ収容し、通気培養した。培養条件については、照度6,500lx、明期=12h、1回/週の換水とした。温度と期間については、18°C（対照区）の他、表1の条件で行った。

高水温培養終了後は、生残した葉体を18°Cで培養し、得られた正常な葉体のうち形状の良いものを選抜後、成熟するまで培養を継続した。成熟後、得られたフリー糸状体を株として保存した。

表1 室内選抜試験の培養条件一覧

培養温度および期間
26°C5週間
26°C2週間→28°C1週間
28°C1週間①
28°C1週間②

#### (2) 野外選抜試験

(1) 室内選抜試験でも用いた株（平成31年株）と、令和元年12月（海水温の平年差+2°C）に県内支柱式及び浮き流し式ノリ養殖漁場で採取した、形状が良い葉体から得られた2株（令和元年支柱式及び浮き流し株）を用いて野外選抜試験を実施した。

上記3株を用いて室内選抜試験と同条件で、2.2mの採苗糸（海苔網修理糸 テグス 二子）に4本ずつ採苗後、ノリ網に固定し、愛媛県漁業協同組合（以下、愛媛県漁協）西条支所管内の支柱式ノリ養殖漁場に張り込

み、試験を実施した。試験期間は、現場養殖網の育苗期と合わせ、令和2年10月27日から11月12日までの約2週間とした。野外試験終了後は、室内において18°Cで2週間の追加培養を行い、肉眼によって葉体を確認し、形状や葉長について比較した。

計4週間の培養後は、各試験区から形状の良い葉体を選抜し、成熟するまで培養後、得られたフリー糸状体を株として保存した。

表2 SWM-III改変培地の組成

SWM-III改変培地			
海水*	1000mL		
A液	2mL		
B液	2mL		
A液		B液 (PI-Metal)	
DW	1000mL	DW	1000mL
NaNO <sub>3</sub>	85 g	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6.184 g
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7.1 g	MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	1.089 g
NA <sub>2</sub> EDTA	5.58 g	ZnCl <sub>2</sub>	54.5mg
FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.19 g	CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	2.38mg
pH	7.5	CuCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.017mg

\*0.6μmろ過し、沸騰直前まで煮沸滅菌したもの

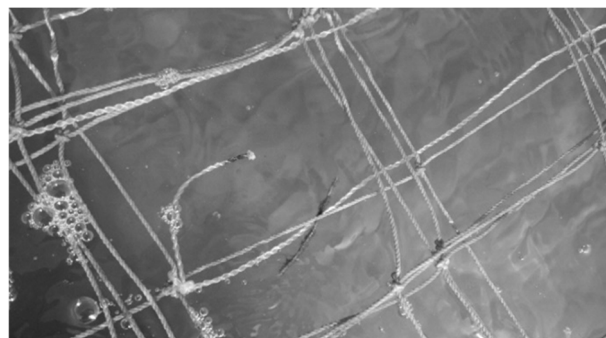


図1 西条市禎瑞地区の試験漁場（上）とノリ網に固定した採苗糸（下）

## 2 養殖漁場環境調査

愛媛県西条市沿岸のノリ養殖漁場9地点において(図2)、令和2年10月13日から毎週1回漁場環境調査を実施し、水温、塩分をAAQ175(JFEアドバンテック社製)で、表層水の溶存態無機窒素濃度(NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N)をTRAACS 800(BRAN+LUEBBE社製)で分析した。また、表層水中の珪藻細胞数についても計数した。上島町弓削(以下、弓削)及び四国中央市三島(以下、三島)から毎週1回持ち込まれるサンプルについても、同様に分析・計数を行った。なお、測定結果については「ノリ養殖漁場栄養塩速報」として取りまとめ、愛媛県漁協ノリ養殖関係支所や関係機関へFAXで情報提供するとともに、本研究所ホームページにも掲載し広報した。

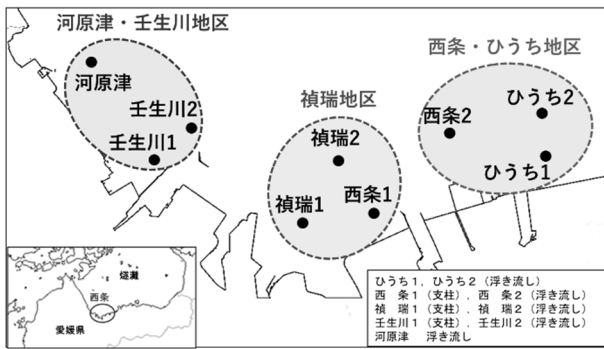


図2 西条市沿岸の調査定点

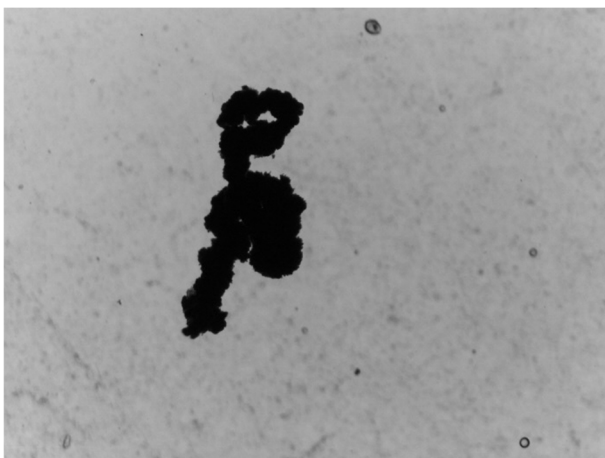
### 結果及び考察

#### 1 高水温耐性株の育種選抜

##### (1) 室内選抜試験

試験の結果は表2のとおりであった。

26°C5週間区については高水温培養終了時、葉体は全て図3左のように全体がちぢれていたが、18°C培養開始から3週間後には図3右のように正常な葉体の伸長



が確認された。そこで正常な部分を切り出して成熟するまで培養を継続し、得られたフリー糸状体を株として保存した。

26°C2週間→28°C1週間区については高水温培養終了時、全て図4左のようにわずかに細胞が確認できる程度であったが、18°C培養開始から約6週間後には図4右のように正常な葉体を確認された。そこで正常な部分を切り出して成熟するまで培養を継続し、得られたフリー糸状体を株として保存した。

28°C1週間①については高水温培養終了時、全て図5左のようにわずかに葉体を確認できる程度であったが、18°C培養開始から約3週間後には図5右のように正常な葉体を確認された。そこで正常な部分を切り出して2つに分け、成熟するまで培養を継続し、得られたフリー糸状体をそれぞれ株として保存した。

28°C1週間②についても、高水温培養終了時は①同様全て図6右のようにわずかに葉体を確認できる程度であった。しかし、18°C培養開始から4週間後には図6左のように正常な葉体を確認された。そこで、これを成熟するまで培養し、得られたフリー糸状体を株として保存した。

表2 室内選抜試験結果

選抜温度および期間	生残数 (枚)	生残率(%) (生残数/ 18°C生残数)	株数 (個)
26°C5週間	4	4.8	1
26°C2週間→28°C1週間	1	0.8	1
28°C1週間①	4	4.8	2
28°C1週間②	12	9.7	1

しかし、これらの株の高水温耐性の程度、また、生長性等については不明であるため、次年度以降の事業において、これら5株の高水温耐性評価試験を実施し、高水温耐性候補株を選定することとした。



図3 26°C5週間培養終了時(左)と18°C培養開始から3週間後の葉体(右)

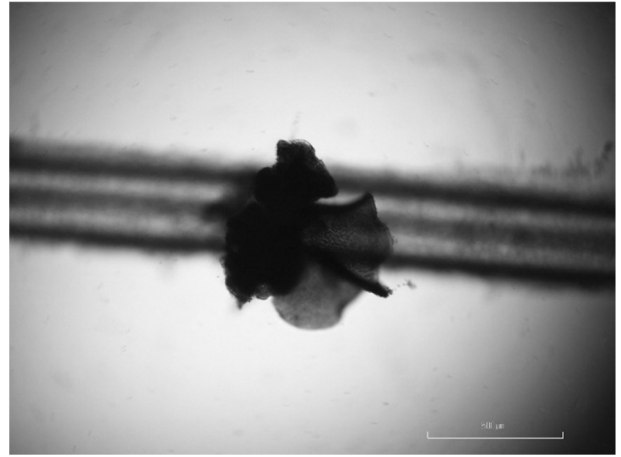
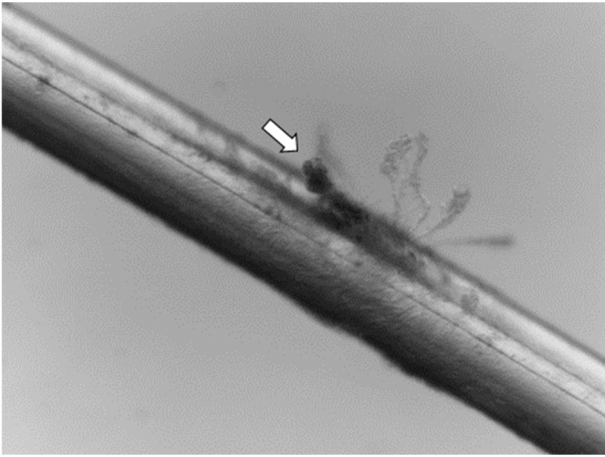


図4 26° C2 週間→28° C1 週間培養終了時 (左) と 18° C 培養開始から約 6 週間後の葉体 (右)

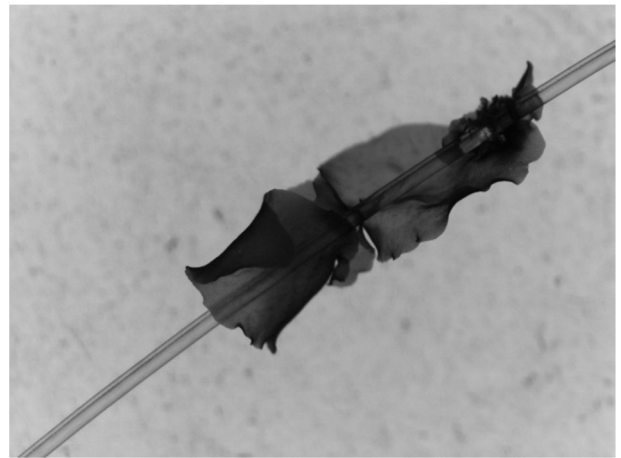
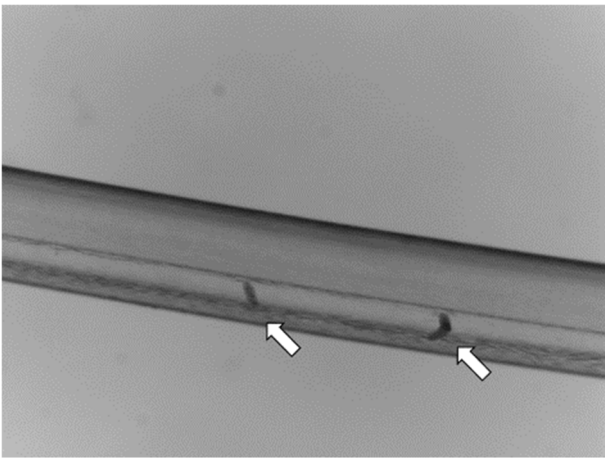


図5 28° C1 週間培養終了時 (左) と 18° C 培養開始から約 3 週間後の葉体 (右)

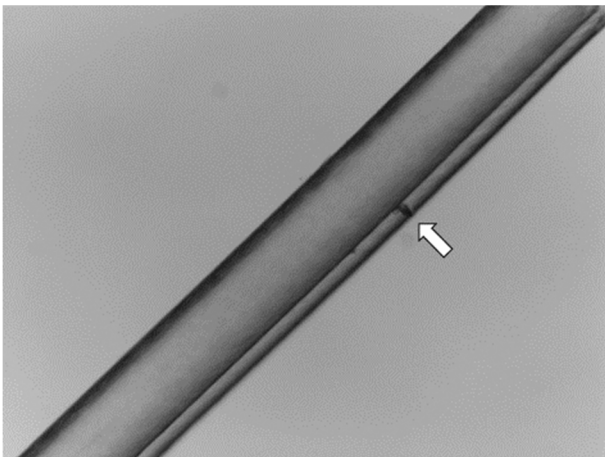


図6 28° C1 週間培養終了時 (左) と 18° C 培養開始から 4 週間後の葉体 (右)

## (2) 野外選抜試験

計 4 週間の試験結果は表 3 のとおりであった。

表 3 野外選抜試験結果

試験区	葉長 (mm)
平成31年株	14.3 ± 16.6
令和元年支柱株	15.6 ± 28.3
令和元年浮き流し株	15.1 ± 11.5
平均 ± 標準偏差 (n=32~60)	

葉体の生残枚数は、平成 31 年株 201 枚、令和元年支柱株 56 枚、浮き流し株 32 枚であった。形状に大きな差はなく、葉長についても有意差は得られなかった (ANOVA、 $F(2,141)=0.056$ 、 $p=0.946$ )。

生残した葉体については、試験区ごとに 1 枚ずつ形状及び生長の良い葉体を選抜し、成熟まで培養継続後、株として保存した。

本試験では、得られた葉体数に大きな差があったが、

これは採苗の段階で株ごとに芽付き量に差が出てしまっていたためと考えられた。このため次年度以降の事業では株ごとの殻胞子の放出数等について事前に把握し、試験時には芽付き量が揃うように対策することとした。

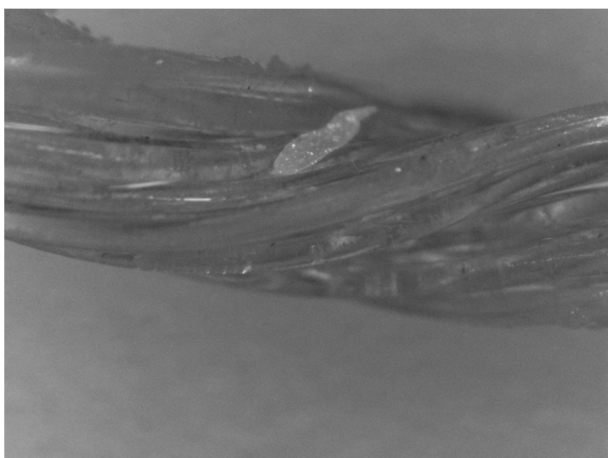


図7 試験終了時の葉体（平成31年株）

## 2 養殖漁場環境調査

令和2年10月から令和3年2月までの燧灘西部ノリ養殖漁場の水温、珪藻細胞数、溶存態無機窒素濃度の推移を図8-10に示した。

水温について、西条市沿岸では調査期間中、9.6-23.7°Cの範囲で推移した。平年（昭和56-平成22年）に比べ11月は2.3-3.2°C高く、また、2月下旬は1.5-2.4°C高かった。他の時期はおおむね平年並みであった。

弓削地区では調査期間中、9.8-25.8°Cの範囲で推移し、おおむね平年（昭和56-平成22年）並みであった。

三島地区では調査期間中、9.0-22.9°Cの範囲で推移した。平年（平成22-30年）と比べ2月中旬に1.6-2.2°C高かった。他の時期はおおむね平年並みであった。

珪藻細胞数について、西条市沿岸では10-11月中は一時的な増加はみられたが、おおむね50細胞/mL以下の低位で推移した。しかし、12-1月中旬にかけて徐々に増加し、最大883細胞/mL（禎瑞地区）となった。

弓削及び三島地区では10-11月は11細胞/mL以下の低位で推移したが、12月以降徐々に増加し、それぞれ最大300細胞/mL（弓削地区）、1,159細胞/mL（三島地区）となった。

栄養塩濃度について、西条市沿岸及び三島地区では、降雨に伴う河川水の流入による一時的な上昇はみられたが、調査期間中、全ての地区において、ノリの色落ち濃度である3.5µM以下でおおむね推移した。

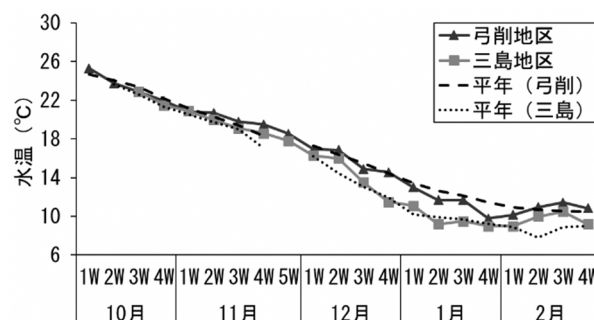
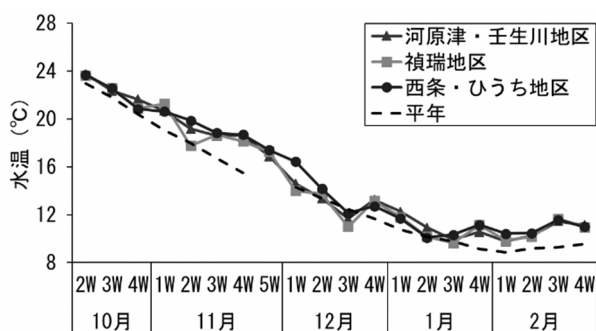


図8 西条市沿岸（左）と弓削及び三島地区（右）のノリ養殖漁場水温の推移

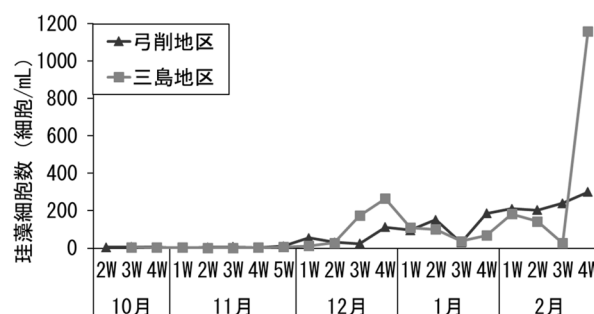
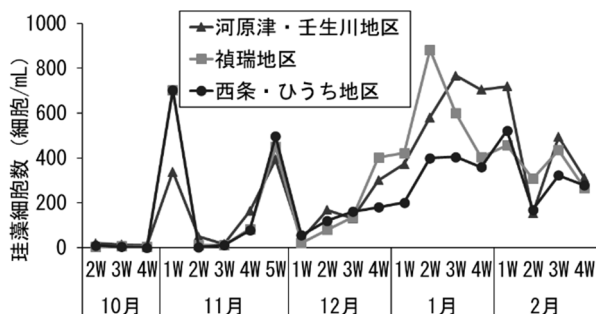


図9 西条市沿岸（左）と弓削及び三島地区（右）のノリ養殖漁場珪藻細胞数の推移

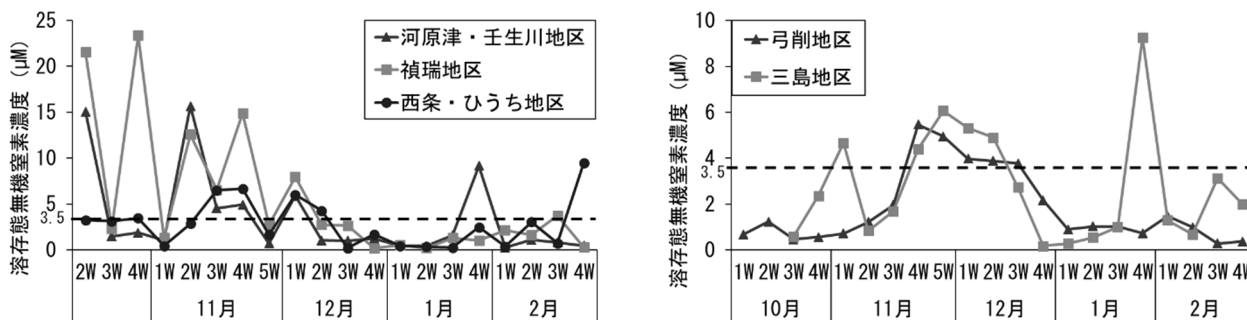


図10 西条市沿岸（左）と弓削及び三島地区（右）のノリ養殖漁場栄養塩濃度の推移

## 総括

海水温上昇による葉体の生育不良や漁期の短期化によって減少傾向にある養殖ノリ生産量の回復を目的に、平成30年度から令和2年度まで、高水温耐性を有する株の選抜試験及びノリ養殖漁場環境調査を実施した。得られた成果は以下のとおりであった。

### 1 高水温耐性株の選抜育種

平成31年1月に燧灘西部ノリ養殖漁場で選抜採取した株を用いて室内高水温選抜を実施した結果、計5株の選抜に成功した。しかし、これらの株の高水温耐性の程度や生長性については不明であるとの課題が残ったため、次事業において、高水温耐性評価試験を実施し、高水温耐性候補株を選定することとした。

また、高水温期に野外選抜試験も実施した結果、3つの株を得ることが出来たが、芽付き量が株ごとに大きく異なるという試験上の課題も残ったため、手法を再検討し、次年度以降の事業でも引き続き野外選抜を実施することとした。

### 2 養殖漁場環境調査

愛媛県西条市沿岸、上島町弓削、四国中央市三島のノリ養殖漁場調査を実施し、測定結果については「ノリ養殖漁場栄養塩速報」として取りまとめ、愛媛県漁協関係支所及び関係機関へのFAX、本研究所ホームページに掲載し、情報提供を行った。

水温については、平成30年度及び令和元年度は平年よりおおむね高めで推移したが、令和2年度はおおむね平年並みであった。

珪藻細胞数については、栄養塩濃度の上下に伴う増減を繰り返す傾向にあることが明らかとなった。

栄養塩については、西条市沿岸及び四国中央市三島では降雨に伴う河川水の流入を主な供給源としていること、全ての漁場において珪藻の増加によって低下することが明らかとなった。また、令和2年度については濃度のベースが色落ちの基準である $3.5\mu\text{M}$ を下回っており、漁場の貧栄養化が進行していることが原因であると考えられた。

これらの調査は次年度以降の事業内でも継続して行うこととした。

# アオノリ漁場生産力回復実証試験

## (漁場環境改善推進委託事業)

渡部 祐志・塩田 浩二・高島 景\*

### 目 的

燧灘西部において、3月のクロノリ養殖終了後に引き続き営まれているアオノリ養殖は、販売単価が非常に高く、重要な養殖業となっている。しかし、近年の栄養塩の低下により、クロノリと同様に品質の低下や生産量の減少が大きな問題となっている。このため、本試験ではアオノリ養殖漁場がある燧灘西部において、詳細な調査により漁場生産力低下に対する栄養塩減少の影響を明らかにすることと、本研究所で開発したクロノリ養殖漁場への栄養塩添加方法をアオノリ養殖に応用する技術を開発し、養殖アオノリの増産と品質向上を目的とする。なお、結果の詳細は、令和2年度漁場環境改善推進委託事業（栄養塩からみた漁場生産力回復方法の開発）成果報告書（令和3年3月）に、本県ほか5つの水産試験研究機関が合同で記載した。

### 方 法

#### 1 アオノリ養殖漁場モニタリング

西条地区のアオノリ養殖漁場9地点において（図1）、令和2年4月6日から毎週1回漁場環境調査を実施し、水温、塩分をAAQ175（JFEアドバンテック社製）で、表層水の栄養塩（溶存態無機窒素（NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N）、PO<sub>4</sub>-P）をTRAACS 800（BRAN+LUEBBE社製）で分析した。また、表層水中の珪藻細胞数についても計数を行った。なお、これらの測定結果については「アオノリ養殖漁場栄養塩情報」として取りまとめ、愛媛県漁業協同組合（以下、愛媛県漁協）アオノリ養殖関係支所や関係機関へ FAX で情報提供するとともに、本研究所ホームページにも掲載し広報した。

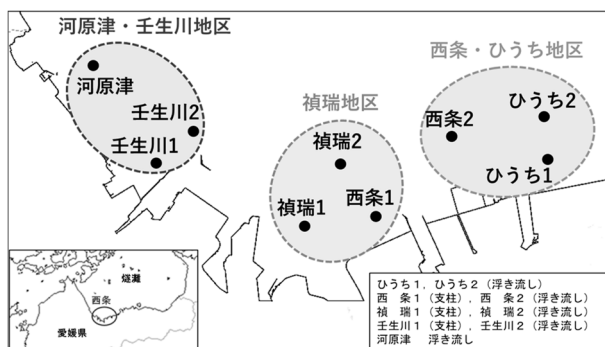


図1 調査定点

#### 2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

##### (1) 栄養塩添加技術開発

試験は、愛媛県漁協西条支所管内の浮き流し式アオ

ノリ養殖漁場において実施し（図2）、栄養塩供給源として、平成26-29年度に実施した「燧灘西部ノリ養殖場における施肥による栄養塩供給技術実証試験」においてクロノリの生長に効果が確認され、安価な8-8-8化成肥料（昭見産業株式会社製、保証成分：アンモニア性窒素：8%、リン酸：8%、カリ：8%）を用いた。試験区には対照区を含む4試験区を設定し、施肥による栄養塩添加効果と、敷網による栄養塩滞留効果及び食害防止効果を検証した（表1）。なお、試験には、令和元年12月下旬に支柱漁場で天然採苗し、令和2年3月上旬から育苗されたアオノリ養殖網4枚を使用し、期間は令和2年5月4日-14日（11日間）とした。



図2 西条市禎瑞地区の試験漁場

表1 試験区

試験区	敷網	8-8-8化成肥料
対照区		
施肥区		○
敷網区	○	
施肥+敷網区	○	○

漁場への栄養塩供給には施肥袋を用いた。施肥袋は、500gの肥料を不織布と水切りネットで包み、栄養塩の急速な溶出を抑制するため、これを上下2カ所に直径2.5mmの孔を開けたポリエチレン袋に収容して作成した。さらに、養殖網に垂下するため、これをネットに入れ、浮子とステンレスフックを取り付けた（図3）。試験区は、アオノリ養殖網1枚につき5mとし、1区につき10個の施肥袋を、養殖網へステンレスフックを引っ掛けて垂下した。なお、この施肥袋は、平成30年度の栄養塩溶出試験と、令和元年度の施肥試験の結果から、10日前後までアンモニア態窒素の残留が確認され、10日後の色調改善効果も認められている。しかしながら、前者は西条市沿岸の港内の波浪の影響が小

さい静穏域で行われたこと、また、後者は支柱式漁場で実施されたため、浮き流し式漁場と異なり、潮の干満によって施肥袋が干出する時間があったことなどから、波浪の影響を受けながら海中に垂下され続ける浮き流し式漁場で行う場合には、栄養塩溶出の持続期間が短くなることが予想された。このため、本試験では、施肥袋は試験開始の5月4日に垂下してから4日後の5月8日に1度交換を行った。

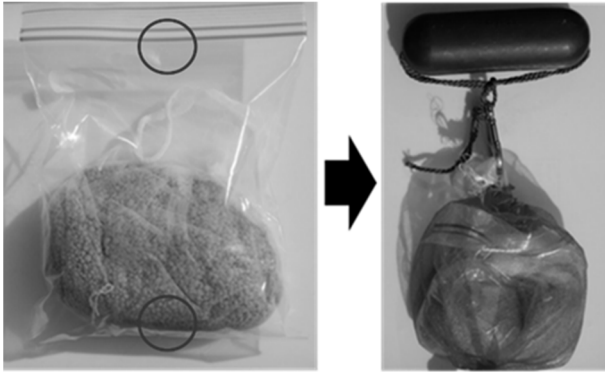


図3 施肥袋（丸：直径2.5mm 溶出孔）

また、敷網には目合い9mmのポリエチレン製ネットを用いた。なお、本試験は芽付き量や設置場所の違いなどの、試験項目以外の要因による結果への影響を減らすため4試験区×2セットで実施した（図4）。

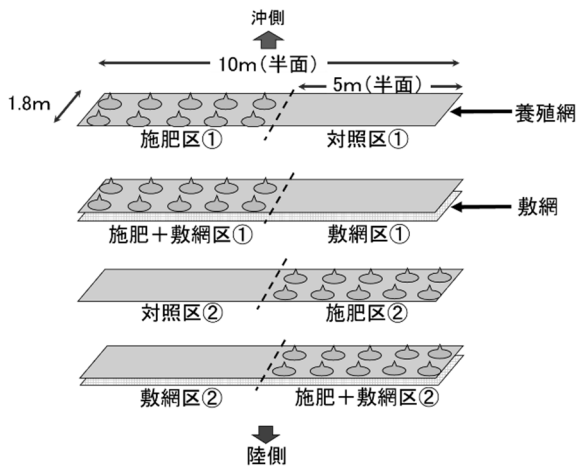


図4 試験配置図

湿重量については、コドラート（34cm×45cm）を用いて試験区ごとに計4ヶ所を摘採し、平均湿重量を養殖網1枚（1.8m×21m）あたりに引き伸ばした。また、色調については、葉緑素計（コニカミノルタ社製 SPAD-502Plus）により試験区ごとに葉体50-60枚の計100ヶ所のSPAD値の測定を行い、さらに、得られた測定値について、Kruskal-Wallis検定を行った。さらに収穫したアオノリは洗浄、乾燥後に愛媛県漁協本所西条事業部のアオノリ等級検査員により製品としての等級評価を受けた。

## (2) アオノリ食害調査

愛媛県漁協壬生川支所管内の浮き流し式アオノリ養殖漁場において、RICOH社製水中ビデオカメラ（WG-M2）を養殖網と結び付けて垂下し（図5）、タイムラプス撮影によって魚類食害の調査を行った。撮影は令和2年4月3日の12時30分-19時00分と4月9日の10時00分-19時00分に実施した。

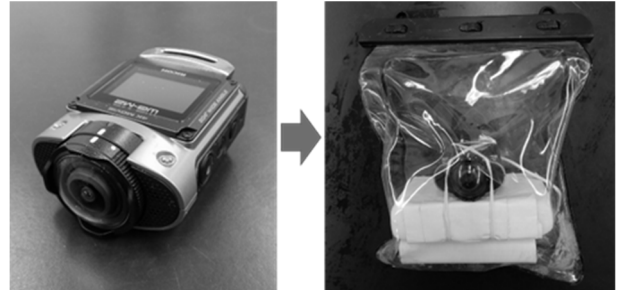


図5 水中ビデオカメラ

## 結果及び考察

### 1 アオノリ養殖漁場モニタリング

令和2年3月から令和2年5月第2週までの燧灘西部アオノリ養殖漁場の水温、珪藻細胞数、栄養塩濃度（DIN）の推移を図6-8に示した。

水温については調査期間中、各地区の漁場とも11.8-18.4℃の範囲で推移した。3月の水温は全ての漁場において、平年（昭和56-平成22年）に比べ1.5-2.3℃高く、4月以降では4月第1週と5月に平年を0.8-1.8℃上回った。他の時期はおおむね平年並みであった。

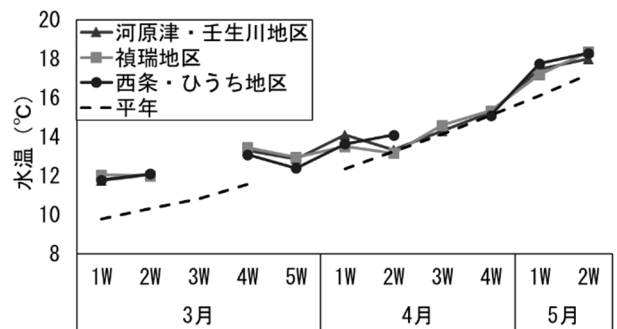


図6 アオノリ養殖漁場水温の推移

珪藻細胞数については、各地区ともに栄養塩濃度が低かった3月上旬-中旬と5月はおおむね700細胞/ml以下で推移したが、栄養塩濃度の一時的な上昇がみられた後には、珪藻も一時的に増加し、最大2,557細胞/mlとなった。

栄養塩濃度については、3月上旬は地区によって異なっていた。河原津・壬生川地区は2.1μMから1.0μMへと低下し、低濃度かつ低下傾向だった。禎瑞地区については、7.8μMから5.3μMと低下傾向だった。西条

・ひうち地区については、3.7 $\mu$ M から 10.1 $\mu$ M へと上昇し、濃度も高水準だった。3 月下旬以降は、各地区ともに同様の傾向を示し、3 月下旬から 4 月中旬にかけては、降雨に伴う河川水の流入による一時的な上昇と、珪藻の増加に伴う低下を繰り返した。4 月下旬以降は、おおむね 3.0 $\mu$ M を下回る低濃度だった。

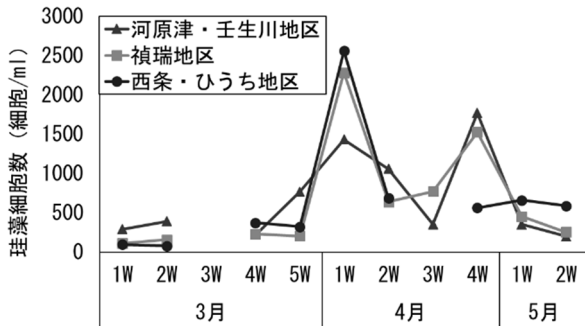


図7 アオノリ養殖漁場珪藻細胞数の推移

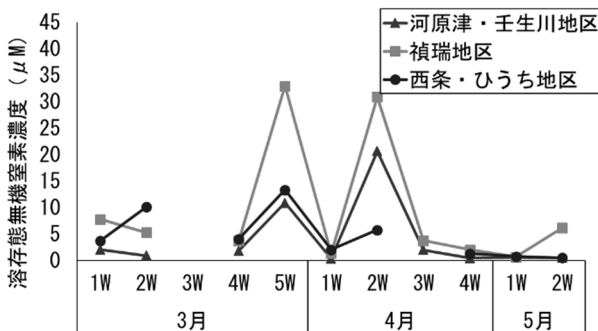


図8 アオノリ養殖漁場栄養塩濃度の推移

## 2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

### (1) 栄養塩添加技術開発

各試験区のアオノリ養殖網 1 枚 (1.8m×21m) 当たりの湿重量を図 9 に示した。

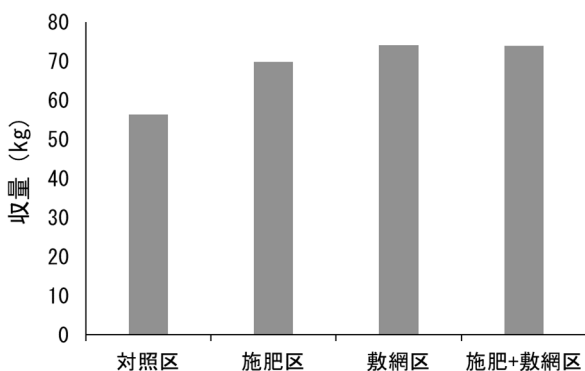


図9 試験区別の湿重量 (網 1 枚当たり)

結果は、対照区の 56.3kg に対し、施肥区で 69.6kg、敷網区で 74.0kg、施肥+敷網区で 73.8kg と、3 試験区では 13kg 以上多く、最も多かった敷網区は、対照区の約 1.3 倍の収量であった。

しかし、平成 30 年度の試験では、敷網の有無によって約 10 倍の収量差がついたことから、敷網による増収効果については、漁場の食害生物の有無や数によって変動することが予想された。このため、敷網による具体的な増収効果については、今後さらに検討する必要があると考えられた。

次に各試験区の葉体平均 SPAD 値を図 10 に示した。

対照区が 2.0、敷網区が 2.5、施肥区が 6.3、施肥+敷網区が 5.4 であった。検定の結果、4 群間に有意差がみられ ( $H(3)=94.38$ ,  $p=2.51e-20$ )、施肥を行っていない区に対し、施肥を行った区の方が、有意に値が高かった (Steel-Dwass の多重比較,  $p < 0.05$ )。

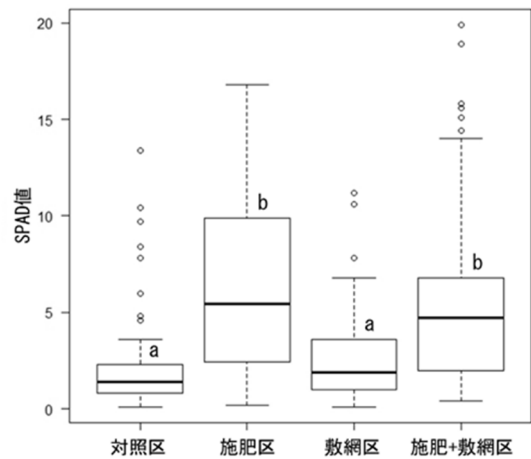


図10 試験区別 SPAD 値

しかし、各試験区のアオノリ乾燥品については、乾燥に時間がかかり、色の劣化が発生したことと、当初、試験を予定していた養殖漁場での実施が困難となり、急遽西条支所管内の禎瑞地区において漁期終盤での試験となったために、葉体の成熟が進み、葉先の白化した葉体の混入により、全体に商品価値の低い等級評価となり、試験区間の差は評価されなかった。

色調については、平成 30 年度及び令和元年度の試験においても、有意差は認められていないものの、施肥を行った区の方が SPAD 値は高くなっていったことから、施肥にはアオノリ葉体の色調改善効果があると考えられた。

また、製品の品質についても、本試験では明確な結果を得ることは出来なかったが、令和元年度の試験では施肥を行った区の方が等級は高かったことから、施肥による品質向上効果も期待できるため、今後さらに検討を重ねる必要があると考えられた。

### (2) アオノリ食害調査

2 度の撮影期間とも、魚類による食害の様子は確認できなかったが、これは、漁場は異なるものの (1) 栄養塩添加技術開発においても、対照区と敷網区間の収量差が約 1.3 倍しかなかったことから、今年度の西条市沿岸の浮き流し式アオノリ養殖漁場では食害が少なかったことが考えられた。



# サメを用いた高機能抗体作製技術開発

## (AMED 創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業)

武智 昭彦・友田 帆乃香

### 目 的

サメを用いることにより従来の技術では難しい、小さく優れた特性を持つ抗体（ナノボディ）を作製できることが知られている。サメのナノボディは、創薬や臨床検査における課題を解決できることが期待されているが、サメの捕獲や飼育環境が整っておらず研究は進んでいなかった。

そこで本研究では、ナノボディ作製の実用化に向けた技術開発を目的に、愛媛大学で開発されたコムギ無細胞タンパク質合成系を用いて生産した抗原を用いて、エイラクブカを免疫した。

### 方 法

用いたエイラクブカは、愛媛県漁業協同組合北条支所から、小型機船底びき網漁により漁獲されたものを入手し、10kL FRP 製レースウェイ水槽または 10kL コンクリート製八角水槽に収容して、ろ過海水掛け流しで飼育した。入手後の初期斃死がなくなり、配合飼料（EP）への餌付きが確認できた個体を免疫試験に供した。餌料は、配合飼料に餌付くまでは冷凍エビを併用し、餌付いた後は配合飼料を2回/日、投餌した。なお、水温が16°C以下になると斃死が増えるため、4、5

月及び12-翌3月まで18°Cに加温した。

免疫試験として、4月9日から翌3月4日の間に計8回、37尾に愛媛大学が用意した各種抗原を筋肉に接種した（表1）。その後は、2週間毎を基本に、免疫および採血（1ml程度）し、抗体価の上昇が確認できた個体は、次回測定時に全採血を行った後、脾臓を摘出してRNA抽出用サンプルとした。免疫および採血時は、500ppm 2-フェノキシエタノールで麻酔した。また、飼育中に斃死または斃死直前のサメについては、全採血と脾臓摘出を行い、愛媛大学へサンプル提供した。なお、免疫処理したサメは、背鰭に装着したイラストマー蛍光標識の数と色により個体識別した。

### 結 果

飼育結果を表1に、飼育期間中の水温を図1に示した。飼育水温は、26.1°Cから12.7°Cの間で推移し、12月23日から18°Cに加温した。

免疫した37尾のうち、抗体価の上昇が確認された17尾から脾臓を摘出した。飼育期間中の斃死は2尾であり、生残率は95%と昨年度より高くなった。

なお、9月18日以降に免疫した25尾のうち18尾の飼育を継続している。

表1 飼育結果

日付	免疫		脾臓摘出		継続飼育中(3/18現在)			
	尾数	平均体重(g)	尾数	飼育日数	尾数	平均体重(g)	飼育日数	生残率(%)
4/9	5	843	5	98-134	0			100
4/23	3	923	2	272	0			67
6/4	4	966	4	126-230	0			100
9/17	5	1,190	0		4	1,364	182	80
10/8	6	1,277	6	104	0			100
11/19	4	1,463	0		4	1,429	119	100
12/10	5	1,319	0		5	1,266	98	100
3/4	5	1,184	0		5	1,223	14	100
計	37		17		18			



図1 飼育期間中の日平均水温の推移

# アサリ増養殖技術生産性向上試験

渡部 祐志・塩田 浩二・高島 景\*

## 目 的

全国のアサリ漁獲量は昭和 58 年をピークに著しい減少が続いている。本県のアサリ生産量も同様に減少しており、県内のアサリ漁場はほとんど消失している。

このような中、本研究所ではアサリの減耗要因を調査するとともに、その対策に関する研究開発に取り組み、袋網を用いた移植技術を開発した。本試験では、このような技術を応用しながら、アサリの餌料環境改善のための施肥や施設の規模拡大による増殖効果を検証し、アサリ増殖技術の実用化及び漁場の再生を目指す。

## 方 法

### 1 被覆網による移植・施肥試験

これまで実施してきた袋網による移植や施肥に関する試験において、砂利 7kg を投入した袋網 1 個につき、100g の肥料を Φ2.5mm 溶出孔付きポリエチレン袋に収容し作成した施肥袋を 1 回/月の頻度で添加することで底質の餌料環境の改善効果及びアサリの成長、生残の向上効果が確認できている。

このため今年度は、袋網よりも規模の大きな被覆網においての前述の施肥方法の有効性を確認することを目的に、施肥の有無による被覆網内のアサリの成長、生残及び底質環境の違いについて比較試験を実施した。試験は、愛媛県西条市の高須干潟（図 1）において、対照区と施肥区の計 2 試験区を設定し、実施した。肥料にはこれまでの試験と同様、8-8-8 化成肥料（昭見産業株式会社製、保証成分：アンモニア態窒素：8%、リン酸：8%、カリ：8%）を用い、肥料 100g を不織布と水切りネットで包み、Φ2.5mm 溶出孔付きポリエチレン袋に収納した施肥袋を、溶出孔を下にして、網の上面に設置した。

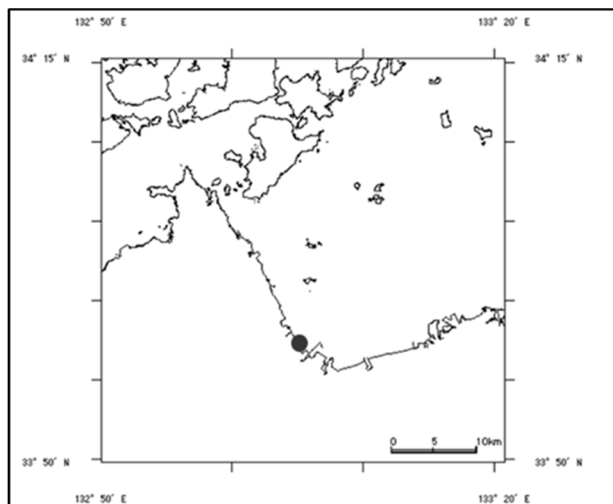


図 1 高須干潟（●）の位置図

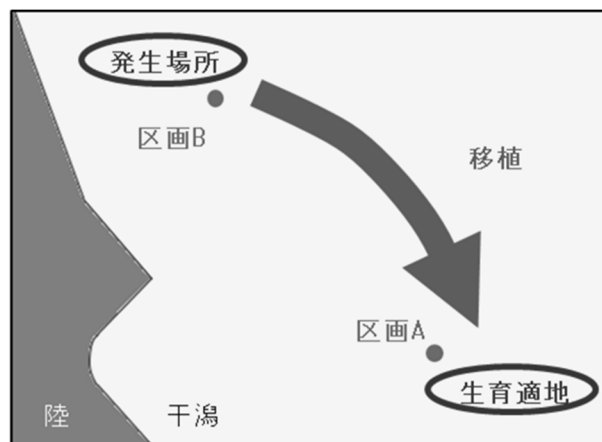


図 2 各試験場所

1 回目の試験は、干潟西側に発生した平均殻長 7.7mm の天然稚貝（1,289 個/m<sup>2</sup>）と砂利 20kg を、生育に適した干潟東側に設置した 1m×2m の被覆網内に移植する方法で行った。施肥袋については袋網時に砂利 7kg に対して 1 個設置していたことから、本試験では 3 個設置し、1 ヶ月ごとに交換した。試験期間は当初、令和 2 年 6 月 3 日から令和 3 年 3 月までの約 9 ヶ月間行う予定であった。しかしながら、10 月の時化により被覆網が干潟に埋没し、対照区のアサリが全滅したため、令和 2 年 9 月 28 日に試験を中止した。以降、2 回目の試験として再設置した。

2 回目の試験は、1 回目の試験と同じ場所に設置した 1m×1m の被覆網に平均殻長 22.9mm のアサリ 374 個と砂利 10kg を収容して 2 回目の試験を行った。試験期間は令和 2 年 11 月 13 日から令和 3 年 3 月 11 日までの約 4 ヶ月間で、施肥袋については 2 個設置し、1 ヶ月ごとに交換した。

両試験とも設置後、殻長及びクロロフィル a 量については 1 ヶ月ごとに測定し、このうち殻長については試験終了時にスチューデントの t 検定に供し、有意差についても検討した。生残率については、1 回目は令和 2 年 8 月 31 日に、2 回目は試験終了時の令和 3 年 3 月 11 日に調査した。グリコーゲン量については、1 回目は令和 2 年 7 月 30 日と 9 月 29 日に、2 回目は開始から 1 ヶ月ごとに測定した。

### 2 成貝放流・追跡調査

稚貝発生場所を有する高須干潟において、天然アサリの減耗原因の解明及び母貝放流による天然資源増大の可能性を検討するため、アサリ成貝の放流を行い、追跡調査を実施した。

令和 2 年 5 月 25 日に、平均殻長 29.9mm の成貝を 99 個/m<sup>2</sup> の密度で 4m<sup>2</sup> 区画 2 ヶ所（区画 A 及び B、図 2）

に放流し、1-2週間に1回の頻度でコドラート法による追跡調査を行った。また、区画Aには水中カメラを設置し、経過観察も行った。

### 結果及び考察

#### 1 被覆網による移植・施肥試験

1回目、2回目の平均殻長、生残率、グリコーゲン量、底泥中のクロロフィルa量の結果を図3-6に示す。

平均殻長については、1回目、2回目ともに試験期間中、おおむね施肥区が対照区を上回って推移し、1回目については有意な差は認められなかったが( $t(41)=1.073$ 、 $p>0.05$ )、2回目については終了時に有意差も認められた( $t(130)=3.691$ 、 $p<0.05$ )。

生残率については、1回目は施肥区の方が高かったが、2回目は対照区の方が高かった。

グリコーゲン量については、1回目は施肥区の方が高かったが、2回目は対照区の方が高く推移した。

底泥中のクロロフィルa量については、1回目は試験期間中、おおむね施肥区が対照区を上回って推移したが、2回目については両区で大きな差は見られなかった。

これらの結果から、施肥によって網内部の餌料環境が改善され、アサリの成長性の向上に繋がったと考えられた。一方、2回目の試験では生残率が施肥区の方が低く、グリコーゲン量も施肥区の方が低く推移したほか、クロロフィルa量については両区で明らかな差は認められなかった。このうち、生残率については、試験期間中に、網内部に天然稚貝が新たに着底し、試験に供したアサリと混在するといった問題が生じたため、殻長組成を分離する方法で、試験貝の個体数と新たに着底した貝の個体数を推定したが、精度に問題が残る結果となった。このため、次年度の事業では上記のことを踏まえて、測定やサンプリング方法等を改善したうえで再検証する。

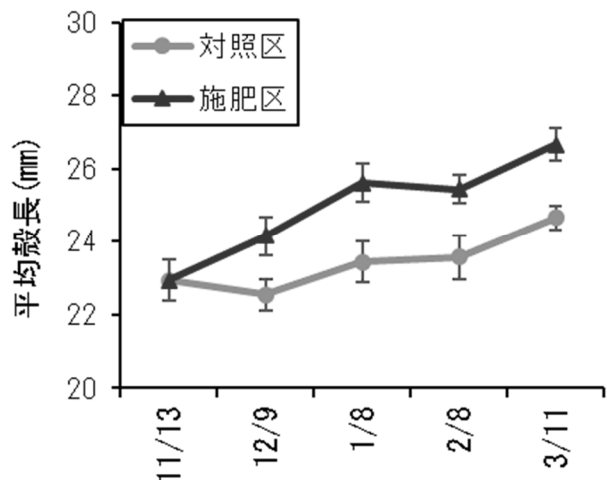
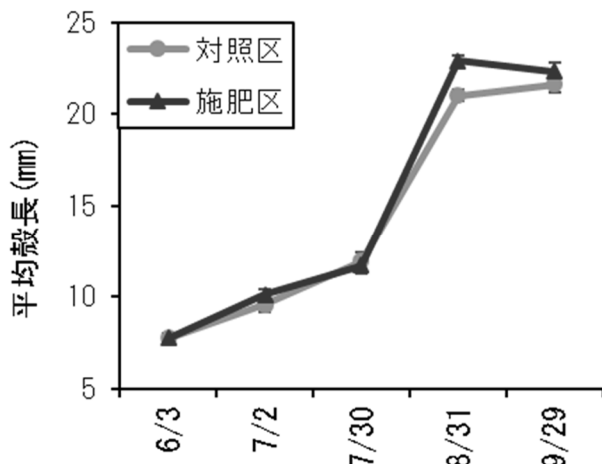


図3 1回目(左)と2回目(右)の平均殻長

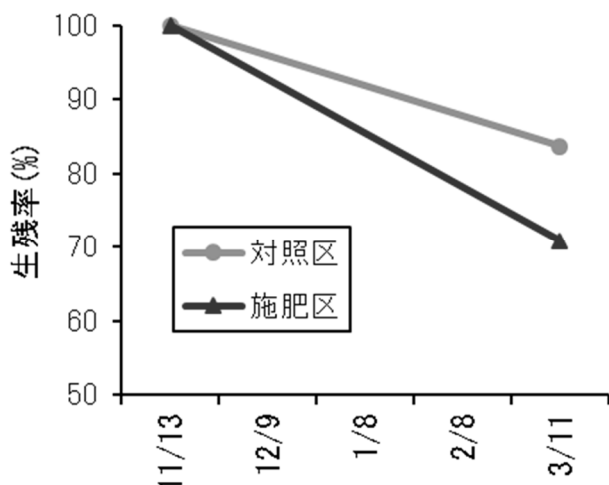
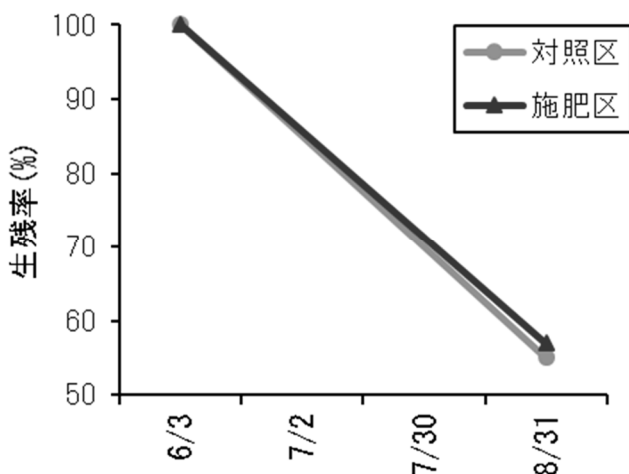


図4 1回目(左)と2回目(右)の生残率

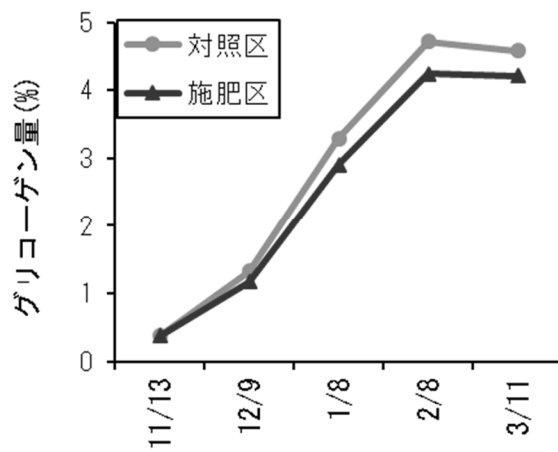
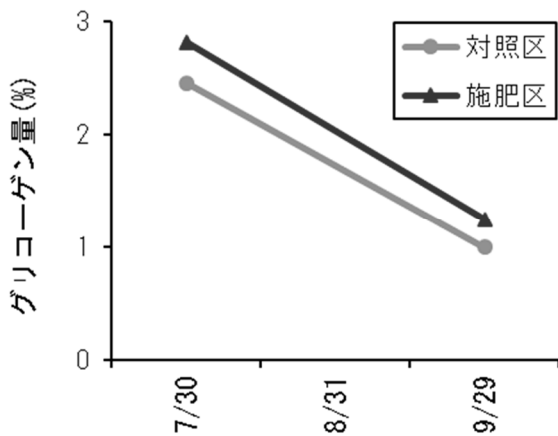


図5 1回目(左)と2回目(右)のグリコーゲン量

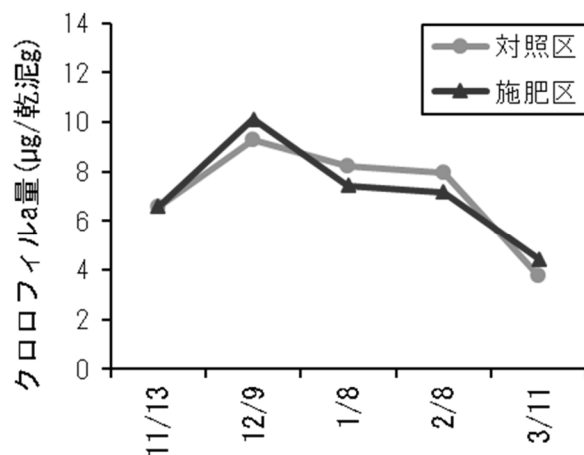
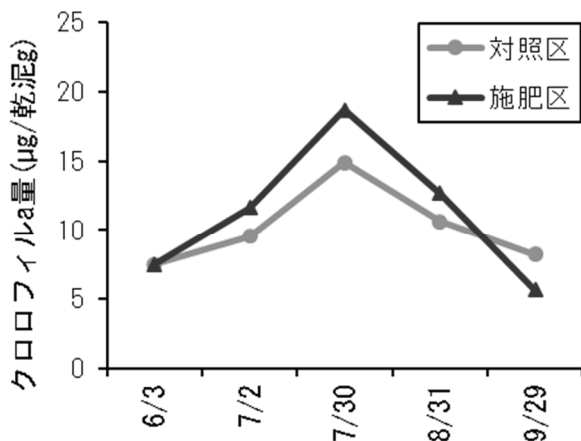


図6 1回目(左)と2回目(右)のクロロフィルa量

## 2 成貝放流・追跡調査

放流時に99個/m<sup>2</sup>であった密度は、区画A、Bともに徐々に低下していき、Aでは7月2日の調査時に、Bでは、8月31日の調査時には、生残個体が確認できなくなった(図7)。区画Aについては、水中カメラを確認したところ、試験開始の翌日からクロダイが頻繁に出現し、区画内の底質をつつく様子が記録されていたことや、現場についた跡や砕けたアサリ殻が多数確認されたことから(図8)、クロダイによる食害によって減少したことが明らかとなった。区画Bについても周辺にアサリ殻が散見されたことから、BはAよりも岸側であるためAほどではないが一定の捕食圧があり、徐々に数を減らしていったと考えられた。

これらの結果から同干潟においては、アサリ成貝を放流しても、被覆網等による保護を行わなければ、クロダイによる食害を主な原因として減少していき、約3ヶ月で生残の確認が出来なくなることが明らかとなったことから、引き続き、成貝放流・追跡調査を継続し、クロダイによる食害について、詳細に調べる予定である。

## 総 括

昭和59年以降、全国的に減少が続くアサリ資源の増養殖技術の実用化及び漁場の再生を目的に、平成30年度から令和2年度まで、袋網及び被覆網による移植及び施肥試験、被覆網による移植規模拡大試験、成貝放流・追跡調査を実施した。得られた知見は以下のとおりであった。

### 1 袋網及び被覆網による移植・施肥試験

一定の保護効果が認められている袋網について、施肥と併用する技術を開発することで、網内の餌料環境を改善し、アサリの成長、生残を向上させることを目的に試験を実施した。

愛媛県西条市内の高須干潟において、干潟西側で発生した天然アサリ稚貝と砂利7kg及び、8-8-8化成肥料100gをΦ2.5mm溶出孔付きポリエチレン袋に収納した施肥袋1個を目合い5mmの袋網に収容後、生育に適した干潟東側に設置する方法で移植し、1回/月の頻度で施肥袋を交換することで、餌料環境が改善され、アサリの成長性と生残率、活力が向上することが明らかとなった。また、この方法は、被覆網においても有効であることも確認されたが、今後、大規模な被覆網において、より効率的な施肥方法について検討する必要がある。

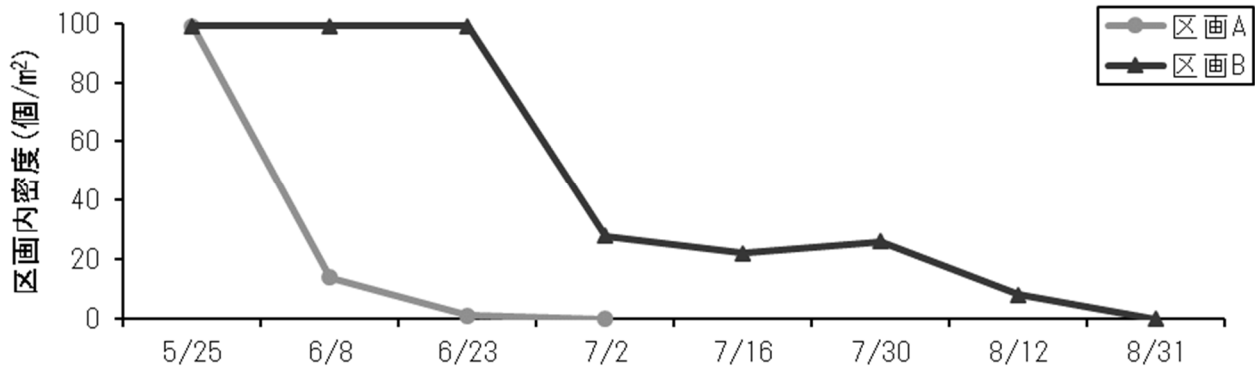


図7 区画内のアサリ密度の推移

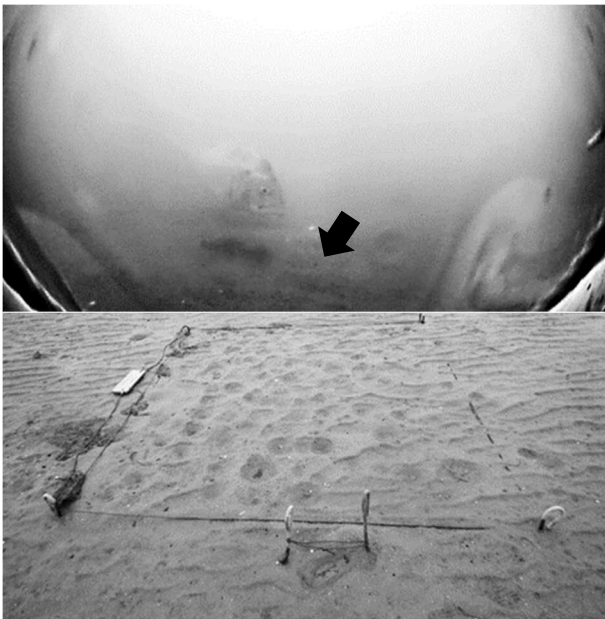


図8 クロダイと掘り返されたアサリ (矢印) (上) と区画内のつついた跡 (下)

放流による資源量増大の可能性の検討を目的に試験を実施した。

同干潟において、平均殻長約 30mm のアサリ成貝を干潟に設置した区画内に放流し、コドラート法及び水中カメラによる追跡調査を行ったところ、クロダイによる食害が発生しており、試験開始から 3 ヶ月後には生残が確認出来なくなった。このことから、被覆網等による保護を行わなければ放流しても、クロダイによる食害を主な原因として死滅するため、放流効果は低いことが明らかとなったが、今後も、調査を継続し、具体的な食害の影響について調べる必要がある。

## 2 被覆網による移植規模拡大試験

アサリ保護の効率化を目的に、袋網よりも大規模な被覆網による保護方法を開発し、試験を実施した。

6月に高須干潟において、生育に適した干潟東側に目合い 5mm の網 2 枚を重ね合わせて作成した 1m×5m の被覆網を設置し、内部に砂利 50kg と、干潟西側で発生した天然アサリ稚貝を天然環境と同密度で収容する方法で移植、保護した結果、天然環境下のアサリが 12 月時点で 0 個/m<sup>2</sup> になったのに対し、保護したアサリは出荷サイズとなる翌年 3 月まで約 3 割の生残が確認され、被覆網を用いた大規模移植による保護効果が確認されたが、現状では、移植には多大な労力がかかり、漁業収入に反映できるほどの大規模化は困難であるとの課題も残った。

このため今後は、被覆網の設置工程の簡易化、省力化について検討する必要がある。

## 3 成貝放流・追跡調査

高須干潟におけるアサリの減少原因の解明及び母貝

# 新たな養殖対象種の開発～タツノオトシゴを育てる～

友田 帆乃香・吉村 小輝

## 目 的

愛媛県ではマダイやハタ類など多くの種類の魚類養殖が行われているが、漁業者の高齢化や後継者不足が課題となっている。このような現状を踏まえて、新たな養殖対象種開発においては、労力を要せず儲かる魚種が求められている。

そこで本研究では、体長 17cm ほどになる大型のタツノオトシゴ属の一種で、観賞用や漢方薬用として高価格で取引されクロウミウマ *Hippocampus kuda* に着目し、その種苗生産技術の確立を目的に親魚養成や仔稚魚の飼育試験を行った。

なお、クロウミウマには、ワシントン条約により天然採捕個体の商取引に規制がかけられており、天然資源保護の観点から、養殖技術の確立が望まれている。

## 方 法

### 1 親魚養成

親魚は、2020 年 8 月 7 日に雌雄 5 尾ずつ、9 月 23 日に雄 3 尾を、栽培資源研究所（以下、当所）へ搬入した。飼育水槽は 150L ガラス水槽とし、親魚のストレス防止の目的で、水槽内に定位できる止まり木を設置した。飼育水には、0.5 $\mu$ m のカートリッジフィルター（株式会社アドバンテック）でろ過した海水を使用し、飼育方法は、物理ろ過及び生物ろ過を行うろ過ポンプ（エーハイムフィルター professional4+;EHEIM GmbH&Co KG）を設置した閉鎖循環方式とした。なお、水槽の掃除はサイフォンにより適宜行い、減少した量の海水を新たに注水補給し、一定の飼育水量を保持した。餌料は、クリーンホワイトシュリンプ（株式会社キョーリン）とし、1 日 2 回の飽食給餌とした。また、水槽上部に設置した照明を 9 時から 17 時まで点灯し、日長を調節した。

### 2 仔稚魚飼育

親魚水槽内で早朝に産出された産仔魚は、ピペットで回収し、50L ガラス水槽及び 30L 円形水槽に收容して飼育した。飼育は、0.5 $\mu$ m カートリッジフィルターでろ過した海水を用いた止水換水方式とし、水温が 25 $^{\circ}$ C 前後となるように水槽用ヒーターで調節しながら、毎日全換水を行った。餌料には n-3 高度不飽和脂肪酸が強化されたクロレラ（スーパー生クロレラ v-12, クロレラ工業）で培養したシオミズツボワムシ（以下、ワムシ）を使用した。なお、8 月 8 日の産仔魚（以下、8/8 産）には L 型ワムシ 10 個体/ml、8 月 12 日の産仔魚（以下、8/12 産）には S 型ワムシ 10 個体/ml、9 月 25 日の産仔魚（以下、9/25 産）には S 型ワムシ 150 個

体/ml となるよう、1 日 2 回給餌した。なお、飼育水には、ワムシの栄養価維持するためクロレラを添加した。

### (1) 産仔魚における初期餌料密度試験（試験①）

初期餌料密度の違いによる産仔魚の生残・成長への影響を検討するため、S 型ワムシを用いて飼育水中の餌料密度が、10, 50, 100, 200 個体/ml（以下、10 個体/ml 区, 50 個体/ml 区, 100 個体/ml 区, 200 個体/ml 区）に設定した 4 区を設け、比較試験を行った。試験は、9/25 産の産仔魚を、2L 水槽 4 個に各 20 尾ずつ收容し、止水換水方式で管理し、水質維持のため毎日全換水を行うとともに、ワムシの栄養価維持のためクロレラを添加した。なお、試験期間は 11 日間とし、試験開始時（0 日齢）と終了時（11 日齢）に試験魚をフェノキシエタノールで麻酔し、体長と体重を測定した。

### (2) 稚魚期における中間育成餌料試験（試験②）

アルテミア給餌期以降の中間育成餌料を検討するため、県産アミ類等を用いて比較試験を行った。試験には試験①で飼育した稚魚を供試し、11 日齢以降は S 型ワムシとアルテミアをそれぞれ 50 個体/ml、10–20 個体/ml となるよう 1 日 1 回給餌して育成した 47 日齢の稚魚を使用し、6L 角形水槽 2 面に各区 17 尾ずつ收容して行った。なお、試験区として、600–800 $\mu$ m サイズの市販の中国産冷凍コペポータ（以下、コペポータ区）と約 1mm サイズの県内の船びき網漁で混獲されるアミ類等のミンチ（以下、県産アミ区）の 2 区を設定し、それぞれ 1 日 2 回の頻度で給餌した。また、両区ともにふ化直後のベトナム産アルテミア（以下、アルテミア）が 10 個体/ml となるように 1 日 1 回給餌した。飼育水は止水とし、水質維持のため毎日全換水を行った。

試験開始時（47 日齢）に稚魚の体重を測定し、試験終了時（62 日齢）はフェノキシエタノールで麻酔して体長と体重を測定した。

## 結果及び考察

### 1 親魚養成

飼育水温は 24–26 $^{\circ}$ C、塩分は 32PSU であった。飼育期間中、クリーンホワイトシュリンプを摂餌する個体もいたが、興味を示さず摂餌を行わない個体がみられた。摂餌を行っていない個体は、産仔の形跡もなく飼育開始から 3 ヶ月後に雌 1 尾、雄 2 尾が死亡した。その後、雄では育児嚢が膨らみ異常遊泳を行う個体があり、これが原因で 4 尾が死亡した。これは、育児嚢に空気がたまっていたためであり、排出腔から空気を抜くことで改善がみられた。なお、通常は、ほとんどの個体が、飼育水槽内に止まり木として設置したプラ

スチック製の人工海藻を止に巻き付いて定位していた。

雄親魚からの産仔は、8月8日、8月12日及び9月25日の3回確認され、その尾数は、それぞれ285尾、938尾、378尾となり、合計1,596尾であった。

## 2 仔稚魚飼育

8/8産及び8/12産の仔魚生残状況を図1に示した。8/8産及び8/12産ともに10日齢までにほぼ全数が死亡した。その原因については、ワムシの給餌密度が低すぎたため、産仔魚との遭遇機会が少なく、飢餓状態が続き死亡したものと考えられた。8/8産に関しては、産仔直後に2割ほどの死亡がみられていることから、親魚の卵質や飼育環境が、産仔魚の生残に影響することも考えられた。また、9/25産は、373尾のうち43尾が産仔直後に死亡した。

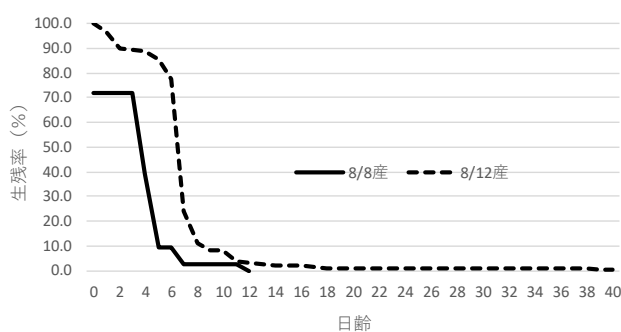


図1 8/8産、8/12産の産仔魚生残率

表1 初期餌料密度試験における産仔魚の成長

ワムシ密度	平均体長(mm)	平均体重(mg)	データ数
10個/cc	9.75	4.5	3
50個/cc	9.58	4.8	9
100個/cc	9.43	5.1	7
200個/cc	9.53	3.0	2
試験開始時(0日齢)	7.44	2.0	20

### (1) 産仔魚における初期餌料密度試験(試験①)

初期餌料密度試験の成長の結果を表1に示した。試験開始時の体長から、試験終了時まで全区で約2.0mm前後の成長がみられた。体重に関しても、全区で増重がみられ1.5-2.5倍ほどに成長していた。このことから、S型ワムシでも、産仔魚の飼育が可能なのことがわかった。なお、今回の試験では、S型ワムシの密度が、10個体/ml区と200個体/ml区では著しく産仔魚の生残数が減少し、50個体/ml区と100個体/ml区では約半数が、試験終了時まで生残していた。クロウミウマは、18日齢まで浮遊生活を送ることや、他の試験例でワムシ密度を高めることで、1回の吸引摂餌行動で複数のワムシを摂餌できることが明らかになっている<sup>1)</sup>ことから、生残率向上や成長促進を図るためには、ワムシ密度を他魚種より高く設定し、摂餌機会を増加させることが重要と考えられる。しかしながら、本試験では200個体/ml区では生残数が低く、成長もあまりみられ

ない結果となった。これは、2L水槽で試験を行ったため、S型ワムシの給餌量の増加に伴う培養水中の夾雑物や混入や残餌などによる飼育水の環境悪化が考えられる。そのため、産仔魚におけるS型ワムシ最適給餌密度は50-100個体/mlが最適密度であると考えられた。また、他所では、クロウミウマの産仔魚の飼育には、主にL型ワムシが用いられているが、培養が比較的容易なS型ワムシの有用性が示唆された。

### (2) 稚魚期における中間育成餌料試験(試験②)

試験②の生残数のグラフを図2に示した。コペポーダ区では、試験開始2日後の49日齢に摂餌が確認され、県産アミ区では、同6日後の53日齢に摂餌が確認された。その後は、コペポーダ区のほうが高い生残率を示していたが、62日齢にコペポーダ区、県産アミ区とも大量斃死がみられた。県産アミ区では全数が斃死し、コペポーダ区でも大半が斃死したため62日齢に試験を終了した。試験期間中の成長については、試験開始時にコペポーダ区では稚魚の平均体重が84.7mg、県産アミ区では78.8mgであったものが、試験終了時には、斃死個体を含めて測定を行い、平均体重がコペポーダ区で115.6mg、県産アミ区で117.2mgに成長していた。また、試験終了時の平均体長は、コペポーダ区で29.9mm、県産アミ区で31.1mmであった。これらの結果から、両区とも摂餌による成長行っていたと考えられる。両区で同時期にみられた大量斃死の原因としては、稚魚が生き餌を好むことから、冷凍餌料に対して積極的な摂餌行動がみられず、生存に必要な摂餌量及び栄養素が不足していたと考えられる。そのため中間餌料として冷凍生餌の利用が可能であるものの今後、稚魚の栄養要求まで踏み込んだ検討が必要である。

63日齢以降、雄2尾の稚魚が生残しており、当所で飼育を継続し、246日齢の体長は109.99及び82.13mmであった。Thangrajeら<sup>2)</sup>が報告している飼育環境下での雌の成熟サイズに達しているものもおり、飼育方法の改善により種苗生産技術の確立も可能であると考えられる。

現在、当所では親魚として雄2尾、雌4尾の飼育を継続しており、今後もクロウミウマ養殖の技術開発に取り組んでいく。

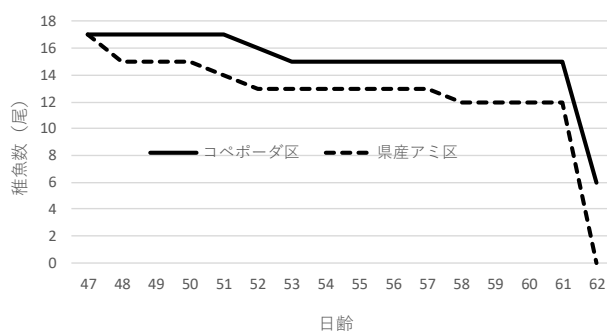


図2 中間育成餌料試験における稚魚の生残数



## 文 献

- 1) 金子 誠・斉藤 寛・秋山信彦：クロウミウマ稚魚の成長に与えるワムシ給餌密度の影響.水産増殖,63 (4) : 409-415 (2015)
- 2) Thangaraj.M.,A.P.Lipton,A.ML.Victor:Onset of sexual maturity in captive-reared endangered Indian seahorse,*Hippocampus kuda*.Current Science,91 (12) :1714-1716 (2006)