

有用水産資源増大技術開発試験

喜安 宏能・橋田 大輔・平田 伸治

目 的

近年、本県では瀬戸内海の有用な水産資源であるガザミやメバル等の漁獲量が大きく減少しており、漁業者から資源の回復を求める声が強い。これら有用資源は、稚ガニや幼稚仔魚時に、沿岸から流出した浮遊海藻（流れ藻）で生育することが知られているが、近年、藻場の消失に伴い流れ藻が減少し、このことが有用水産資源の生活環を途切れさせ、再生産を阻害している可能性がある。

そこで、本事業ではガザミ等の付着生物を指標として、有用水産資源に対する流れ藻の影響を調査するとともに、複数の素材で人工流れ藻を試作し、その有効性を検証する。

方 法

1 瀬戸内海流れ藻調査

当研究所では、平成9-11年にかけて行われた「ガザミ資源有効利用技術開発試験」の中で、燧灘海域の流れ藻調査に取り組んだ¹⁻³⁾。しかし、それ以降は調査が実施されていないことから、近年の伊予灘・燧灘海域における流れ藻の発生状況及び、有用水産資源への影響を明らかにするため、昨年度に引き続き、流れ藻調査を行った。

調査実績を表1、調査海域を図1に示す。伊予灘海域では、4月19日から7月15日までの間に8回、燧灘海域においては4月22日から8月24日までの間に5回、各海域で流れ藻が発見できなくなるまで調査を行った。調査は、当研究所の調査船「ゆり」または「ひうち」により、海域内を航行し、流れ藻が多く集積する潮目や場所を目視確認する方法で行った。発見した流れ藻は基本的に全て、たも網（目合い1mm）で回収し、現場で藻類の重量を測定するとともに、付着生物を84%エタノール（サルボコール86EX、西日本薬業）で固定して持ち帰り、種の同定、個体数の計数及び重量等の測定を行った。

表1 流れ藻調査実施日

	調査日								計	
伊予灘	4/19	4/22	4/25	5/11	5/20	6/2	6/27	7/15	8回	
燧灘		4/22			5/20		6/27	7/26	8/24	5回

付着生物は、ガザミ類（ガザミ科）と他の魚介類に分類したほか、それらの餌料生物と考えられる小型の付着生物（ヨコエビ類、ワレカラ類、等脚類、多毛類、扁形動物、その他の甲殻類）に分類した。このうち、ガザ

ミ類は個体数、全甲幅長（稚ガニ期以降）、個体ごとの湿重量を測定し、その他の魚介類は個体数と全長及び湿重量、小型の付着生物については個体数と分類ごとの湿重量を測定した。なお、ガザミ類のメガロパと稚ガニの同定は（株）日本海洋生物研究所に依頼した。

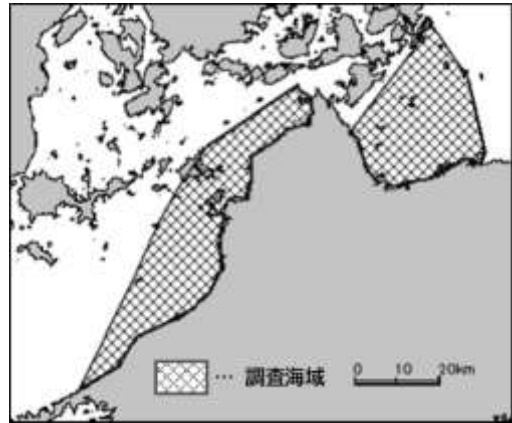


図1 流れ藻調査海域

2 人工流れ藻効果検証試験

ヒジキを長さ1m、幅0.6mに切り出し、目合16mmのネット袋に収容して対照として用い、麻（麻布）、杉葉、紙産業技術センターより提供された生分解性耐水加工紙（以下「加工紙」という）を素材として、ヒジキと同サイズの人工流れ藻をそれぞれ作製した（図2）。試験は10トン水槽（実水量9.0トン）を用い、各人工流れ藻を同一水槽内に3基ずつ設置し、稚ガザミを評価対象としてC1ガザミを人工流れ藻1基あたり625尾となるよう収容した。

試験は6月23日から7月29日までの37日間実施し、期間中に計3回、付着数の計数と全甲幅長の測定を行った。



ヒジキ（対照）



麻（麻布）



杉葉



加工紙

図2 ヒジキ及び人工流れ藻

3 人工流れ藻設置試験

人工流れ藻の機能を検証し、最適な素材を選定するため、当所地先の森漁港内筏にヒジキや人工流れ藻を設置し、稚ガザミ及びその他の付着生物を評価対象として試験を実施した。

なお、波浪や潮流の影響を軽減し、稚ガザミの逸散を防止するため、筏に4m×4m×3mのモジ網(90径)の生簀網を設置し、その上部に張ったロープに前述の効果検証試験と同様に作製した人工流れ藻及びヒジキを固定する方法で試験を実施した。ヒジキや人工流れ藻はそれぞれ4基ずつ設置したが、人工流れ藻については、稚ガザミの餌料となる小型生物を付着させる期間を確保するため6月13日に設置した。一方、ヒジキは6月23日に設置し、この時点で、C1ガザミをヒジキと各流れ藻1基あたり625尾となるよう生簀網内に収容して試験を開始した。試験は7月28日までの36日間行い、期間中に計4回、稚ガザミの付着数を計数するとともに、全甲幅長を測定した。

また、有用水産資源に対して人工流れ藻が機能するか検証するため、漁場においても試験を実施した。

西条市の高須干潟沖の図3の地点にブイ、ロープ、錨を設置し、そのロープに効果検証試験と同様にヒジキ及び人工流れ藻を固定し、試験を行った。各流れ藻は4基ずつ設置したが、人工流れ藻については、稚ガザミの餌料となる小型生物を付着させる期間を確保するため6月17日に設置し、6月23日にヒジキを設置し、これと各人工流れ藻に1基あたり625尾となるようC1ガザミを放流し、試験を開始した。試験は8月24日までの63日間行い、付着生物の種の同定、個体数の計数及び湿重量等の測定を行った。



図3 人工流れ藻設置地点(●)

結果及び考察

1 瀬戸内海流れ藻調査

伊予灘、燧灘両海域における月ごとの流れ藻採集地点を図4に示す。

流れ藻は、沿岸域や島嶼部周辺に分布する傾向にあり、沖合域には少なかった。昨年度の調査同様に、潮目で海藻同士が絡まって漂っている様子が確認された。

なお、伊予灘における8月の調査は実施できなかったが、燧灘においても、8月24日の最終調査日には全く流れ藻が確認できなかった。

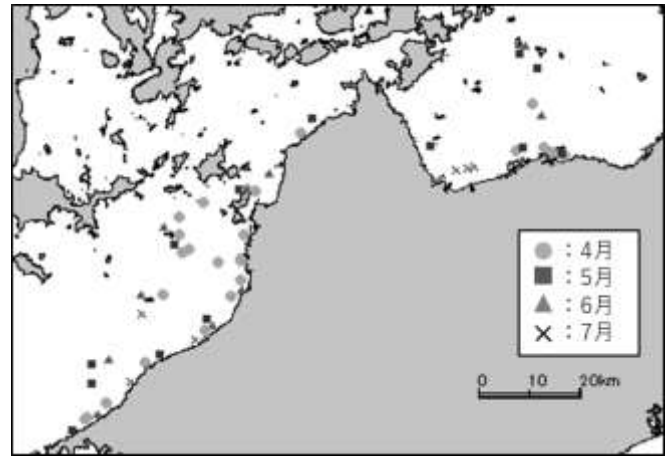


図4 流れ藻分布図

流れ藻の構成種について、月ごとの流れ藻の海藻種の出現割合を図5に示す。伊予灘では、4月から6月にかけてアカモクの割合が最も高かったが、7月には減少し、ヒジキ及びノコギリモクの割合が増加した。タマハキモクについては出現割合の大きな増減はなく、4月から7月にかけてみられた。なお、アマモについては、平成28年度から令和元年度に実施した藻場調査において広範囲にアマモ場が確認されており⁴⁾、また、瀬戸内海においてアマモは初夏から晩秋まで流れ藻の主体となることが観察されている⁵⁾。しかし、昨年度の調査では5月から流れ藻としてみられたものの、今年度は6月に確認されたのみで、7月は観察されなかった。アマモ場における繁茂状況は、年により増減があるため、本年は流れ藻の供給源であるアマモの繁茂量が少なかった可能性が考えられた。

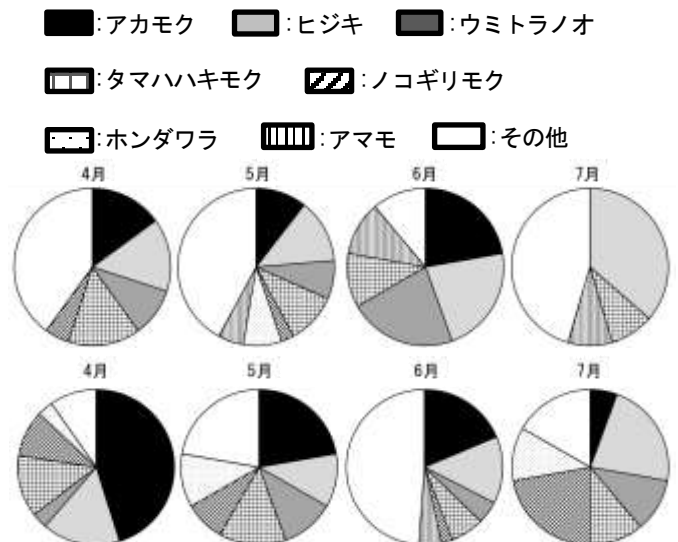


図5 流れ藻構成種(上:伊予灘、下:燧灘)

燧灘では、4月から6月にかけてアカモクの割合が高かったが、7月には確認されなかった。ヒジキは4月から出現しており、7月には優占した。アマモについては昨年度の調査では4月から確認されていたが、今年度は5月から観察された。このことから伊予灘と同様にアマモの繁茂量が少なかったものと推察される。

月ごとの調査あたり流れ藻採集量を図6に示す。伊予灘の4、5及び6月についてはそれぞれ調査あたりの採集量を平均した。

各月とも燧灘と比較して伊予灘で多く確認され、6月及び7月は燧灘の約3倍の採集量であった。これは、両灘におけるアカモク、ヒジキなどのガラモ資源量の違いを反映していると考えられる。実際、平成28年度から令和元年度にかけての藻場調査で、伊予灘では沿岸域及び島嶼部に広くガラモが確認されているのに対して、燧灘におけるガラモの分布は島嶼部の東部周辺に限られている⁴⁾。伊予灘では沿岸域及び島嶼部に岩礁や転石域が広がるが、燧灘では沿岸から砂泥域が広がっており、後者ではガラモの生育場所は限定されると考えられる。こうした沿岸環境の違いを反映したガラモ資源量の違いが、流れ藻採集量の多寡に反映されたものと推察された。

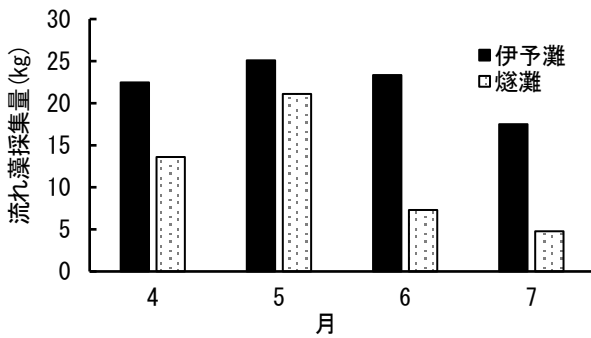


図6 調査あたりの流れ藻採集量

伊予灘及び燧灘それぞれの小型生物付着状況について、月ごとの流れ藻1kgあたりの生物重量密度を図7及び8に示した。伊予灘の4、5及び6月についてはそれぞれ調査ごとの生物重量を平均し、その月の重量とした。

小型付着生物の構成種は伊予灘においてはヨコエビ類主体で推移したが、燧灘においては4月と5月はワレカラ類が主体であり、6月と7月にヨコエビ類が多く確認された。また、小型生物付着密度は伊予灘では0.18–0.50g/kgで推移したが、燧灘では1.22–4.93g/kgで推移し、高い結果となった。前述のとおり調査あたりの流れ藻採集量はいずれの月も伊予灘が多かったことから、燧灘と比較して流れ藻量が多く分布することにより付着生物が分散し、その一方で、燧灘では付着生物が密集することにより密度が高くなったと考えられる。

伊予灘及び燧灘の流れ藻随伴魚類個体数密度を図9と10にそれぞれ示した。なお、アカメバル、シロメバ

ル、クロメバルは区分せずメバル類とした。伊予灘では0.8–2.7 個体/kg、燧灘では5.8–817.1 個体/kgで推移し、全ての月において燧灘の個体数密度が高い結果となり、特に7月の個体数密度が高かった。燧灘では餌料となる小型生物の付着密度が高いため、随伴魚類の個体数密度も高くなったと考えられるが、瀬戸内海東部海域では個体数密度の年変動が観察されており⁵⁾、更なるデータの蓄積が望まれる。

なお、魚類の出現種数は伊予灘で3–10種類、燧灘で2–11種類であった。出現種をみると、両海域ともに4月及び5月はメバル類が多く、6月はウマヅラハギ、ヨウジウオの出現がみられ、7月はアミメハギ、イシダイが優占していた。流れ藻は多くの有用水産資源の生活史初期に利用されているが、本調査から伊予灘、燧灘海域においては、メバル類、ハギ類、イシダイなどにとって重要な成育場になっていることが明らかとなった。

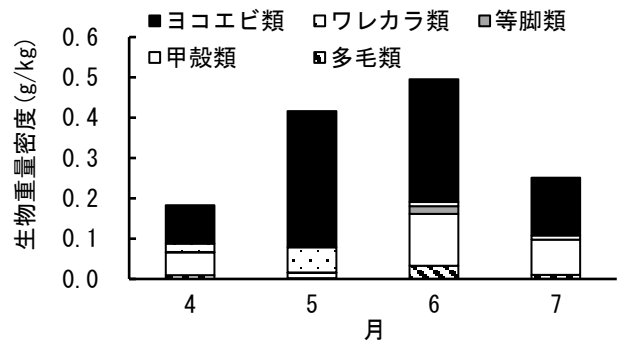


図7 伊予灘における付着生物重量密度

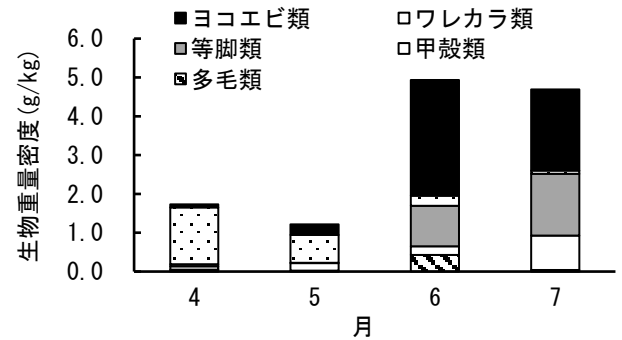


図8 燧灘における付着生物重量密度

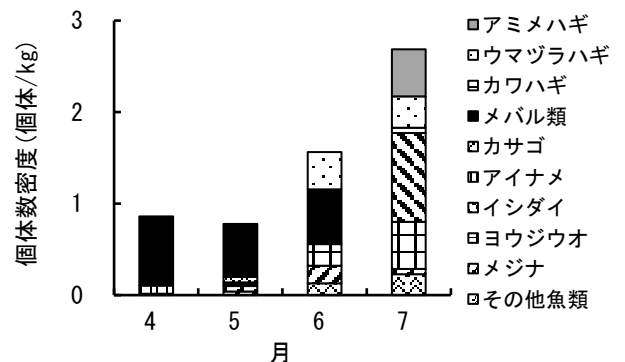


図9 伊予灘における随伴魚類個体数密度

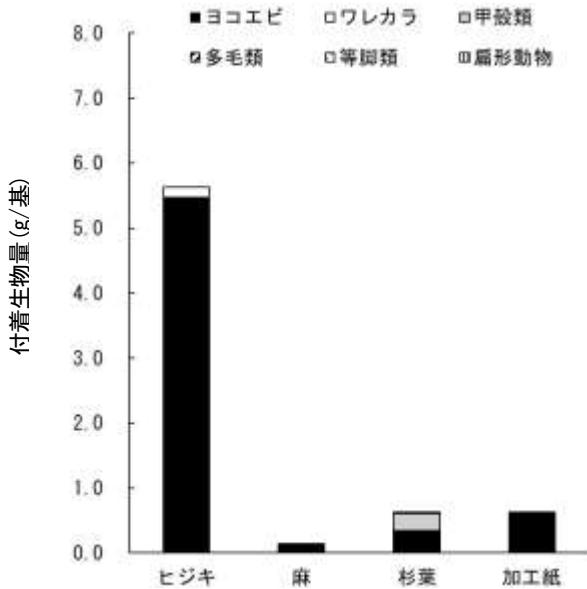


図12 6月28日小型付着生物量

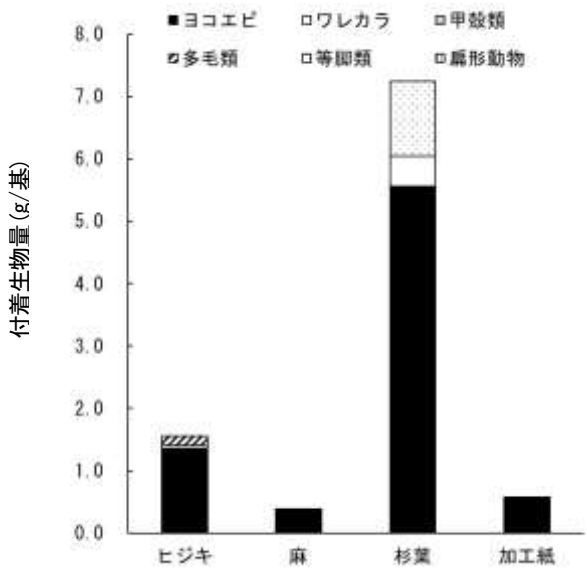


図13 7月5日小型付着生物量

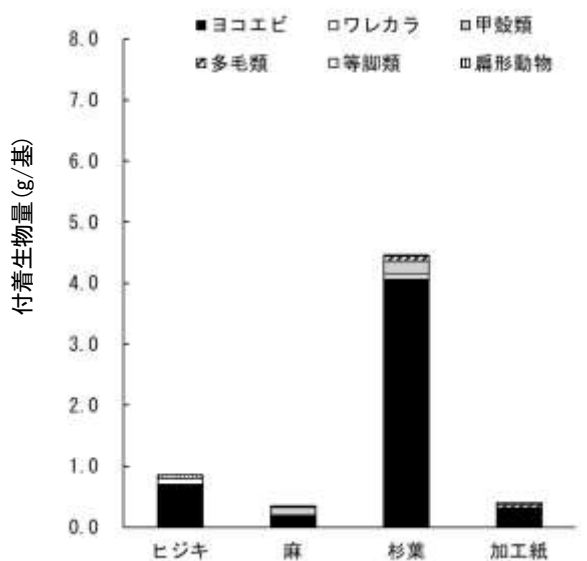


図14 7月12日小型付着生物量

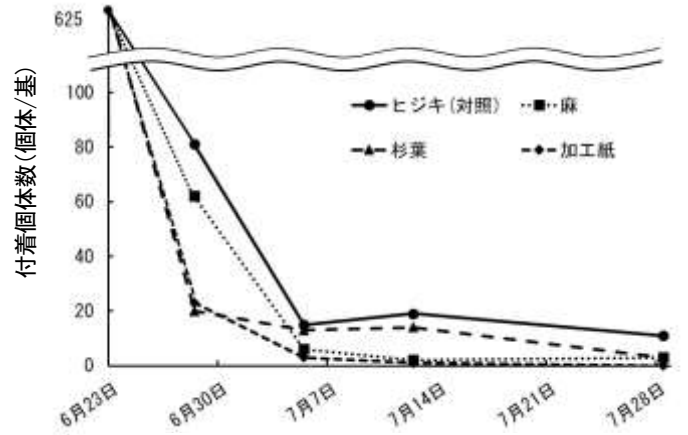


図15 稚ガザミ付着個体数の推移

上回ることにはなかった。これは、ヒジキは設置時からヨコエビやワレカラなどの餌料となる珪藻が増殖しており、小型生物が付着していたのに対して、各種人工流れ藻は漁場への設置から試験開始までが7日間と短く、付着珪藻の増殖が小型生物の餌料として十分でなかったことによるものと推察される。

各人工流れ藻で比較すると、7月11日には杉葉において付着生物量が多く確認されたことから、漁場においても杉葉が餌料供給に有効な基質であると考えられたが、付着珪藻の増殖までの期間について更に検討する必要がある。

漁場での試験における稚ガザミ付着数の推移を図19に示す。漁場試験では稚ガザミを625個体ずつ各試験区に放流したが、試験開始2日目の6月24日には麻と杉葉で確認されたのみで、8日目の6月30日には杉葉で確認されたのみとなった。また、これらをDNA解析したところ、8日目に採取された稚ガザミは天然ガザミであった。

この漁場試験では各基質をブイとロープで固定したため、潮流、波浪などにより放流ガザミは離脱、逸散したものと考えられ、設置方法の改善が必要である。

漁場試験における随伴魚類採集個体数を表3、4、5及び6に示す。6月24日にはヒジキと麻でメバル類の随伴が確認された。7月11日には杉葉においてもメバル類が確認され、アミメハギがヒジキ、杉葉及び加工紙でみられた。全ての基質において魚類の随伴がみられたが、採集された個体数はいずれも少なく、魚類に対する人工流れ藻の有効性は確認できなかった。前述した設置方法の改善とともに、構造等をさらに検討することにより、人工流れ藻の活用が可能になると考えられる。

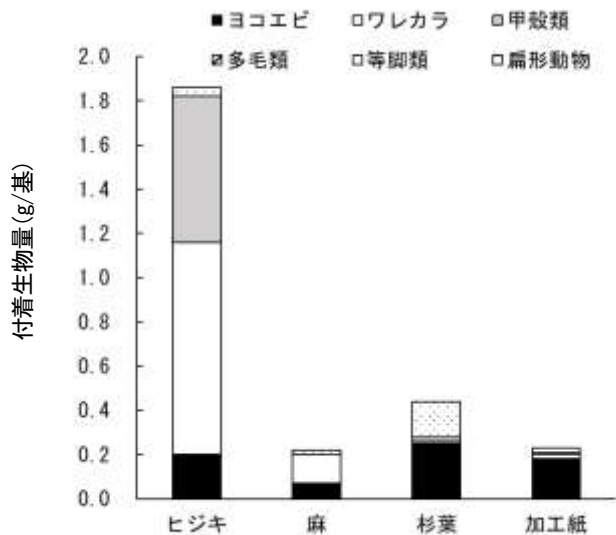


図16 6月24日小型付着生物量

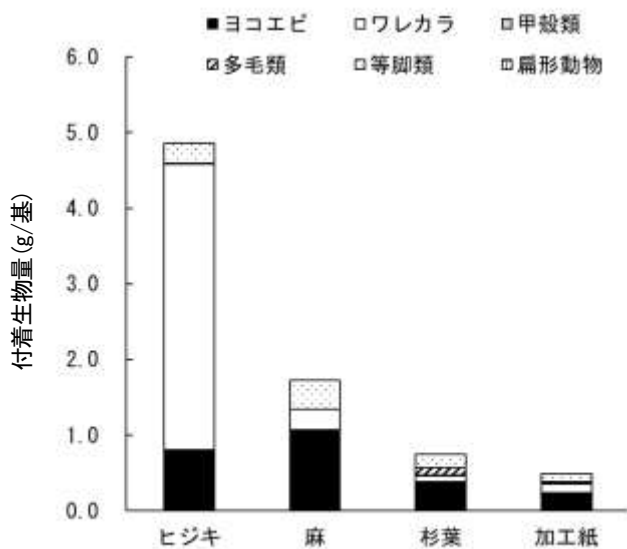


図17 6月30日小型付着生物量

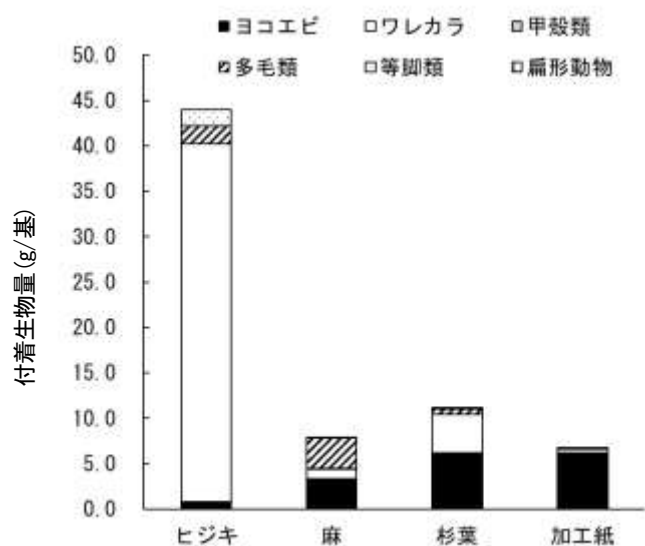


図18 7月11日小型付着生物量

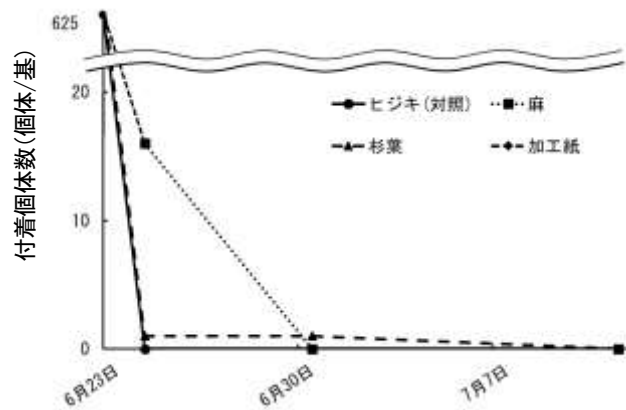


図19 稚ガザミ付着個体数の推移

表3 基質あたりの個体数

ヒジキ	メバル類			アミメハギ			アミモンガラ		
	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ
6月24日	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6月30日	2	0	0	0	0	0	0	0	0
7月11日	0	8	0	0	0	0	0	0	0

表4 基質あたりの個体数

麻	メバル類			アミメハギ			アミモンガラ		
	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ
6月24日	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6月30日	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7月11日	1	0	0	0	0	0	0	0	0

表5 基質あたりの個体数

杉葉	メバル類			アミメハギ			アミモンガラ		
	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ
6月24日	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6月30日	1	0	1	0	0	0	0	0	0
7月11日	2	3	0	0	0	0	0	0	0

表6 基質あたりの個体数

加工紙	メバル類			アミメハギ			アミモンガラ		
	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ	メバル類	アミメハギ	アミモンガラ
6月24日	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6月30日	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7月11日	0	7	0	0	0	0	0	0	0

総 括

1 瀬戸内海流れ藻調査

伊予灘、燧灘両海域とも昨年度、今年度の調査において4月と5月はアカモク、6月と7月はヒジキの出現割合が高くなる傾向であり、これらが主要な構成種であることが確認された。また、燧灘においては、年による増減があるものの、アマモもみられており、同海域における流れ藻構成種の一つとして重要であると考えられる。令和2-4年度の3年間の調査結果から流れ藻量は燧灘と比較して伊予灘で多く、これは沿岸域における藻場の規模の差異によるものと推察される。

流れ藻には、ヨコエビやワレカラなどの小型付着生物が確認された。調査日による付着生物構成種の変動や令和4年度では流れ藻量が多い伊予灘で燧灘と比較して付着密度が少なくなる傾向がみられた。付着生物は稚魚や稚ガニの餌料となることが知られており、随伴魚類調査ではイシダイ、メバル類のほかサヨリ、ブリ(モジャコ)など多様な魚種が確認された。また、付着ガザミ類調査では6月から7月を中心にC1-C4程度の稚ガザミが確認された。これらのことから、両海域において流れ藻は有用水産資源の初期生産の場として重要な役割を担っていることが再確認された。

2 人工流れ藻効果検証試験

指標として稚ガザミを用い、令和2年度の試験ではヒジキを対照として麻、竹、不織布、加工紙、脱脂綿、及び生分解性フィルムを素材とした人工流れ藻の機能を検証し、令和3年度では麻、杉葉、加工紙を素材として検証した。これらの結果、浮遊期稚ガザミの付着個体数は杉葉が対照であるヒジキと同程度以上で推移し、人工流れ藻として有効であることが判明した。また、付着状況の観察により、稚ガザミが隠れ家となる適度な空間が重要であることが判明した。本試験では加工紙についても素材として検討したが、平面的な構造に作製したため、その機能性は低い評価となった。しかし、加工紙は空間を持たせるなど様々な構造に作製することが可能であり、また、軽量であるため、設置作業労力の軽減も図ることができる。これらのことから加工紙を素材とした、人工流れ藻の構造を再検討することにより、有効活用が見込まれる。

3 人工流れ藻設置試験

海面筏における試験では令和2年度に麻、竹及びヤシを用いて形状を変えて試作品を作製し、令和3年度には麻、杉葉、加工紙を用いて人工流れ藻の機能を検証した。これらの結果、杉葉の有効性が認められ、身を隠すことができる構造が稚ガザミにとって適していることが再確認できた。

令和3-4年度におこなった漁場試験では、稚ガザミや魚類の餌料となる小型生物の付着量については全ての基質で2週間程度までは経時的に増加がみられたが、令和4年度の試験において全ての人工流れ藻の付

着量は対照のヒジキを下回ったことから、実用化にあたっては小型生物の餌となる付着珪藻の増殖期間を含めて設置時期を検討する必要がある。また、各流れ藻に放流したガザミは潮流や波浪などの影響により数日で逸散し、人工流れ藻の有効性は確認できなかった。一方、杉葉や加工紙を用いた人工海藻等では天然稚ガザミの付着やメバル類、ハギ類などの魚類の随伴がみられたことから、構造や設置方法を検討することにより、有用水産資源に対する人工流れ藻の活用が可能になると考えられる。

文 献

- 1) 愛媛県中予水産試験場:ガザミ資源有効利用技術開発試験. 平成9年度愛媛県中予水産試験場事業報告:35-40(1997)
- 2) 愛媛県中予水産試験場:ガザミ資源有効利用技術開発試験. 平成10年度愛媛県中予水産試験場事業報告:36-39(1998)
- 3) 愛媛県中予水産試験場:ガザミ資源有効利用技術開発試験. 平成11年度愛媛県中予水産試験場事業報告:40-44(1999)
- 4) 愛媛県:令和元年度水産委第1号. 伊予灘・燧灘地区測量委託業務報告書(2020)
- 5) 山本昌幸・岸本浩二・一見和彦:瀬戸内海における流れ藻の構成種とそれに随伴する魚類. 日本水産学会誌,87(1):2-10(2021)
- 6) 社団法人日本栽培漁業協会:ガザミの生殖と発育に関する研究. 特別研究報告8号(1996)

高水温耐性ノリ作出技術開発試験

渡部 祐志*1・塩田 浩二*2・喜安 宏能

目 的

近年、全国的な問題となっているノリ養殖漁場の高水温化に伴う養殖ノリ減産への対策として、各県で漁場環境に適応した高水温耐性株の作出が進んでいる。しかし、他県で開発された株は県外には提供されておらず、本県では使用できない。

このため当所では、H30-R2年度まで高水温下でも養殖可能な品種の作出に取り組み、候補となる株の選抜に成功した。

本事業では、同候補株を用いて室内培養試験及び養殖試験を繰り返し、本県でのノリ養殖漁場に適したオリジナル品種の作出を進める。

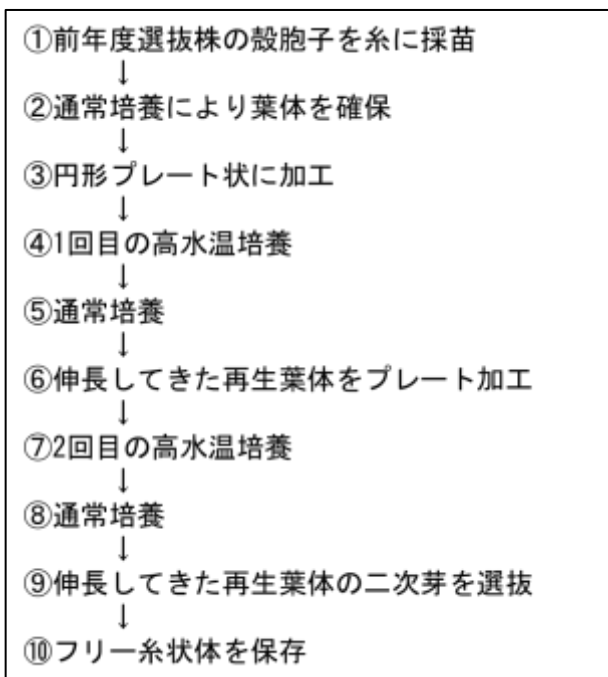
方 法

1 高生長・高水温耐性株の選抜育種

(1) 室内培養試験

前年度試験において、選抜・保存した高水温耐性候補株を用いて、前年度と同条件で選抜試験を2回実施した。なお、温度帯及び処理期間については1回目が32°Cで4日間、2回目が32°Cで5日間の後、34°Cで1日間の計6日間だった。選抜の工程については表1のとおりで、試験開始から株の保存までに計167日を要した。

表1 選抜試験の工程



(2) 野外選抜試験

令和5年度に試験を実施するため、前年度選抜株及び、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産生物遺伝

資源保存事業により配付を受けた対照品種（U-51株）を用いて、令和5年1月20日からカキ殻糸状体の育成を開始した。なお、育成は、愛媛県漁業協同組合壬生川支所管内のカキ殻糸状体育成施設で実施した。

1kL水槽にカキ殻を白い面が上になるように並べ、浸る程度の海水を入れた。その後、前述の2株をそれぞれミキサーで細断し、ジョウロでカキ殻に蒔き付け、穿孔するまで1ヶ月程度静置した。穿孔を確認後はカキ殻糸状体を垂下培養に切り替え、生長を促した。

2 ノリ養殖漁場環境調査

愛媛県西条市沿岸のノリ養殖漁場8地点において（図3）、令和4年10月3日から令和5年3月6日まで毎週1-2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、表層水の栄養塩濃度（NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P）をQuAAtro 39（ビーエルテック社製）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。この他、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等へ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。

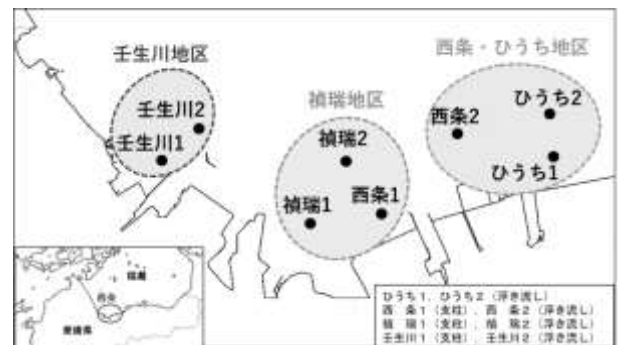


図3 西条市沿岸の調査地点

加えて、ノリ葉体の生理状態の確認のため、養殖ノリの色調測定も行った。漁場環境調査時に、壬生川2、禎瑞2、西条2、ひうち2地点近傍の養殖網からノリ葉体を採取し、室内において、白色アクリル板の上に広げ、色彩色差計CR-20（コニカミノルタ社製）でL*値を測定した。同様に弓削から持ち込まれる葉体サンプルについても測定した。

結果及び考察

1 高生長・高水温耐性株の選抜育種

(1) 室内培養試験

表 1 に示した工程④の後、工程⑤において伸長してきた葉体は図 4 のとおりであった。

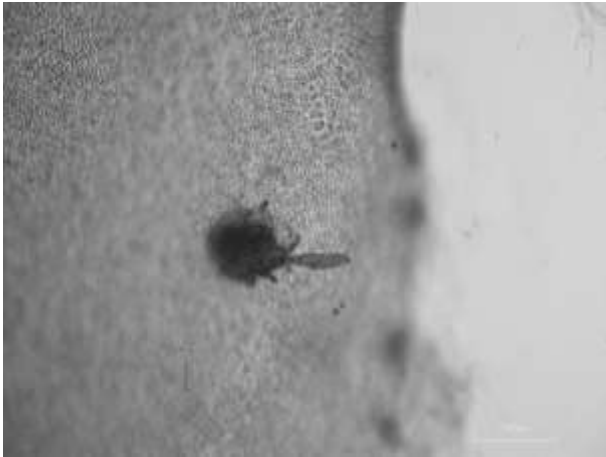


図 4 工程⑤において伸長した再生葉体

これをさらに培養後、工程⑦で高水温培養後、工程⑧において伸長してきた葉体は図 6 のとおりであった。

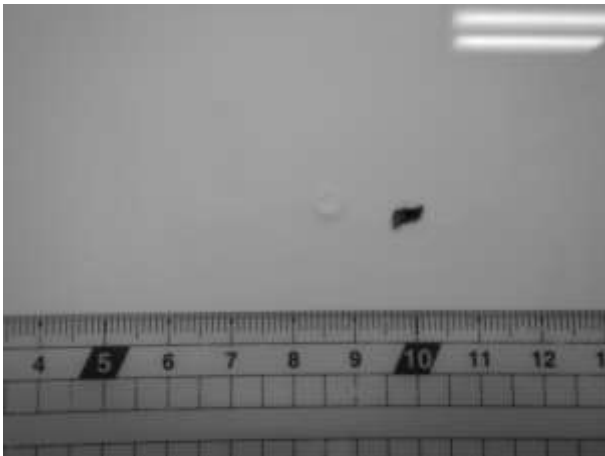


図 6 工程⑧において伸長した再生葉体

さらに、工程⑧で得られた葉体から二次芽を採取・自家受精させて得たフリー糸状体を高水温耐性候補株として保存した。

(2) 野外選抜試験

蒔き付け時の状況は図 7、穿孔したカキ殻糸状体は図 8 のとおりであり、穿孔確認後は、図 9 に示すようにカキ殻を垂下し、育成を現在も継続中である。



図 7 蒔き付け時のカキ殻



図 8 穿孔したカキ殻糸状体



図 9 垂下したカキ殻糸状体

2 ノリ養殖漁場環境調査

漁場水温の推移について、西条市沿岸を図 10、弓削及び三島地区を図 11 に示した。

西条市沿岸では 9.7–26.7°C の範囲において、平年（平成 3–令和 2 年）並みから高めで推移した。

弓削地区では 10.6–25.9°C の範囲において、おおむね平年（平成 3–令和 2 年）並みから高めで推移した。

三島地区では 8.5–25.5°C の範囲において、平年（平成 21–令和 2 年）並みか高めで推移した。

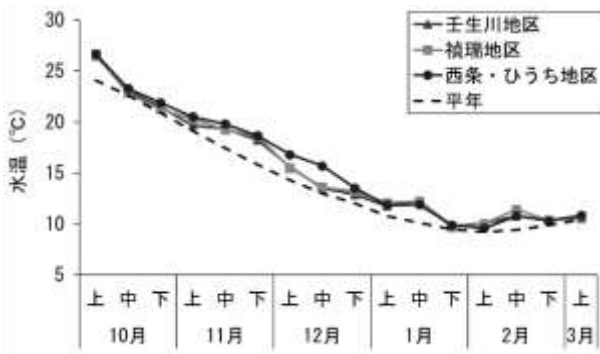


図 10 西条市沿岸の漁場水温の推移

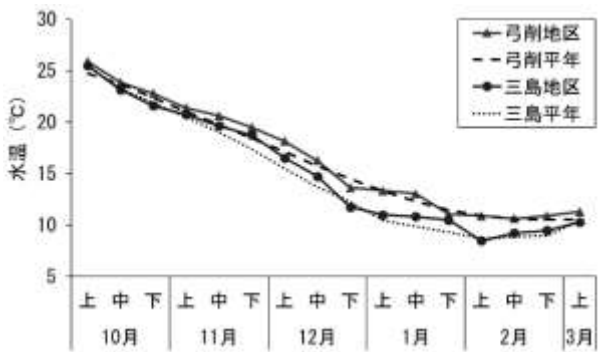


図 11 弓削及び三島地区の漁場水温の推移

漁場珪藻細胞数について、西条市沿岸を図 12、弓削及び三島地区を図 13 に示した。

西条市沿岸では期間中、おおむね緩やかな増加傾向だったが、中でも 11 月中旬及び 1 月上旬には一時的に急増した時期があった。特に、1 月上旬時には 3 地区とも 1,000 細胞/mL を超えていた。

弓削地区では期間中、緩やかな増加傾向で、3 月上旬には最大で 200 細胞/mL を超えていた。

三島地区では期間中のうち、11 月中旬、1 月上旬、2 月下旬の 3 度、一時的な急増加が生じており、最大で 700 細胞/mL を超えていた（2 月下旬）。

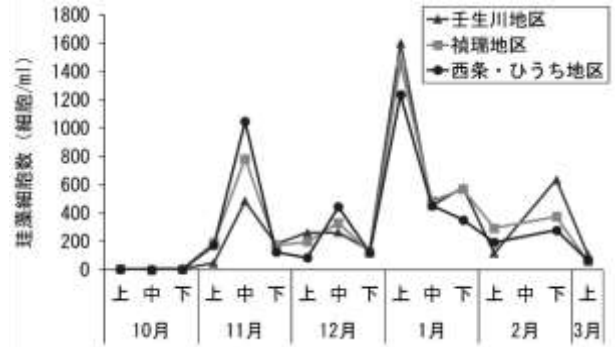


図 12 西条市沿岸の漁場珪藻細胞数の推移

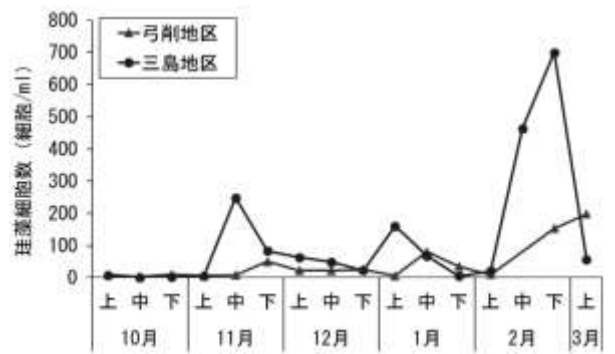


図 13 弓削及び三島地区の漁場珪藻細胞数の推移

溶存態無機窒素（DIN）濃度の推移について、西条市沿岸を図 14、弓削及び三島地区を図 15 に示した。

西条市沿岸では期間中、おおむね低下傾向を示し、12 月下旬までは、ノリの色落ち目安である 3.5 μ M を超える時期があったが、1 月上旬以降はおおむね 3.5 μ M を下回って推移した。また、11 月中旬及び 1 月上旬には急低下が確認されたが、この要因は、珪藻細胞数の増加によるものと考えられた。

弓削地区では 11 月上旬から 1 月上旬は、3.5 μ M を超えて推移したが、その他の期間については 3.5 μ M 未満で推移した。

三島地区では期間中、おおむね 3.5 μ M を下回って推移しており、一時的に 3.5 μ M を超えたのは 11 月上旬と 2 月上旬のみであった。

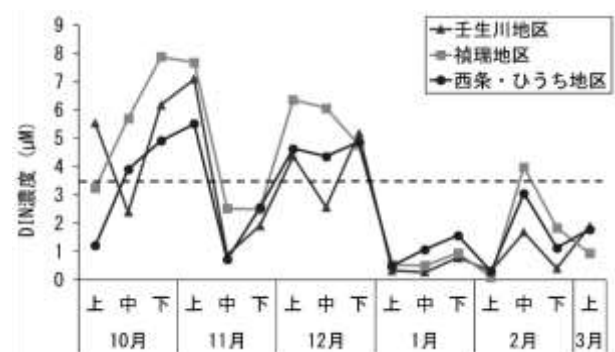


図 14 西条市沿岸の漁場栄養塩濃度の推移

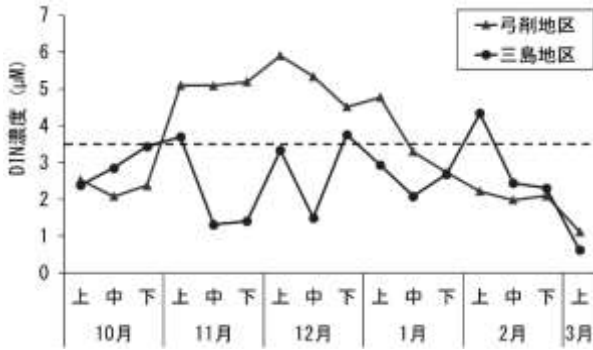


図 15 弓削及び三島地区の漁場栄養塩濃度の推移

養殖ノリのL*値については、西条市沿岸と弓削地区では傾向が大きく異なった(図16)。

西条市沿岸のL*値は、12月下旬には約53以下と良好であったものが、栄養塩濃度の急低下が確認された1月上旬には急上昇し、約64-72と一部色落ちが確認される程度まで色調が悪化し、その後も禎瑞2、西条2ではほぼ横ばいで推移し、壬生川2、ひうち2についても大幅な回復はみられなかった。

弓削地区については、12月下旬のL*値が約46であったものが、1月中旬以降の栄養塩の緩やかな低下により2月下旬には約62にまで上昇したものの、養殖期間中はおおむね良好な色調を維持していた。

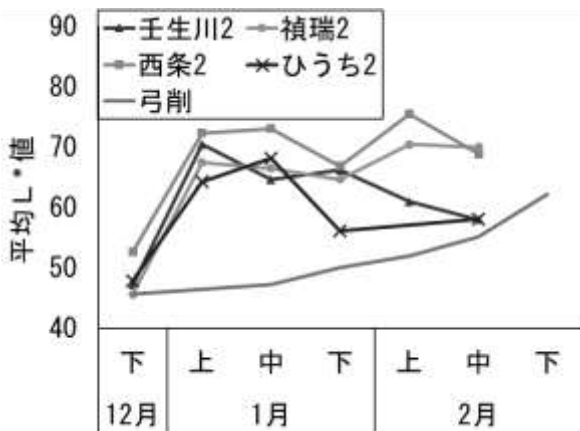


図 16 西条市沿岸及び弓削地区の養殖ノリL*値の推移

参考文献

- 1) 川口 修・高辻英之：広島県東部海域における溶存態無機窒素動態とノリの色落ちへの影響. 日本水産学会 76(5):849-854 (2010)
- 2) 村山史康・清水泰子・高木秀蔵：岡山県ノリ漁所における栄養塩濃度とノリの色調および乾海苔単価との関係. 日本水産学会 81(1):107-114 (2015)
- 3) 伊藤 博・須藤篤史：仙台湾におけるノリ色調と栄養塩濃度の関係 17 (2017)

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*1・塩田 浩二*2・関谷 真一

目 的

嵯灘西部において、3月のアマノリ養殖終了後に引き続き営まれているアオノリ（ウスバアオノリ）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、アマ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嵯灘西部において、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アマ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4年度漁場環境改善推進事業（栄養塩からみた漁場生産力回復手法の開発）成果報告書（令和5年3月）に、本県ほか5つの水産試験研究機関が共同で記載した。

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8地点において（図1）、令和4年2月24日から毎週1-2回、漁場環境調査を実施し、水温・塩分を多項目水質計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：DIN（NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N）、PO₄-P）を栄養塩分析装置QuAAtro 39（ビーエルテック社製）で測定するとともに、表層水中の珪藻細胞数を計数した。なお、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等へ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。

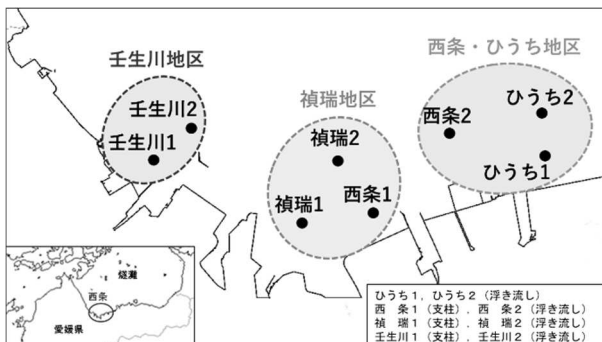


図1 調査定点

2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

試験は、愛媛県漁協西条支所管内西条地区の支柱漁場

において（図2）、令和4年4月7日から4月18日までの12日間実施した。なお、試験には令和3年12月下旬に支柱漁場で天然採苗後、4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、施肥による栄養塩添加効果及び被せ網と敷網による栄養塩滞留効果、食害防止効果について検証した。



図2 西条地区の試験漁場

本試験は、表1のとおり4試験区（対照区、網区、施肥+網区1、施肥+網区2）で実施した。なお、養殖網の芽付き量や設置場所の違い等の試験項目以外の要因による結果への影響を軽減するため、本試験は図3に示す試験配置により2セットで実施した。

表1 試験区

試験区	被せ網+敷網	施肥
対照区		
網区	○	
施肥+網区1	○	○
施肥+網区2	○	○

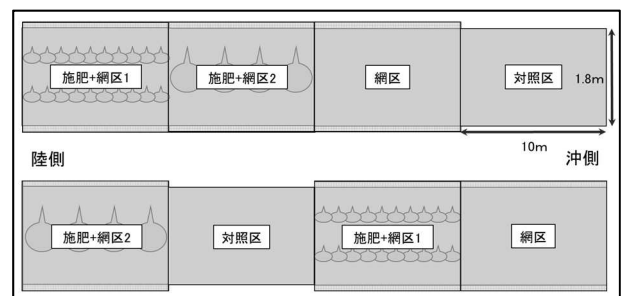


図3 試験配置図

栄養塩供給源は、前年度試験と同じく、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%）を使用した。

漁場への供給方法については、従来の手法（以下、施肥手法 1）と新たな手法（以下、施肥手法 2）の 2 種類の方法で実施した。施肥手法 1 については、前年度試験と同じく、施肥袋（肥料 500g/袋）をステンレスフックで養殖網に垂下した（図 4）。施肥袋は 1 試験区（養殖網 10m）につき 20 個垂下した。なお、この施肥袋は過去の試験において 10 日前後までアンモニア態窒素の残留が認められ、10 日後の色調改善効果も確認されていることから、本試験では試験期間中、施肥袋の交換は行わなかった。

施肥手法 2 については、施肥袋 1 個当たりの肥料を増量（肥料 3,000g/袋）し設置数を減らすことで、設置に要する手間や労力の軽減を図ることを目的に試験を実施した。試験用の施肥袋は、不織布に包んだ 1,500g の肥料を施肥手法 1 と同様の位置に溶出孔を空けたポリエチレン製袋に 2 個ずつ収容したものを、玉ねぎネットで包む方法で作成し、これを 1 試験区当たり 4 個、約 2.5m 間隔で養殖網の伸子棒に固定した。

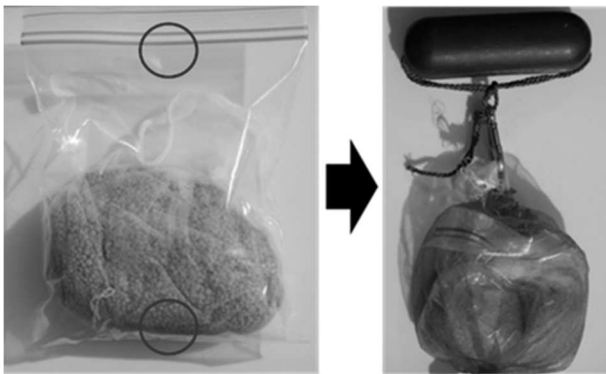


図 4 施肥袋（丸：直径 2.5mm 溶出孔）

試験に用いた被せ網と敷網は、目合い 9mm のポリエチレン製ネットで作成し、養殖網を上下から挟み込むように結束バンドで固定する方法で設置した。

なお、施肥手法 1 と被せ網と敷網を併用した試験区は施肥+網区 1、施肥手法 2 に同様の網を併用した試験区を施肥+網区 2 として試験を実施した。

収穫量は、試験区ごとに 2ヶ所に設定したコドラート（34×45cm）内のアオノリを摘採し、平均湿重量を養殖網 1 枚（1.8×21m）当たりにつき引き伸ばす方法で推定した。

色調については、試験区ごとに葉体 30 枚を無作為抽出し 1 枚につき 1ヶ所、葉緑素計 SPAD-502Plus（コニカミノルタ社製）により SPAD 値を測定した。そして、試験区ごとに 2 セット計の 60ヶ所の平均 SPAD 値について、4 試験区間で Kruskal-Wallis 検定を実施した。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。

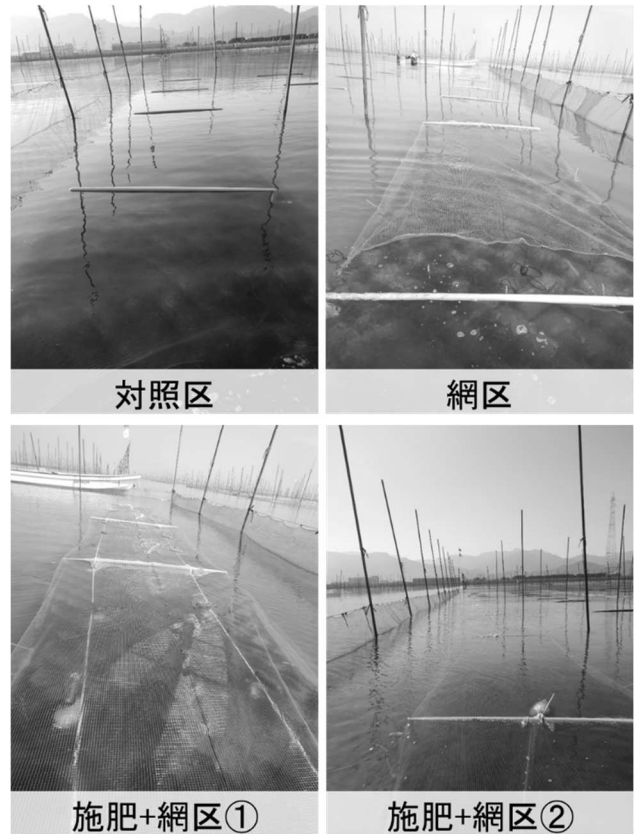


図 5 試験開始時の各試験区の様子

結果及び考察

1 アオノリ養殖漁場モニタリング

水温の推移を図 6 に示した。3 地区ともおおむね同様の傾向を示し、8.8–18.6°C の範囲で推移した。全体的には、3 地区とも平年（平成 3 年–令和 2 年）に比べおおむね高めで推移したが、2 月下旬及び 5 月上旬については平年を下回った。なお、3 月下旬及び 5 月上旬に一時的に水温が低下した時期があり、特に 3 月下旬については養殖アオノリの伸長が停滞するなど、生育に悪影響が生じる結果となった。

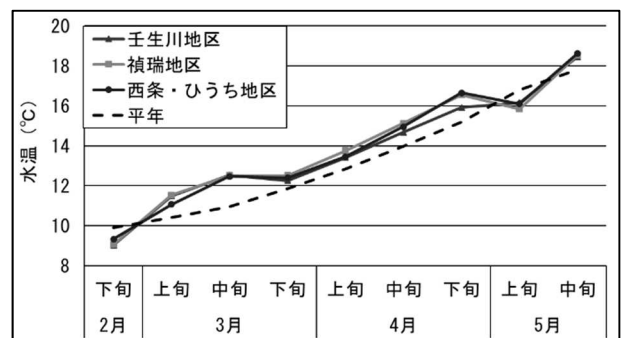


図 6 アオノリ養殖漁場水温の推移

次に栄養塩濃度（DIN）の推移を図 7 に示した。3 地区とも、濃度の差異はあるものの 0.4–5.7μM の範囲でおおむね同様に推移し、2 月から 5 月にかけて上昇傾向を

示したが、壬生川地区については、5月上旬にかけて大幅に低下し、その後は1 μ M以下で推移した。

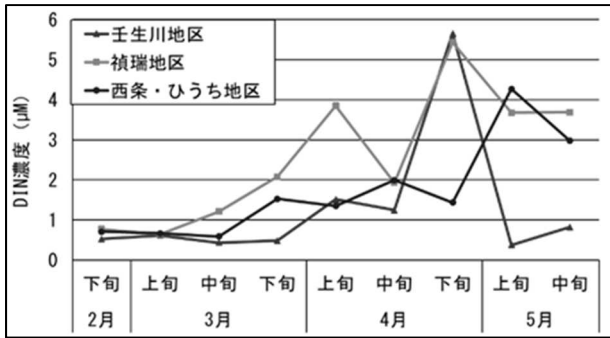


図7 アオノリ養殖漁場栄養塩濃度の推移

珪藻細胞数の推移を図8に示した。3地区ともおおむね同様の傾向を示し、62–990cells/mLの範囲で推移した。

珪藻細胞数は、2月下旬から3月中旬にかけては増加傾向を示したものの、4月上旬には一時的に減少し、その後は再び増加したが、4月中旬をピークに、5月上旬にかけて再び減少した。

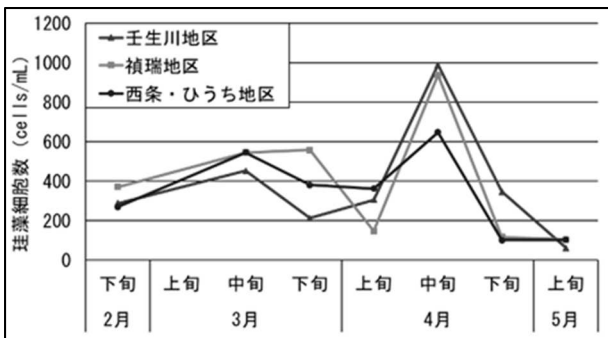


図8 アオノリ養殖漁場珪藻細胞数の推移

2 施肥による栄養塩供給技術の実証試験

試験終了時の各試験区における養殖網の状況を図9に、試験開始時と終了時の各試験区のアオノリ養殖網1枚(1.8×21m)当たりの湿重量に換算した収量を図10に示した。終了時の収量については対照区：84.4kgに対して、網区：58.1kg、施肥+網区1：75.8kg、施肥+網区2：98.8kgと、対照区を上回ったのは施肥+網区2のみであった。しかし、増加率で比較すると、対照区：3.2倍に対し、網区：2.2倍、施肥+網区1：3.5倍、施肥+網区2：3.5倍となり、いずれも保護網と施肥を併用した区の方が高かった。なお、網区については、2枚のうち1枚は27.8kgから106.7kgへと増加していたが、もう1枚が25.6kgから9.5kgへと大幅に減少していたため、平均収量は58.1kgに留まった。大幅に減少した原因については不明であるが、減少したのが1枚のみであることから、種網の品質の差異や環境条件等、試験設定以外の要因が考えられた。このことから、網区については増加していた1枚のみで増加率を比較すると、網区は3.8倍であり、保護網の設置によって増加率が向上することが考えら

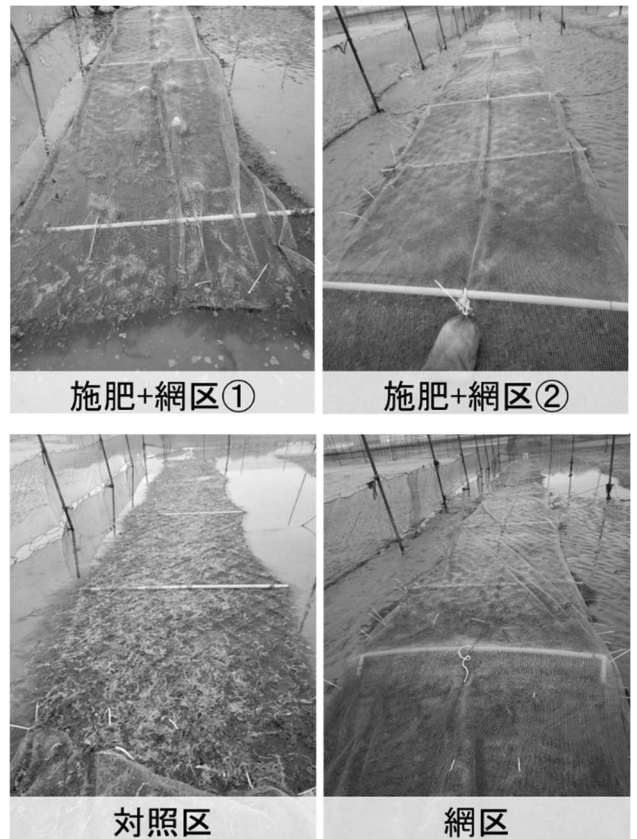


図9 試験終了時の各試験区の様子

れたが、施肥との併用による増加率の更なる向上については確認できなかった。

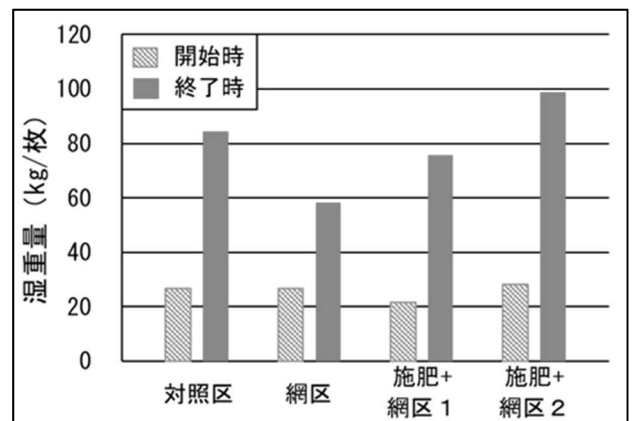


図10 各試験区の試験開始時と終了時の湿重量

色調については、各試験区の葉体 SPAD 値の測定結果を図11に示した。対照区：5.0、網区：5.7、施肥+網区1：8.5、施肥+網区2：5.9と、施肥をした2区の方が高かった。4試験区に対し Kruskal-Wallis 検定を実施したところ、有意差が得られたため ($H=35.8, df=3, p<0.001$)、続けて Steel-Dwass 法による多重比較を行った結果、施肥+網区1と他3区との間で有意差が得られた ($p<0.001$)。このことから、施肥+網区1では施肥によって色調が有意に向上したことが明らかとなった。しかし、施肥+網区2では向上効果が得られなかったことから、施肥の効

果は施肥袋周辺のごく狭い範囲であり、肥料量に関わらず施肥袋の間隔は 1m 程度が限界であると考えられた。

等級評価の結果については表 2 のとおりとなり、SPAD 値が有意に高かった施肥+網区 1 も含め、3-4 等と全体的に低かった。等級検査員によると、製品中の色の濃い部分と薄い部分の割合を等級の評価基準の 1 つとしており、4 サンプルとも大差がなかったことから、施肥手法 1 では網全体若しくは藻体全体を色上げるほどの効果はなく、品質向上のためには更に広範囲に施肥効果を高める必要があると考えられた。

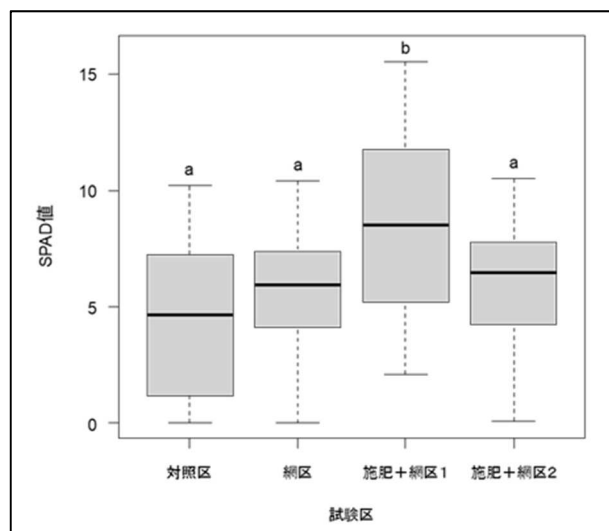


図 11 各試験区の平均 SPAD 値

表 2 各試験区の製品等級

	対照区	網区	施肥+網区 1	施肥+網区 2
等級	4 等	3 等	4 等	3 等

アサリ資源回復技術高度化試験

渡部 祐志*1・塩田 浩二*2・関谷 真一

目 的

近年、全国的に減少しているアサリは、漁業、潮干狩りの対象として重要な資源であるため、本県でも資源の回復が強く望まれている。

本県西条市高須海岸干潟（図1）では、毎年5-6月になると西岸域（図2）に、天然のアサリ稚貝が発生している。しかし、食害や餌料不足等を原因に成貝となる前にその大半が消滅するため、漁獲に繋がっていない。

本事業では、過去の研究においてアサリ稚貝に対し、一定の保護効果を示した被せ網（底網あり）と、同じく一定の餌料環境改善効果を示した施肥を組み合わせ、他県では報告例のない新手法を検討し、資源回復に向けた技術の高度化を目指す。

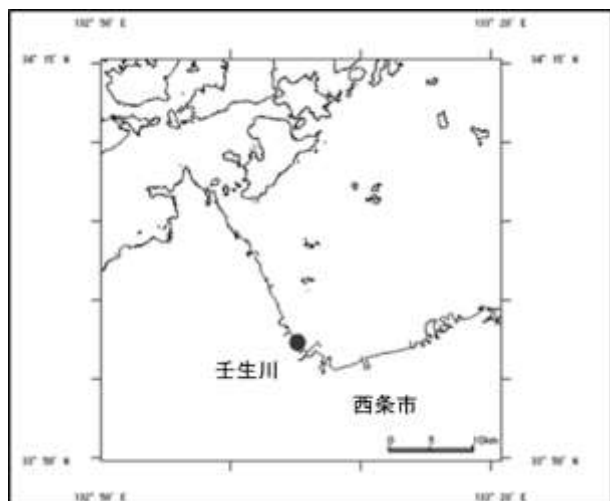


図1 高須海岸干潟（●）の位置図



図2 稚貝発生場所（●）

方 法

1 稚貝発生場所の保護技術開発試験

アサリ増養殖技術生産性向上試験（H30-R2年度実施）

における被覆網試験の結果を基に、本試験ではより簡易なアサリ増殖技術の開発を目的として、アサリ稚貝発生場所の稚貝を直接保護する方法について検討した。具体的には、新たな構造の被せ網（底網なし：以下 被せ網）の有効性と干潟への新たな設置方法を検討し、設置後の網の破損の有無及びアサリの生残状況、流出の有無について調査した。

本試験で使用した被せ網（縦1m×横2m×高さ0.2m：地表露出面積2m²）は、目合い10mmの漁網を用いて作成した。設置方法は令和3年度と同様の方法で行った（図3）。これを被せ網区、網外の天然アサリを対照区として試験を実施した。



図3 被せ網区

試験は、令和4年5月25日から開始し、令和5年2月までの約9ヶ月間を予定していたが、9月に上陸した台風の影響により、試験網が埋没する問題が生じた。試験継続のため、数度、網を掘り起こし復帰を試みたが、周辺の地形が一変し、再埋没を繰り返した。このため、試験継続は困難と判断し、令和4年10月5日（約4.5ヶ月間）に終了した。試験開始時の稚貝は平均殻長約7.0mm、平均密度推定1,344個/m²だった。

2 施肥による餌料環境改善技術開発試験

高須海岸干潟西岸域は、夏季に底泥中の付着珪藻量が急減する。これを一因に稚貝が夏季以降大きく減耗すると考えられており、稚貝発生場所で安定的に保護するには、餌料環境の改善が必須である。

このため、稚貝発生場所における餌料環境の改善を目的に、アサリ増養殖技術生産性向上試験（H30-R2年度実施）において、餌料環境改善効果を示した施肥技術と、1の試験で開発する被せ網を併用したアサリ保護技術について検討した。

網については、1の試験と同規格の被せ網上面に、縦0.3m×横0.3mの施肥袋収容用ポケットを3つ取り付けられた被せ網を使用し、これを施肥区として、1の試験と同日・同場所に設置し（図4）、1の試験区2区を含

む3区で試験を実施した。施肥については昨年度試験と同法で行った。昨年度試験の結果から、7-9月は施肥区の方が成長は悪かったことから、夏季の施肥は成長を阻害したと推察された。このため、7-9月は施肥を行わなかった。試験期間については令和4年5月25日に開始し、1の試験と同理由により、令和4年10月5日（約4.5ヶ月間）に終了した。

試験開始後は、3ヶ月ごとにアサリの殻長測定及び2m×0.2m×0.1mのコドラート内の稚貝の密度調査を行った。

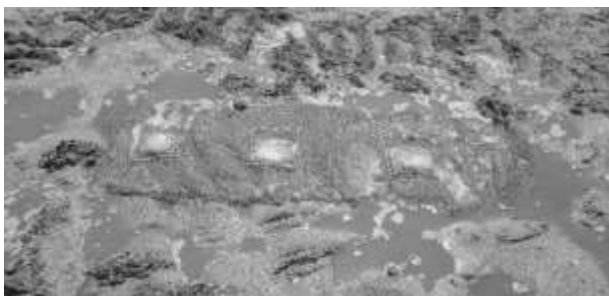


図4 施肥区

3 稚貝発生場所保護の規模拡大試験

開発した保護技術の普及に際し、保護面積の規模拡大は必須である。このため、本試験では前年度の1の試験の成果を元に規模を拡大した被せ網による保護効果を検証した。

試験は、令和4年5月25日に開始し、令和5年2月24日まで（約9ヶ月間）実施した。試験網については、1、2の試験と同規格の漁網を用い、縦2m×横5m×高さ0.2m：地表露出面積10m²の被せ網を作成して実施した。干潟への設置方法については、1、2と同手法で設置した（図5）。試験開始時の稚貝は平均殻長約7.0mm、平均密度推定1,344個/m²だった。

試験開始後は、3ヶ月ごとにアサリの殻長測定及び2m×0.2m×0.1mのコドラート内の稚貝の密度調査を行った。



図5 大型被せ網

4 底質環境改善試験

愛媛県西条市禎瑞地先の干潟はシルト状の底質が広がっており、アサリの生息には適さない。このため、底質環境の改善及び底生の水産生物の増加を目的に、同市

高田地区を流れる大明神川の川砂を禎瑞地先の干潟へ令和2年12月8日に面積9m²・高さ0.2mで覆砂した（図6、図7）。本試験では、覆砂後の底生物と底質のモニタリング調査を実施し、覆砂による干潟環境の変化について検討した。

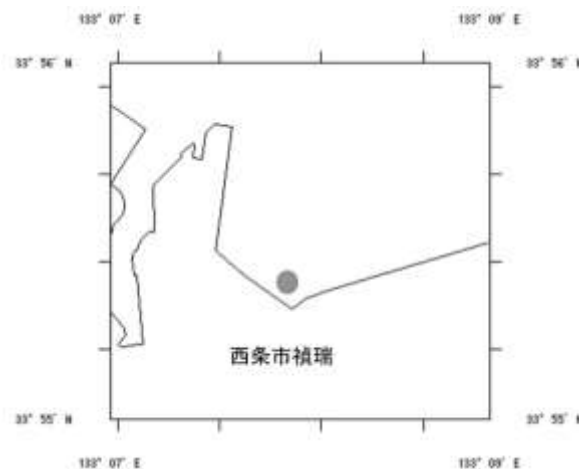


図6 覆砂場所



図7 覆砂直後の様子

調査場所は、禎瑞地先の干潟で、調査定点については覆砂箇所から2点、覆砂箇所より海側、陸側から各1点ずつの計4点行った。調査は、底生物と底質について行い、底生物として、0.2m×0.2m×0.1mのコドラート内の底泥を1.0mm目の篩にかけて残った生物を採集した。また、底質については、中央粒径、クロロフィルa量、硫化物量、強熱減量を測定した。なお、これらの調査は6、9、12月に1回ずつ実施した。

結果及び考察

- 1 稚貝発生場所の保護技術開発試験
- 2 施肥による餌料環境改善技術開発試験

1、2の試験について、まとめて結果を記述する。

試験が終了した令和4年10月5日（約4.5ヶ月経過後）の両区の試験網は図8のとおりで、網の破損及びアサリの流出は確認されなかった。しかし、施肥区については露出部分も確認されたものの、被せ網区は、ほぼ完全に埋没していた。アサリの残存状況については、対照区では生貝が確認されなかったものの、被せ網区で1,730個、施肥区で4,033個が確認され（図9）、一定の保護効果が明らかとなった。このことから、高須海岸干潟における被せ網の固定方法及び網の材質については、

おおむね本試験による設定が適していると考えられた。

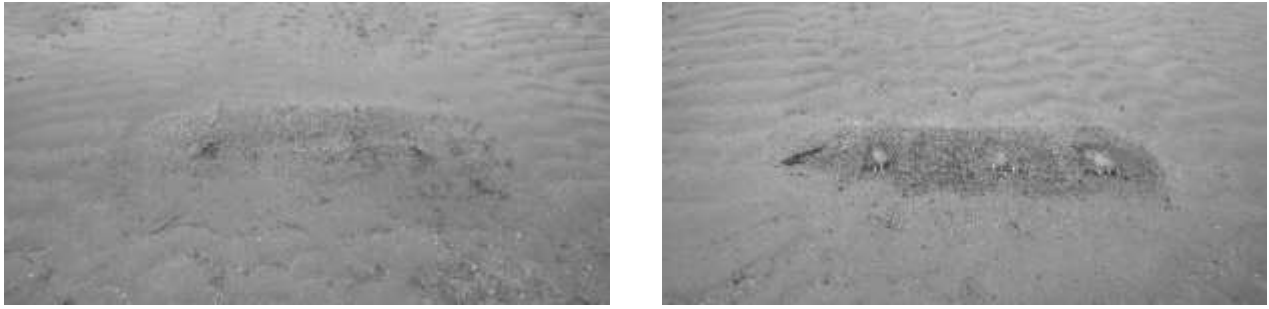


図8 試験終了時の被せ網区（左）と施肥区（右）

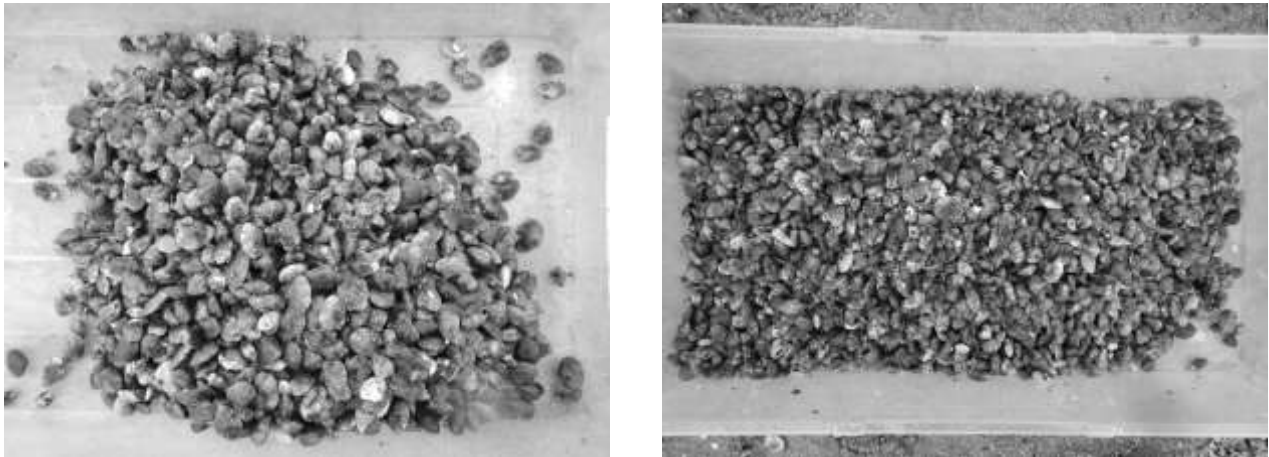


図9 残存したアサリ（左：被せ網区、右：施肥区）

被せ網をした2区で確認されたアサリについては、試験開始以降に着底・混入したと考えられる小さなアサリも確認された。このため、相澤ら¹⁾の方法を参考に、MS-Excel を用いて、殻長組成から試験対象群、混入群の2群に分離した結果、表1及び図10、11のデータが得られた。結果からは、設置以降、施肥区の方が密度、殻長

ともに被せ網区を上回って推移していたことから、施肥による生残、成長への有効性が示唆された。しかし、10月5日時点については埋没の影響も受けていると考えられたため、施肥の効果については再度検証する必要がある。

表1 試験結果

試験区	全残存個体数（個）	分離後の推定値	
		残存個体数（個）	平均殻長（mm）
被せ網区	1,730	1,519	23.7
施肥区	4,033	2,569	24.5

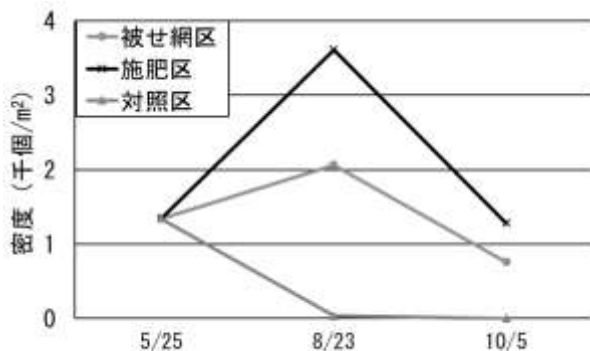


図10 密度の推移

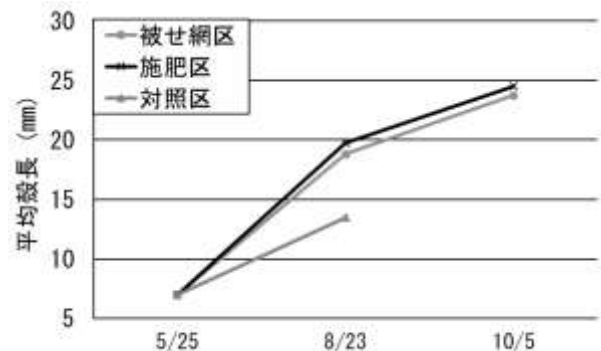


図11 平均殻長の推移

3 稚貝発生場所保護の規模拡大試験

試験終了時の網の様子は図 12 のとおりで、網の破損及びアサリの流出は確認されなかった。



図 12 試験終了時の大型被せ網

大型被せ網内 (10m²) には、約 12,467 個のアサリが残存したと推定され (図 13)、その平均殻長は約 22.1mm であった。これに対し、対照区では 11 月の調査以降は確認されなかった。

これらのことから、本固定方法を用いた被せ網によるアサリ保護技術は規模を拡大しても問題はなく、普及を視野に入れた活用も可能であることが明らかとなった。



図 13 残存したアサリ (大型被せ網区)

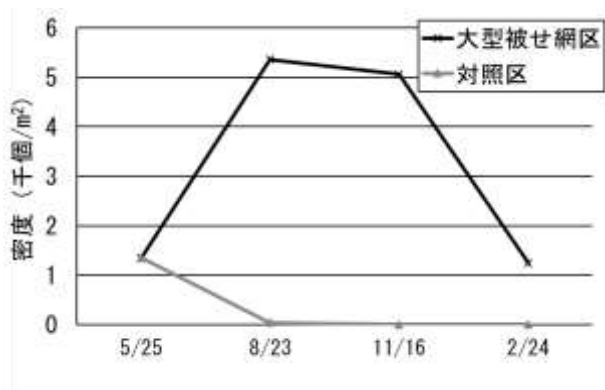


図 14 密度の推移

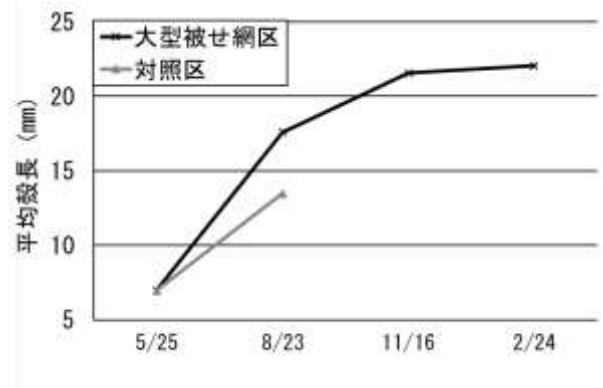


図 15 平均殻長の推移

4 底質環境改善試験

覆砂場所の現況を図 16 に、各結果を図 17-19 及び表 2 に示した。試験区内の測定結果については 2 点の平均値を用いた。



図 16 令和 4 年 12 月 5 日時点の覆砂場所

中央粒径については、6 月 6 日から 12 月 5 日にかけて約 600 μ m から約 750 μ m へと変化した。このうち、陸側の 6 月 6 日と 12 月 5 日については、他 2 点に比べ大きかったが、約 50 μ m と差は小さいことから、3 点ともおおむね同傾向だったと考えられた。このことと目視による確認から、覆砂は波浪等の影響により拡散・埋没しており、周辺環境と大きな差がなくなっていると考えられた。

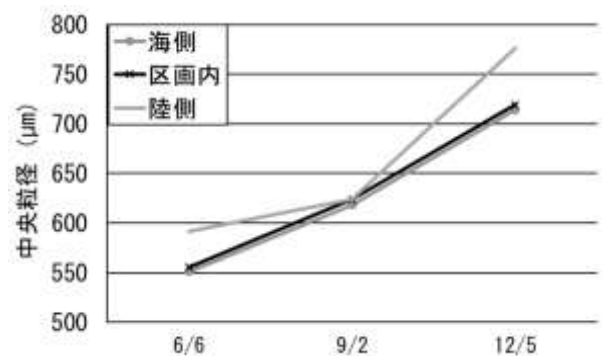


図 17 中央粒径の推移

底生生物量 (g/0.04m²) については、3 点とも同傾向だったが、6 月 6 日は陸側>区画内>海側の順に多く、9 月 2 日は海側・陸側に比べ、試験区内が多かった。12 月 5 日についてはほぼ同程度だった。また、底生生物のうち、アサリについては、6 月 6 日の陸側、9 月 2 日の海側と区画内、12 月 5 日の区画内で少数確認された。

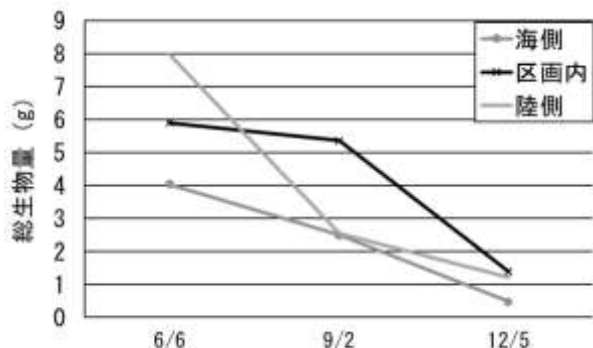


図 18 コドラート内の底生生物量の推移

底泥中のクロロフィル a 量については、陸側のみ傾向が異なっていた。海側と区画内は 6 月 6 日から 9 月 2 日にかけて増加後、12 月 5 日にかけて減少した。これに対し、陸側は 6 月 6 日から 12 月 5 日にかけて増加し

続けた。このことと中央粒径から、陸側と他 2 点は底質環境が異なると考えられた。

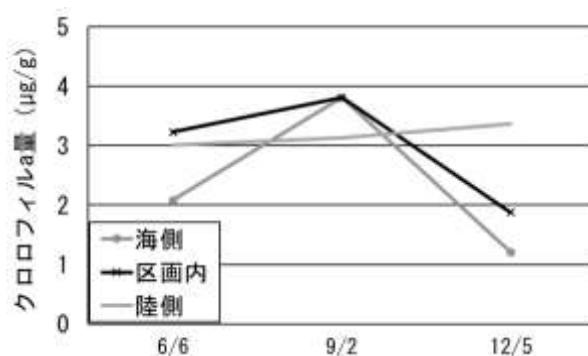


図 19 底泥中のクロロフィル a 量の推移

底泥中の硫化物量については、3 回の調査全てで 3 点とも検出限界以下であった。また、強熱減量については、3 回の調査全てで 3 点とも同傾向で、0.31%以下で推移した。

以上から覆砂による明確な環境への影響を確認することはできず、今後もモニタリングを継続し、検証する必要があると考えられた。

表 2 コドラート内の底生生物の個体数及び重量

調査日	定点名	アサリ		その他貝類		甲殻類		環形動物	
		個体数	重量 (g)	個体数	重量 (g)	個体数	重量 (g)	個体数	重量 (g)
2022/6/6	海側	0	0	100	2.83	6	0.53	540	0.68
2022/6/6	区画内	0	0	66	5.03	4	0.42	157	0.47
2022/6/6	陸側	1	0.01	101	6.52	4	0.69	361	0.77
2022/9/2	海側	2	0.56	22	1.71	3	0.07	77	0.16
2022/9/2	区画内	3	0.63	40	4.28	12	0.41	193	0.30
2022/9/2	陸側	0	0	22	2.4	3	0.11	78	0.03
2022/12/5	海側	0	0	0	0	3	0.46	5	0.02
2022/12/5	区画内	1	0.64	7	0.83	4	0.17	62	0.08
2022/12/5	陸側	0	0	19	0.85	3	0	38	0.36

参考文献

- 1) 相澤 康・滝口直之：MS-Excel を用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討. 水産海洋研究 63(4):205-214 (1999)
- 2) 岡本俊治・日比野学・荒川純平・黒田伸郎：矢作川河口におけるアサリ稚貝資源の動向. 愛知水試研報 16:1-8 (2011)

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)

友田 帆乃香・武智 昭彦*

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、愛媛大学では、サメの入手ノウハウ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により生産した抗原を用いて、当研究所が入手したサメ（エイラクブカ）を免疫し、引き続き飼育を実施した。

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及び伊予漁業協同組合から、小型機船底びき網漁で漁獲されたものを入手し、10kL コンクリート製八角水槽に收容して、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、餌付きが確認できた個体を免疫試験に供した。餌料として小型魚類を1回/日、投餌した。なお、水温が15°C以下になると斃死が増えるため、4、5月及び12月から3月まで15°Cに加温した。

免疫試験として、令和4年3月17日から令和5年3月23日の間に計8回、36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及び採血（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。免疫及び採血時には、500ppm 2-フェノキシエタノールで麻酔した。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。飼育中に斃死または斃死直前となったサメについては、全採血と脾臓摘出を行い、愛媛大学へサンプルとして提供した。

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、12.5°Cから26.1°Cの間で推移し、令和5年1月18日から15°Cに加温した。

免疫した36尾のうち、抗体価の上昇が確認された8尾から脾臓を摘出した。なお、令和5年3月23日現在、免疫した20尾の飼育を継続している。

本年度の試験では、配合飼料から生餌給餌に変更したことにより、飼育中の斃死が軽減され、抗体価の上昇が確認されるまで、より多くのサメの飼育を継続することができた。しかし、生餌の単独給餌により飼育コストが上昇することが想定されるため、配合飼料の併用を検討する必要がある。また、今年度は飼育水を段階的に加温することで斃死を軽減することができたが、魚体に、水槽内に設置された熱交換器（チタン温水管：温水温度約60°C）と直接接触したことが原因と思われる熱傷のようなものが見られたため、飼育水の加温方法を検討する必要がある。

表1 飼育結果

	免疫			脾臓摘出		継続飼育中(令和5年3月23日現在)			
	日付	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(%)
令和4年	3月17日	8	1,519	3	189-315	1	2506	371	12.5
	6月10日	8	1,583	5	90-132	3		286	37.5
	8月4日	2	1,665	0		1	1802	231	50.0
	8月18日	1	1,664	0		1	2019	217	100.0
	11月22日	9	2,477	0		7		121	77.8
	12月28日	4	2,249	0		4		85	100.0
令和5年	2月9日	3	2,284	0		2		42	66.7
	3月23日	1	2,625	0		1	2,625	0	100.0
	計	36		8		20			



図1 飼育期間中の日平均水温の推移