研究分野	3　生産性・市場性の高い産地形成に関する技術開発	**部　名**	増養殖部
研究課題名	⑵　アワビ・ウニ等の増殖に関する研究 ②　餌料海藻造成手法の検討		
予算区分	県単（栽培漁業推進事業費　）		
試験研究実施年度・研究期間	平成31年度～令和５年度		
担当	（主）北川　真衣（副）佐々木　司、渡邉　成美、田中　一志、高梨　脩		
協力・分担関係	国立研究開発法人水産研究・教育機構東北区水産研究所、玉川浜漁業協同組合、種市南漁業協同組合、小子内浜漁業協同組合、田老町漁業協同組合、大船渡市漁業協同組合、広田湾漁業協同組合		

＜目的＞

アワビやウニ類は餌の海藻類が不足すると、肥満度や身入りの低下、成長の停滞が生じる。これまでの調査結果から、本県沿岸に生育する海藻類のうち主要な餌料であるコンブの生育量は、冬期の海水温の高低に左右されることが明らかにされており、近年はこの時期の水温が高めに経過する影響でコンブの生育量が少ない年が多くなっている。この餌料海藻不足への対策としては、これまでの試験で、海中造林やウニ除去が一定の効果があることが確認されている。しかし、既存の海中造林では、海藻類の養成開始直後に芽落ちしやすく、その養成は不安定である。さらには天然餌料海藻の芽がウニの摂餌圧を被る冬期までに十分な量の海藻類を養成できておらず、海中造林でウニの摂餌圧を抑制するまでには至っていない。また、ウニの除去には多大な労力と経費を要すること、除去した痩せウニの事業規模での活用方法が確立していないことから、これらの対策は普及していない。

以上のことから、天然餌料海藻の芽出し時期にウニの摂餌圧を分散させることで天然餌料海藻の芽を守り、繁茂させるための、簡便で効果的な餌料対策を検討する。

＜試験研究方法＞

1　ワカメ等の人工種苗を用いたより効果的な餌料供給技術開発

⑴　ワカメ、スジメ等の人工種苗による効果的な海中造林技術の検討

ア　ワカメ半フリー種苗による海中造林手法の検討

無基質配偶体から作出した葉長数㎜サイズのワカメ無基質種苗について、付着基質であるクレモナ糸を15～20mmに切断して200Lアルテミア孵化槽（以下アルテミア孵化槽）に収容し、流水掛け流しで通気培養して中間育成した。この中間育成で得られた「ワカメ半フリー種苗」を用いて、餌料用のワカメを育成する方法を検討した。海中での試験は、洋野町宿戸地先の養殖施設と洋野町玉川浜漁港周辺において実施した。

(ｱ)　宿戸地先（洋野町）

平成30年11月14日に種市南漁協にワカメ半フリー種苗を配布し、漁協において餌料用の延縄式養殖施設に巻き込み、養成した。巻込みは、予めソフトロープに半フリー種苗を挟み込んだものを養殖ロープに巻きつけた。

(ｲ)　玉川浜漁港周辺（洋野町）

平成30年11月14日に玉川浜漁協にワカメ半フリー種苗を配布した。漁協において、マコンブの胞子を付着させた養殖ロープ（写真１）に前述のワカメ半フリー種苗を巻き込み（写真２）、餌料用の縦縄式養殖施設で養成した。なお、養殖ロープの一端には錘を、他端には浮を固定してから漁港周辺に設置し、海底からロープを立ち上げた。

写真１　マコンブの胞子を付着させた養殖ロープ
【玉川浜漁港周辺】

写真２　ワカメ半フリー種苗を巻き込んだ様子
【玉川浜漁港周辺】

イ　スジメ半フリー種苗による海中造林手法の検討

岩手県沿岸に生育する大型褐藻類の中で比較的に芽出しが早いとされるスジメについて餌料としての利用方法を検討した。

平成 30 年 11 月 30 日に田老町漁協コンブ種苗センターから入手したスジメ無基質種苗と、対照としてコンブ促成種苗を併せて搬入し、それぞれのクレモナ糸を 15～20 ㎜の長さに切断してアルテミア孵化槽に収容して流水掛け流しで通気培養を開始した。この培養で得られたスジメとコンブの半フリー種苗を海中で養成し、両者の生長や収穫量の差を比較した。海中での試験は、越喜来湾と小子内浜漁港周辺の養殖施設で行った。

(ｱ)　越喜来湾養殖施設（大船渡市）

平成 30 年 12 月 17 日に、越喜来湾の延縄式養殖施設において、ソフトロープに挟込んだスジメ及びコンブの半フリー種苗をそれぞれ養殖ロープに巻き込んで沖出し（写真３・４）、養成を開始した。その後平成 31 年１月から４月まで毎月１回生育状況を調査した。

(ｲ)　小子内浜漁港周辺（洋野町）

平成 31 年１月 25 日に、小子内浜地区の餌料用養殖施設において、スジメ及びコンブの半フリー種苗の巻き込みを行った。巻き込みは、半フリー種苗を１株ずつ細糸でロープに巻きつけて固定した（写真５・６）。

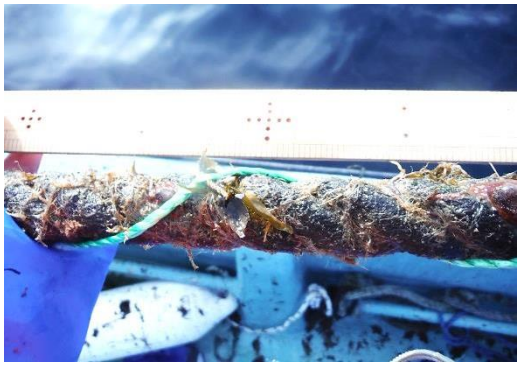

写真３
巻込み時のスジメ【越喜来湾養殖施設】

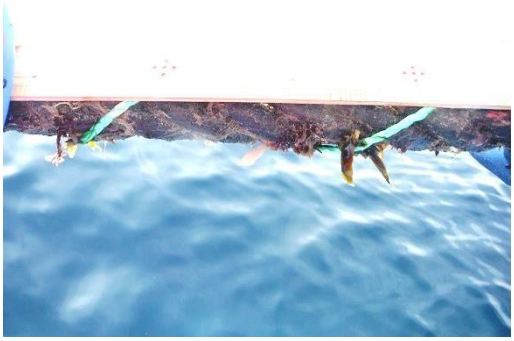

写真４
巻込み時のコンブ【越喜来湾養殖施設】

写真５　スジメ種苗の巻き込み状況
【小子内浜漁港周辺】

写真６　コンブ種苗の巻き込み状況
【小子内浜漁港周辺】

ウ　アラメフリー種苗による海中造林手法の検討

アラメ無基質配偶体から作出した「フリー種苗（基質に付着していない種苗）」を用いて海中林を造成する手法を検討した。

(ｱ) 末崎地先（大船渡市）

通気培養して全長 20～30 ㎝程度まで育成したアラメフリー種苗を水中ボンド（写真７）、ロープ（写真８）及びトリカルネット（写真９）でコンクリートブロックに装着し、沖出しまでの間は屋外水槽で流水かけ流しで育成した。平成 31 年１月 11 日に、大船渡市の末崎地先においてアラメを装着したブロックを船上から投入して海底に設置した（写真 10）。

(ｲ) 広田湾（陸前高田市）

通気培養して全長 20～30 ㎝程度まで育成したアラメフリー種苗を、令和元年５月にソフトロープに挟込んだ後（写真 11）、延縄式の養殖施設に巻き込んで沖出しした（写真 12）。

写真７
水中ボンドによるアラメの装着【末崎地先】

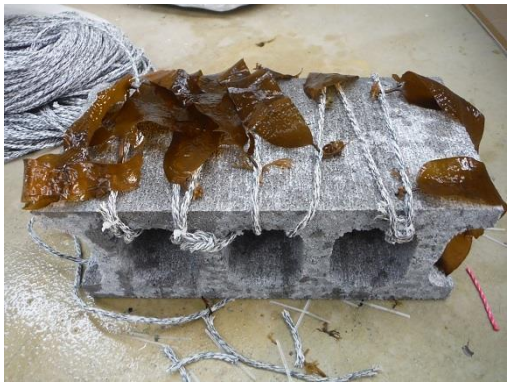

写真８
ロープによるアラメの装着【末崎地先】

写真９
トリカルネットによるアラメの装着【末崎地先】

写真 10
海底に投入したアラメブロック【末崎地先】

写真 11　ソフトロープに巻込んだアラメ【広田湾】

写真 12　養殖ロープに巻込んだアラメ【広田湾】

2　大型褐藻類を用いたウニの摂餌圧分散手法の検討

スジメやコンブといった大型褐藻類を餌料として冬期に漁場に投入し、それをウニに摂餌させることで天然コンブの幼芽に対する摂餌圧を分散して天然コンブの幼芽を守る手法を検討した。今年度は陸上水槽にて模擬試験を行った。

⑴ コンブ幼芽の準備

令和元年 11 月 21 日に田老町漁協コンブ種苗センターから入手したコンブ促成種苗の一部は種糸状のまま一端をソフトロープに挟み込み、太陽光の下で１ヶ月ほど角形水槽で流水かけ流しで通気培養した。その後、コンブの生長を抑制するために、２月まで遮光幕を水槽上にかけて遮光した。漁場を模した水中空間を立ち上げる約１週間前に遮光幕を外した。このように準備した種糸上のコンブ幼芽を天然コンブの幼芽に模した。

⑵ 餌料用海藻の準備

スジメ無基質種苗とコンブ促成種苗を令和元年11月21日に田老町漁協コンブ種苗センターから入手した。それぞれのクレモナ糸（種糸）を 15～20mm の長さに切断した。切断後のスジメ無基質種苗は入手した翌日に越喜来湾の養殖施設において養殖ロープに巻き込んで沖出しし、養成を開始した。切断後のコンブ促成種苗はアルテミア孵化槽に収容し、太陽光の下で流水かけ流しで通気培養した。その後 12 月に、越喜来湾の養殖施設において養殖ロープに巻き込んで沖出しし、養成を開始した。養成したスジメとコンブは令和２年２月に刈り取り、摂餌圧分散用餌料海藻とした。

⑶ 模擬海底の作製

外径 560 ㎜×390 ㎜×290 ㎜のポリプロピレン製カゴ（三甲株式会社製、商品名：サンテナーA ＃50-３）を使用した。⑴で準備したコンブ幼芽の種糸を約 500 ㎜ずつに切り、各カゴの底面に８本ずつ均等に括り付けた。コンブ幼芽を括り付けたカゴは底面が水深 120mm になるように６㎥角形水槽に設置した。試験開始前のカゴ１つ当たりのコンブ幼芽の重量は平均 16.5g、個体数密度は 21.5 本/㎝であった。以後、上記のとおりに設置したカゴを模擬海底と呼ぶ。

⑷ 試験設定

試験区は表１のとおりに設定した。すなわち、試験区は、ウニの収容の有無、餌料用海藻の投入の有無、餌料用海藻の種類によって６試験区とした。日長は、国立天文台暦計算室の令和２年２月中旬から３月上旬の盛岡市の日の出入りをもとに明期 11 時間、暗期 13 時間とし、照度は、使用する照明器具の最大照度である 1300 lx とした。試験には平均殻径 35.7mm のキタムラサキウニ（以下ウニ）を用いた。藻場形成に大きな影響を及ぼすウニの生息密度 200g/㎡以上（菊地ら 1974）をもとに、カゴへのウニ収容密度が約 209g/㎡となるよう、カゴ１個へのウニ収容数は４個体（平均総重量 82ｇ）とした。ウニ類の海藻摂餌量と水温ならびにサイズとの関係（町口

1997）に試験開始直前の海水温（９℃前後）とウニ供試個体の平均殻径を当てはめて試験期間中のウニの日間摂餌率をウニ供試個体の重量の９％と試算した。試験実施期間は２週間に設定し、当該期間中にウニ供試個体の飽食状態が維持されるよう投餌する餌料用海藻の量を設定した。すなわち、投餌する餌料用海藻の量は、前述のウニの日間摂餌率試算結果（９％）を上回るよう、１日当たりウニ供試個体重量の 10%相当とし、１カゴ当たり平均 116g とした。

令和２年２月 14 日に模擬海底（試験区２、３、５、６）に餌料用海藻（コンブ、スジメ）を収容し、模擬海底（試験区１～3）にはウニを収容して試験を開始した（写真 13～18）。試験区１において令和２年２月 21 日でコンブ幼芽のほとんどをウニが摂餌したことから、全試験区で試験を終了した。

試験終了時には、餌料用海藻とコンブ幼芽の総重量を測定し、更にコンブ幼芽については、種糸 10mm を１カ所として計４カ所無作為に抽出し、種糸上の全長２㎜以上の幼芽を計数した。得られた結果と、

試験開始時における投入した餌料量海藻重量平均 116g 及びコンブ幼芽重量平均 16.5g から重量の増減（増減量）を計算し、この数値を用いて結果を評価した。

表１　試験区（番号は試験区名を示す）

	餌料用海藻		
	なし	コンブ	スジメ
ウニ有	1	2	3
ウニ無	4	5	6

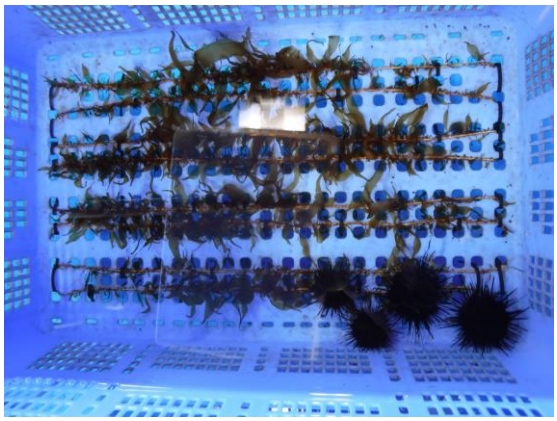

写真 13　試験区１

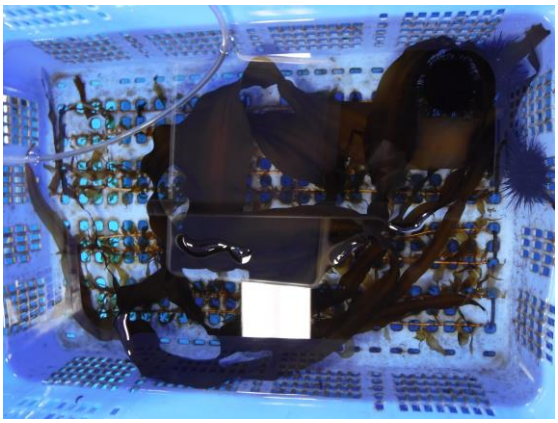

写真 14　試験区２

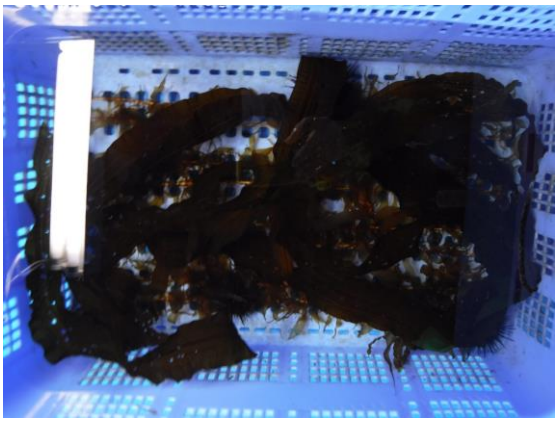

写真 15　試験区３

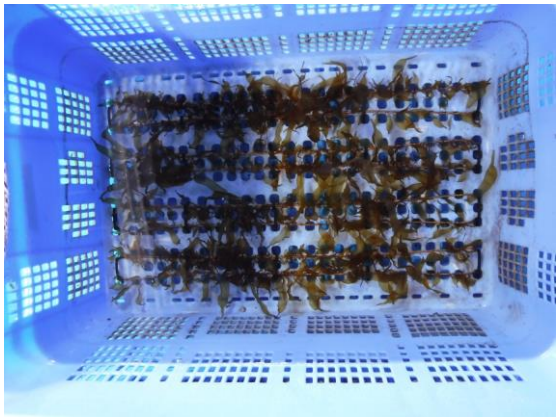

写真 16　試験区４

写真 17　試験区５

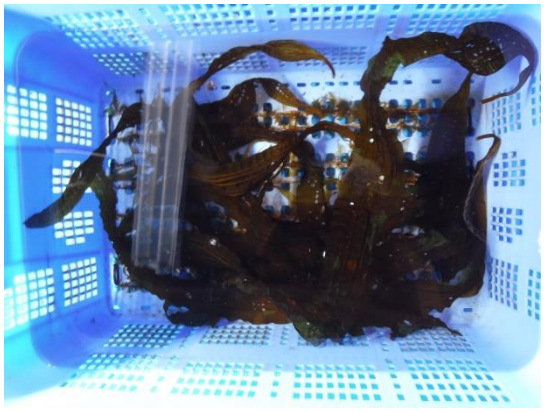

写真 18　試験区６

＜結果の概要・要約＞

１　ワカメ等の人工種苗を用いたより効果的な餌料供給技術開発

⑴　ワカメ半フリー種苗による海中造林手法の検討

ア　宿戸地先（洋野町）

総重量は 32.0kg/m、１本当たりの重量は 173.6g、１m 当たりの本数は 184 本となった（表２、写真 19）。同様に半フリー種苗を用いた越喜来湾での、平成 29 年度のワカメ養殖結果は、総重量は 16.5kg/m、１本当たりの重量は 305.6g、１m 当たりの本数は 54 本であった（表２、写真 20）。これらの結果から、生育密度を養殖生産より高めに設定することで餌料対策上重要な総重量を大きくできると考えられた。

表２　各試験の測定結果

	総重量（kg/m）	全重（g/本）	本数（本/m）
H30宿戸地先	32.0	173.6	184
H29越喜来	16.5	305.6	54

写真 19　H30 宿戸地先のワカメ

写真 20　H29 越喜来のワカメ

イ　玉川浜漁港周辺（洋野町）

令和元年５月 10 日に刈取りをした。ワカメはほぼ成長しておらず、測定不能であった（写真 19）。マコンブは、本数 348 本/m、総重量 4.59 kg/m 、平均全長 103.5 ㎝であった（写真 20、表３）。

表３　マコンブの各測定値

本数（本/m）	重量（kg/m）	平均全長（cm）
348	4.59	103.5

写真 21　刈取り時の様子（コンブのみ生育）

写真 22　刈取ったマコンブ

⑵　スジメ半フリー種苗による海中造林手法の検討

ア　越喜来湾養殖施設（大船渡市）

平成 30 年 12 月の沖出し時から、平成 31 年４月までの、養殖ロープ１m 当たりのスジメ・コンブの総重量および平均葉重を図１に示した。また、最終刈取りであった４月のスジメとコンブを写真 21、写真 22 に示した。平均葉重は２月刈取り時にスジメ 13.3g、コンブ 10.9g、３月刈取り時にスジメ 75g、コンブ 56g、４月の最終刈取り時にスジメ 311g、コンブ 445g となった。４月刈取り時の総重量は、スジメ 17.4 kg/m、コンブ 44.5 kg/mであった。最終的な総重量及び葉重の値はコンブの方が大きくなったが、３月刈取り時の葉重から、初期生長はスジメの方が早いといえる。

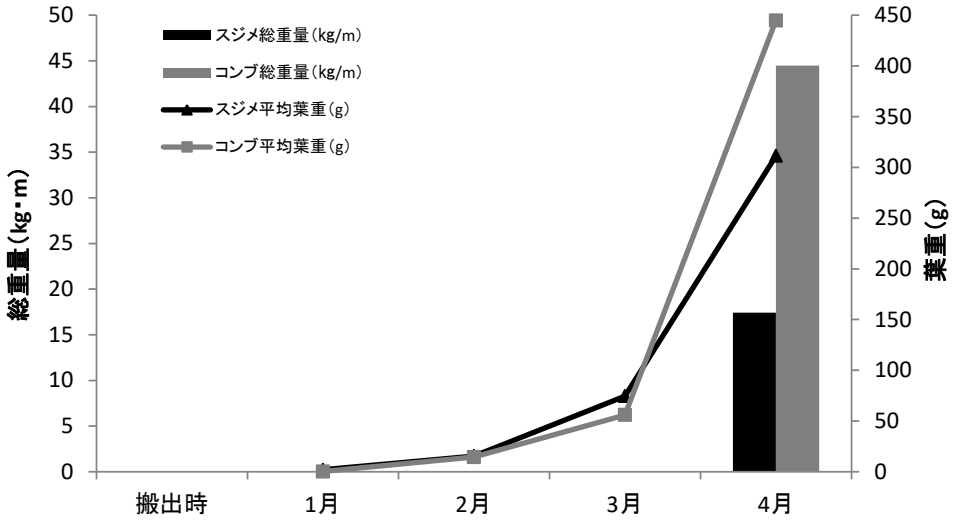

図１　養殖ロープ１m 当たりのスジメ・コンブの総重量および平均葉重

写真 23　スジメ【越喜来湾】

写真 24　コンブ【越喜来湾】

イ　小子内浜漁港周辺（洋野町）

総重量は、増殖溝ではスジメ 11.5kg/m、コンブ 0.8kg/m、沖ではスジメ 7.7kg/m、コンブ 14.8kg/m となった（図２）。スジメは波浪の強い場所、コンブはスジメより波浪の弱い場所に生息する傾向があることから、波浪の強い増殖溝ではスジメの方がより生長し、増殖溝より波浪の弱い沖ではコンブの方が生長したと推察される。

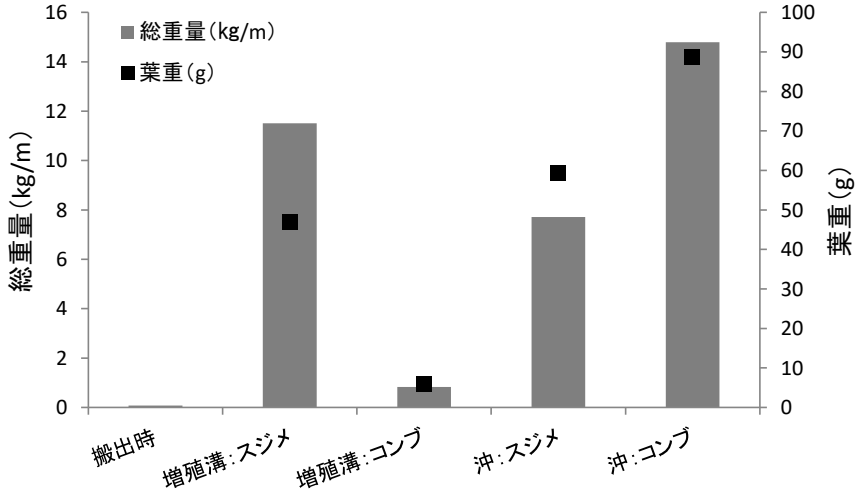

図２　養殖ロープ１m 当たりのスジメ・コンブの総重量および平均葉重

写真 25　スジメ【小子内浜・増殖溝】

写真 26　スジメ【小子内浜・沖】

写真 27　コンブ【小子内浜・増殖溝】

写真 28　コンブ【小子内浜・沖】

⑶　アラメフリー種苗による海中造林手法の検討

ア　末崎地先（大船渡市）

時化等により、経過観察や測定を延期しており、令和２年６月以降に実施予定。

イ　脇ノ沢漁港周辺（陸前高田市）

令和元年６月の観察では、アラメは生長を確認できる個体がある一方（写真 27）、枯れ始めている個体も散見された（写真 28）。また、アラメは、挟み込みに用いたソフトロープにしか仮根が活着していなかった。

なお、令和元年夏から秋にかけて発生した台風や時化の影響で養殖施設が破壊され、その後の経過観察はできなくなった。

写真 29　生長しているアラメ【広田湾】

写真 30　　枯れ始めのアラメ【広田湾】

2　大型褐藻類を用いたウニの摂餌圧分散手法の検討

ウニ、餌料用海藻を取り除く前の試験直後の写真を写真 29～34 に示した。また、残存したコンブ幼芽の様子のみを写真 35～40 に示した。

試験終了時のコンブ幼芽の増減量を図３に示した。コンブ幼芽の増減量は、ウニを収容している試験区では、試験区１で－14.2g、試験区２で－6.6g、試験区３で＋23.9g となり、餌料用海藻を投入していない試験区では大きく減少した一方、餌料用コンブを投入した試験区では小さく減少し、餌料用スジメを投入した試験区では増加した。一方、ウニを収容していない試験区では、試験区４で＋28.4g、試験区５で＋20.4g、試験区６で＋7.2g となり、餌料用海藻の投入の有無に関わらず各試験区でコンブ幼芽の重量は増加した。

試験開始時（試験区共通）及び試験終了時の試験区ごとの、コンブ幼芽の個体数密度を図４に示した。個体数密度は試験開始時に 21.5 本/㎝であったものが、試験終了時の９日後、試験区１で 1.3 本/㎝、試験区２で 5.8 本/㎝、試験区３で 14.0 本/㎝、試験区４で 8.3 本/㎝、試験区５で 8.3 本/㎝、試験区６で 8.5 本/㎝となった。このように、コンブ幼芽の個体数密度は各試験区で低下したが、とりわけウニを収容して餌料用海藻を投入していない試験区で顕著であり、その他の試験区では軽微であった。

試験終了時のコンブ幼芽の葉長組成（計測した１㎝×４カ所の個体数で表示）を図５に示した。試験区１では、葉長 30mm 以下の個体が少数残存した。試験区２では、やや少数の 50mm 以下の個体と少数の 100mm 前後の個体であった。試験区３、４、５および６では、多くの 60mm 以下の個体とやや少ない 60～200mm の個体であった。このように、コンブ幼芽は、ウニを収容して餌料用海藻を投入していない試験区で残存数が極めて少なく、サイズも小さかった。一方、他の試験区では、より多くのコンブ幼芽が残存し、サイズも大型を含む広範であった。

餌料用海藻の増減量を図６に示した。餌料用海藻の増減量は、試験区２でコンブが - 20.1g、試験区３でスジメが - 35.9g、試験区５でコンブが＋20.4g、試験区６でスジメが、−1.1g であり、試験区２と３ではウニが餌料用海藻を相当量摂餌していることが確認できた。

以上の結果から、餌料用海藻を給餌することで、ウニの摂餌圧が分散され、コンブ幼芽に対する摂餌圧が軽減されることが明らかとなった。このことは、餌料用海藻の給餌によりコンブ幼芽がウニの摂餌から保護されることを示している。また、餌料用海藻としては、スジメはコンブに比べてコンブ幼芽の保護効果が高い可能性が示唆された。

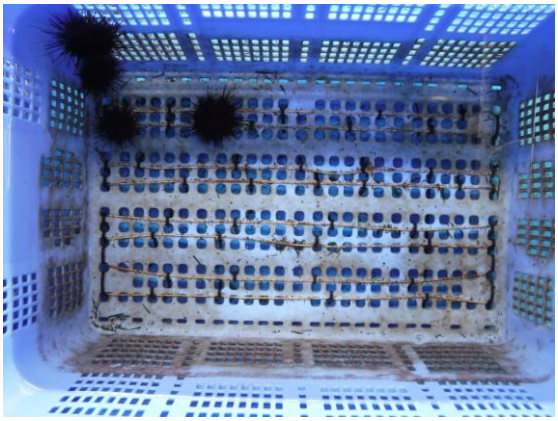

写真 31　試験区１－試験終了直後

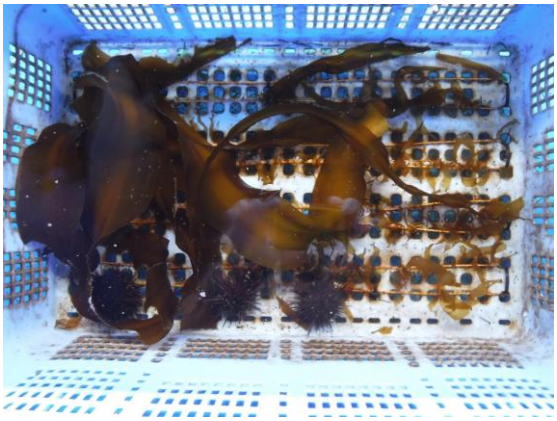

写真 32　試験区２－試験終了直後

写真 33　試験区３－試験終了直後

写真 34　試験区４－試験終了直後

写真 35　試験区５－試験終了直後

写真 36　試験区６－試験終了直後

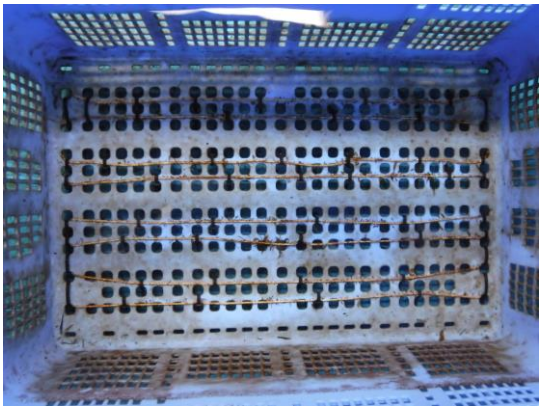

写真 37　試験区１－コンブ幼芽の状況

写真 38　試験区２－コンブ幼芽の状況

写真 39　試験区３－コンブ幼芽の状況

写真 40　試験区４－コンブ幼芽の状況

写真 41　試験区５－コンブ幼芽の状況

写真 42　試験区６－コンブ幼芽の状況

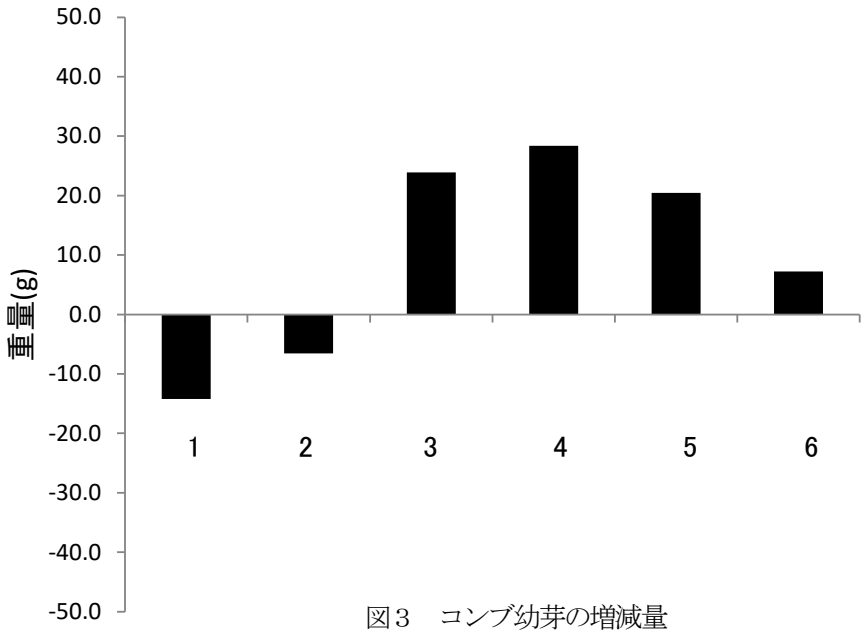

図３　コンブ幼芽の増減量

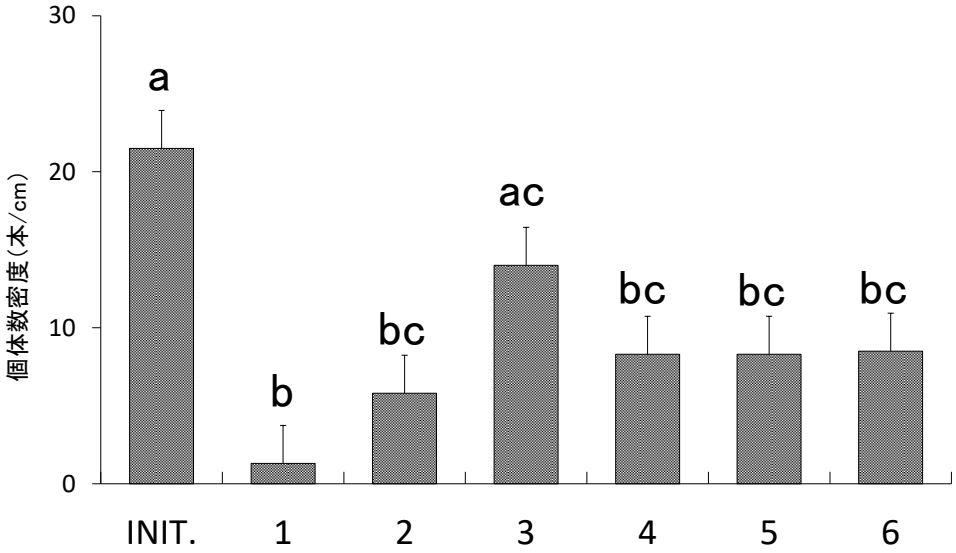

図４　コンブ幼芽の個体数密度

※*Tukey's honestly significant difference test*, p<0.05　コラム上の異なる添文字は有意差があることを示す

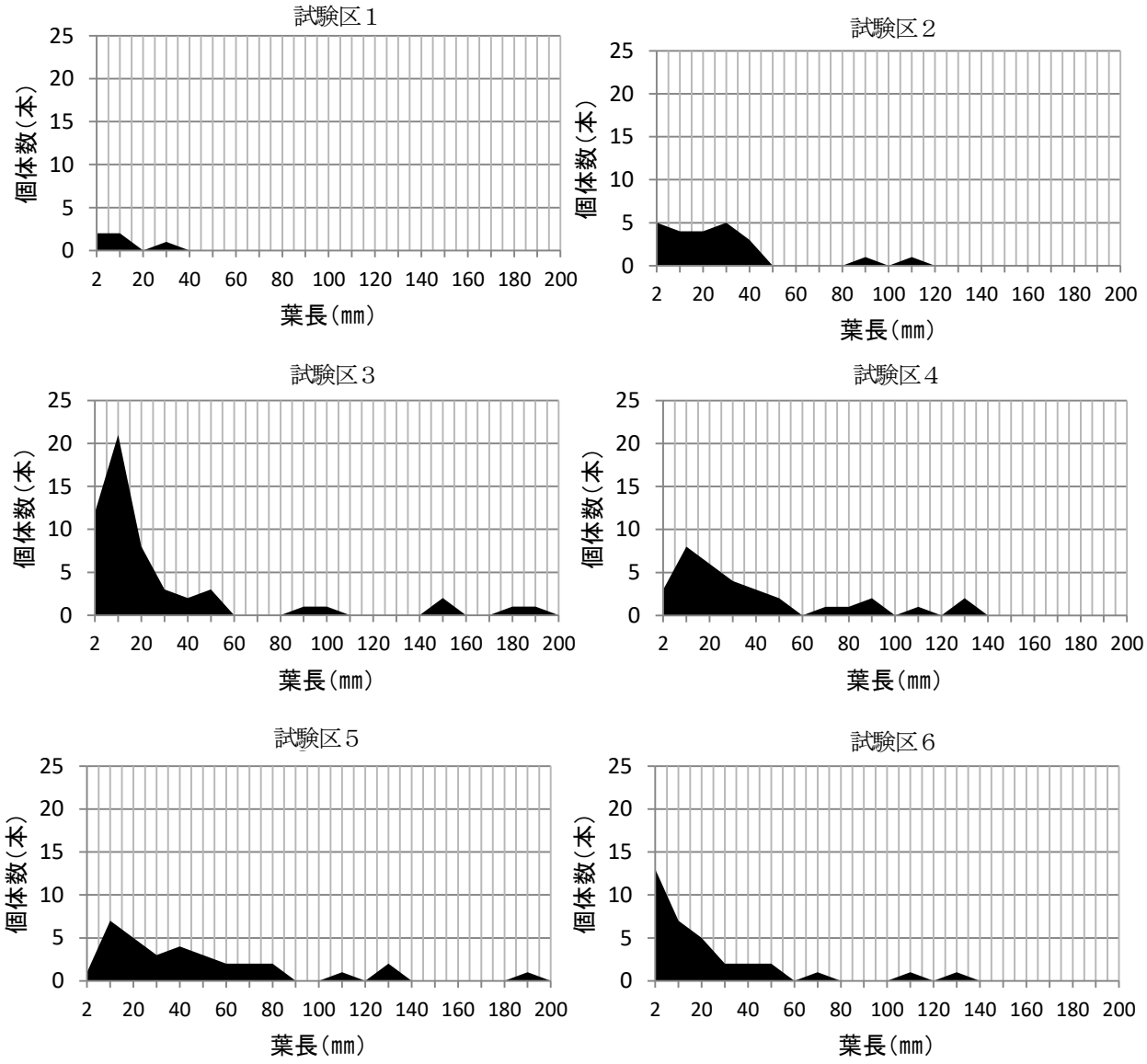

図５　試験終了時のコンブ幼芽の葉長組成

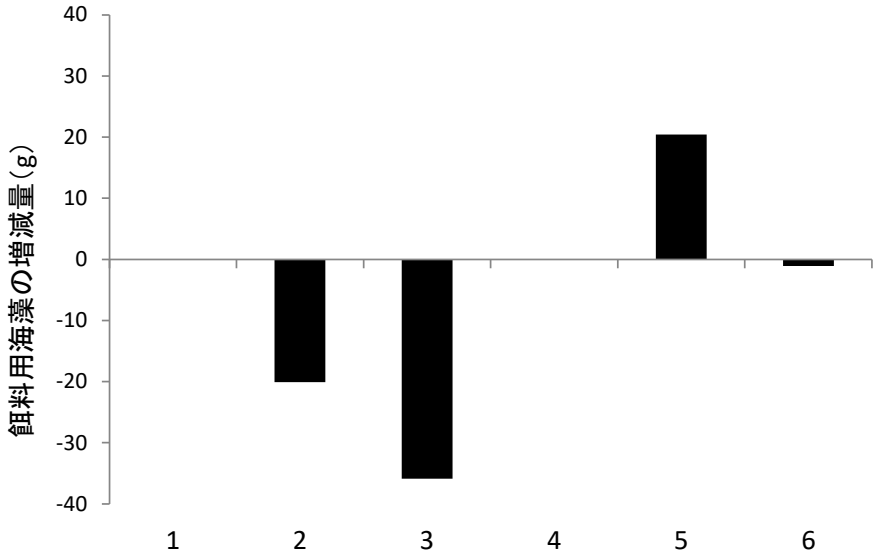

図６　餌料用海藻の増減量

＜今後の問題点＞

１　ワカメ等の人工種苗を用いたより効果的な餌料供給技術開発

養殖ロープ等の基質への活着が速やかに進まない場合、海藻の養成がうまくいかないことが分かった。基質への活着がし易い海藻の生長段階や、沖出し方法を検討する必要がある。

２　大型褐藻類を用いたウニの摂餌圧分散手法の検討

陸上での模擬試験と同様に、実際の漁場で大型褐藻類の給餌により、ウニの摂餌圧を分散し、天然コンブの幼芽を保護することが可能であるか検証する必要がある。

＜次年度の具体的計画＞

１　ワカメ等の人工種苗を用いたより効果的な餌料供給技術開発

岩手県におけるスジメ及びアラメの種苗生産技術の確立に向けた種苗生産試験を実施する。

２　大型褐藻類を用いたウニの摂餌圧分散手法の検討

大型褐藻類の給餌により、ウニの摂餌圧を分散し、天然コンブの幼芽を保護することができるか、漁場での実証試験を実施する。

＜結果の発表・活用状況等＞

１　その他

北川　アワビ・ウニ類の餌料対策の取組について（第52回浅海増養殖技術検討会）