

# 環境変化に対応した砂泥域二枚貝類の増養殖生産システムの開発 (アカガイ増養殖手法開発試験)

吉田 達・工藤 敏博\*・松尾 みどり\*・小谷 健二・小倉 大二郎・川村 要

## 目 的

陸奥湾におけるアカガイ養殖は天然で採捕した稚貝を種苗として用いることから、年によっては種苗を安定的に確保できないため、効率的に天然採苗できる技術を開発する。また、稚貝採取から出荷まで4年間も養殖しなければならないことから、養殖期間を短縮できる手法を開発するとともに、地まき増殖による生産方法を合わせて検討する。さらに、養殖アカガイは、天然アカガイに比べて、身の赤味が薄く、殻皮も少ないため、価格が安いことから、肉色や殻毛の品質改善を行う。

## 材料と方法

### 1 効率的な天然採苗技術の開発

#### (1) 母貝調査

天然貝を入手するために、平成22年7月14日、8月10日、9月6日の計3回、大湊湾(図1)でアカガイ桁網を1地点10分間曳網した。

養殖貝については、平成22年6月30日にむつ市川内町地先で漁業者が養殖していた平成17年産、平成18年産、平成19年産、平成20年産アカガイを購入して、当研究所の川内実験漁場(図2)に垂下した。産卵期前後の平成22年6月30日～9月5日にかけて5回、それぞれ30個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定した。

成熟状況を調べるために、内臓嚢を切開して、雌雄判別を行い、生殖腺の厚さを測定した。成熟ステージ<sup>1)</sup>を調べるために、ブアン氏液で固定し、パラフィンで包埋後、厚さ7 $\mu$ mの組織切片を作成し、ヘマトキシリン・エオシン二重染色法により染色して顕微鏡観察を行った。

#### (2) 浮遊幼生調査

産卵期前後の平成22年7月21日～10月5日にかけて6回、公海7地点(St.1～7)と、むつ市川内町地先の2地点(St.8～9)でラーバ調査を行った(図3)。公海7地点は北原式定量ネット(採水口面積0.04 $\text{m}^2$ 、NXX13メッシュ)を海底上3mから鉛直曳きしてサンプルを採取した。川内町地先2地点は5m、10m、20m、

30mの各層から海水2000をポンプで汲み上げて、13XXのネットでサンプルを採取した。サンプルは10%ホルマリンで固定後に、万能投影機で殻長と個体数を測定し、海水1 $\text{m}^3$ 当りの出現数に換算した。

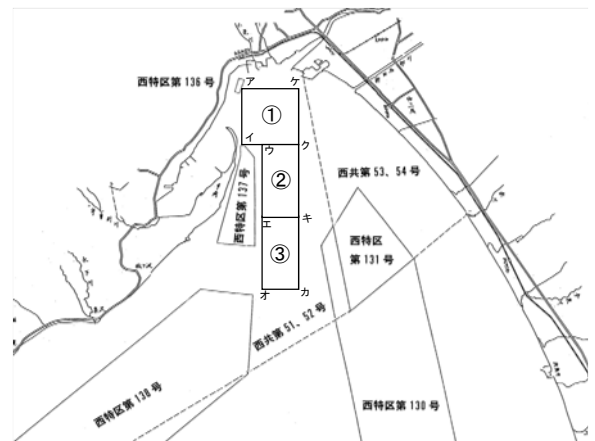


図1 母貝調査地点(天然貝)

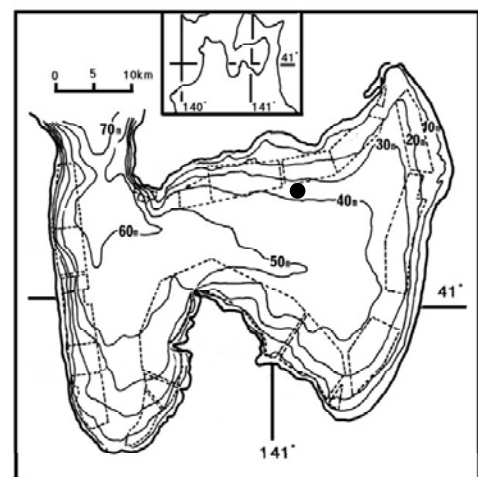


図2 母貝調査地点(養殖貝)

\*青森県東青地域県民局地域農林水産部青森地方水産業改良普及所

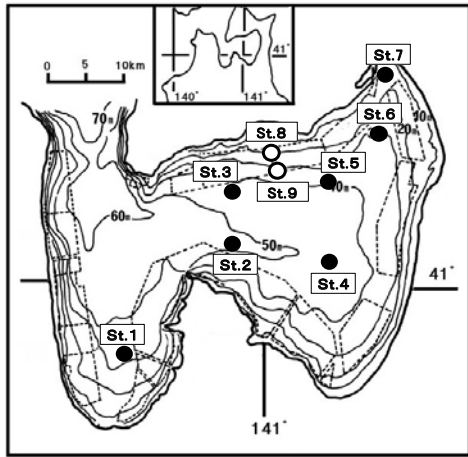


図3 浮遊幼生調査地点

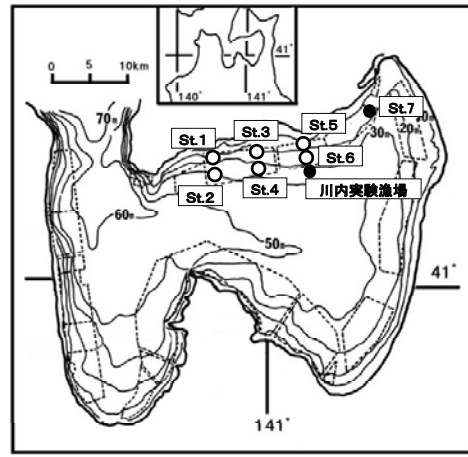


図4 付着稚貝調査地点

### (3) 付着稚貝調査

平成22年8月21日～9月5日にむつ市川内町地先の漁業者の養殖施設(沖側3地点、陸側3地点)、むつ市大湊地先の漁業者の養殖施設(1地点)、川内実験漁場へ採苗器を設置した(図4)。

漁業者の採苗器は目合2分、5段のパールネットの最下段に100匁の鉛の錘を取り付け、それぞれの段に付着器質としてネトロンネット(幅38cm、長さ70cm)を入れた。

川内実験漁場の採苗器は、目合2分、12段のパールネットを段間隔1.5mに調整し、潮流で吹き流されないように偶数段に100匁の鉛の錘を取り付けた。それぞれの段には、付着器質としてネトロンネット(幅38cm、長さ70cm)を入れ、幹網水深8mの施設に垂下した。

漁業者の採苗器は平成23年5月10日に、川内実験漁場の採苗器は5月26日に回収して、アカガイ稚貝の付着数と殻長を調べた。

## 2 効率的な増養殖技術の開発

### (1) 養殖改良試験

むつ市川内町地先で漁業者が養殖していたアカガイを入手して、平成21年10月28日に川内実験漁場(図4)に垂下した。

対照区として、目合3分、5段のパールネットに平成17年産貝を8個体/段、平成18年産貝を12個体/段、平成19年産貝を20個体/段、平成20年産貝を25個体/段収容したほか、目合7分、5段の丸籠に平成17年産貝を10個体/段、平成18年産貝を15個体/段収容した。

密度による違いを調べるため、対照区と同じパールネットに約1.5倍の収容密度となるように平成17年産貝を12個体/段、平成18年産貝を18個体/段、平成19年産貝を30個体/段、平成20年産貝を40個体/段収容した高密度区を作成した。

籠の底面形状による違いを調べるため、対照区と同じパールネットの底面に市販のカーペットを貼り付け、対照区と同じ密度で収容した改良ネット区を作成した。

錘の有無による違いを調べるため、対照区と同じパールネットに同じ密度で収容し、下段に2kgのコンクリートを錘として取り付けたコンクリート錘区を作成した。

コンクリート錘区以外のパールネットは4～5段目に太枠(352g/段)を用い、丸籠には錘を付けなかった。

平成22年5月18日と10月15日に回収して、生貝数、死貝数の計数、殻長、全重量、軟体部重量を測定したほか、平成17年産貝については色彩色差計(ミノルタ社製CR200)で足部と内臓囊の明度(L)と色度(赤系aと黄系b)をそれぞれ測定した。

## (2) 地まき増殖試験

平成 21 年 7 月 27 日にむつ市川内町地先の海底(水深 15m、泥場)に漁業者が養殖していたアカガイを購入して種苗放流を行った(図 5、6)。

サイズ別の比較を行うために、直径 40cm のアブラメ籠を海底に埋設し、地まきホタテガイの適正放流密度<sup>2)</sup>である 6 個体/m<sup>2</sup>を参考に、平成 17 年産貝を 16 個体/籠、平成 18 年産貝を 19 個体/籠、平成 19 年産貝を 24 個体/籠、平成 20 年産貝を 30 個体/籠収容した。

収容密度による比較を行うために、平成 17 年産貝を前述の密度の 0.5 倍となる 8 個体/籠と、1.5 倍となる 24 個/籠で収容した密度別試験区を作成した。

ヒトデによる食害の影響を比較するために、平成 20 年産貝 750 個体を 5m 四方の海底に直播きした非囲い網試験区を作成した。

放流後は 1 ヶ月に 1 回、潜水夫を用いて、アブラメ籠の掃除、放流場所付近のヒトデ駆除を行った。

平成 22 年 7 月 12 日に回収して、生貝数、死貝数を計数し、へい死率を算出したほか、20 個体の殻長、全重量、軟体部重量を測定したほか、平成 17 年産貝については色彩色差計で足部と内臓囊の明度(L)と色度(赤系 a と黄系 b)をそれぞれ測定した。

なお、平成 20 年 7 月 25 日に川内町漁業協同組合が独自に放流した非囲い網試験区(平成 18 年産貝 500 個体を 5m 四方の海底に直播き)と、囲い網試験区(縦 5m、横 5m、高さ 1m の鉄枠に目合 2.7cm のネットを張り、平成 18 年産貝 500 個体を放流)も、同様に調査を行った。

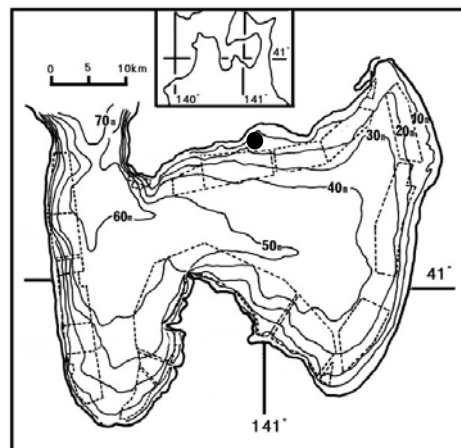


図 5 地まき増殖試験の調査地点

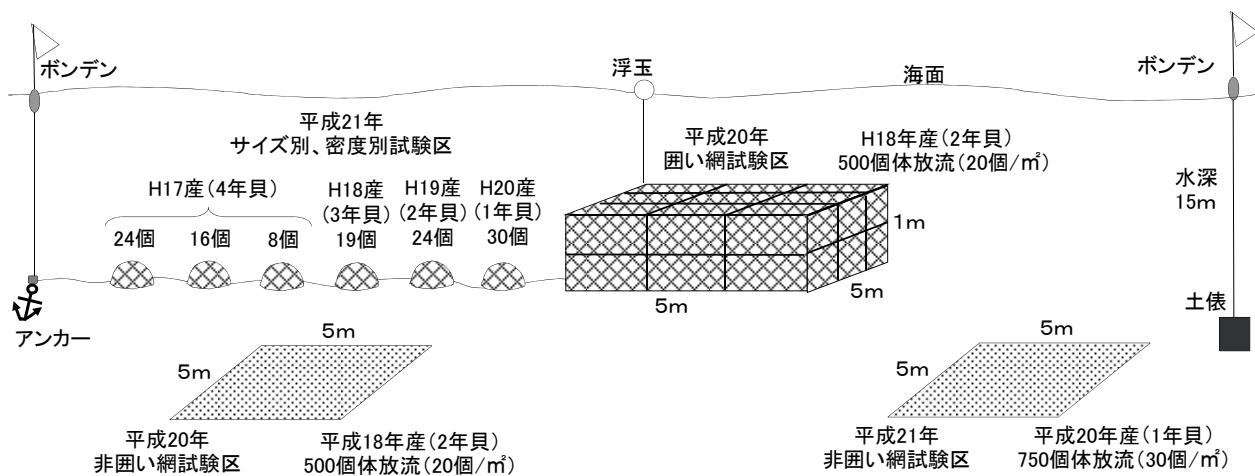


図 6 地まき増殖試験における各試験区の設置状況

## (3) 環境調査

平成 21 年 10 月～平成 22 年 10 月にメモリー式水温計(Onset Computer 製 HOB0 WaterTempPro)を川内実験漁場の養殖施設の幹網に取り付けて、1 時間間隔で水温を記録した。

平成 21 年 7 月～平成 23 年 3 月に月 1～2 回、川内実験漁場の水深 15m 層よりバンドーン採水器を用いて海水を採取し、試水 1 リットルをワットマン GF/C フィルターでろ過した後、アセトン抽出法により蛍光分光高度計(日本分光製 FP750)でクロロフィル a 量を測定した。

## 2 品質改善技術の開発

### (1) 肉色の数値化

国内産の天然アカガイの肉色を調べるために、平成 22 年 6 月 8 日、9 月 6 日に宮城県仙台湾産、平成 22 年 11 月 5 日に石川県七尾湾産のアカガイを入手して、色彩色差計で足部、内臓囊の明度(L)と色度(赤系 a と黄系 b)をそれぞれ測定した。

### (2) 品質改良試験

#### ① 梱包方法別試験

平成 22 年 11 月 24 日に久栗坂実験漁場及び川内実験漁場から回収し、研究所前の棧橋に垂下した養殖 3 年貝を用いて、平成 22 年 12 月 21 日に以下のとおり試験区を作成した。

対照区は、内寸 27cm、35cm、11.7cm の発泡スチロール箱に吸水シートを敷き、平均殻長 6.7cm のアカガイを 20 個体収容して、箱の上蓋をした。

酸素封入区は、対照区と同じ箱に、縦 74cm、横 63cm のガスバリアー袋を入れ、袋の内部に吸水シートを敷いて、アカガイを 20 個体収容し、高濃度で酸素を充填した。袋から酸素が抜けないようにケーブルタイで 4箇所締めた後、箱の上蓋をした。

無酸素区は、酸素封入区と全く同じ梱包をし、ガスバリアー袋内の酸素を除去するために高濃度で窒素を充填した。

それぞれの箱は 5℃の冷蔵庫に保管し、3 日後の 12 月 24 日に開封して、色彩色差計で 20 個体の足部、内臓囊の明度(L)と色度(赤系 a と黄系 b)を測定した。

対照区の箱内、酸素封入区と無酸素区のガスバリアー袋内に、メモリー式温度計(Onset Computer 製 TidbiT)とメモリー式酸素計(泰栄電器製 OXYMAN)を入れて、1 時間間隔で温度と酸素濃度を記録した。また、冷蔵庫内の温度も同様に記録した。

#### ② 泥蓄養試験

泥中で蓄養したアカガイの成長、生残率、肉色を調べるため、むつ市漁業協同組合が設置しているホタテガイ養殖施設(図 7)に以下のような試験区を設置した。

垂下蓄養区として、直径 30cm、深さ 25cm の容器(通称、ナマコ樽)に、海底から採取した泥を入れて、アカガイを 7 個体ずつ収容し、平成 22 年 6 月 11 日にホタテガイ養殖施設に設置した。容器にはヒトデ等の食害を防ぐためにネットロンネットを被せた。養殖施設の漁場水深は 8m、幹網水深は 2m、幹網から容器までのロープ長は 6mにした。

海底直播区として、6 月 11 日に潜水夫を用いて 100 個体のアカガイを海底に放流し、ヒトデ等の食害を防ぐために、縦 2m、横 2m、高さ 1m の鉄枠の側面と上面に網を張って、放流場所に被せた。

海底籠蓄養区として、直径 50cm の籠網にアカガイを 30 個体ずつ収容して、籠が海底に埋まるようにロープ長を調整して 8 月 6 日に養殖施設に取り付けた。

測定のために、垂下蓄養区は平成 22 年 7 月 5 日、8 月 10 日、9 月 6 日に、海底直播区は 8 月 10 日に、海底籠蓄養区は 9 月 6 日、10 月 5 日、11 月 16 日にそれぞれアカガイを回収した。生貝数、死貝数を計数し、殻長、全重量、軟体部重量を測定した他、色彩色差計により足部と内臓囊の明度(L)と色度(a, b)を測定した。

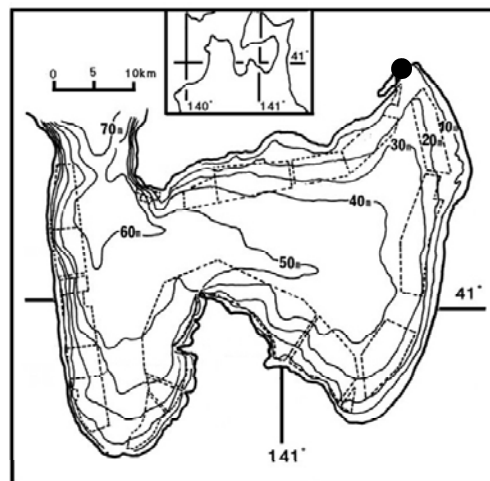


図 7 泥蓄養試験の調査地点

## 結果と考察

### 1 効率的な天然採苗技術の開発

#### (1) 母貝調査

##### ① 天然貝調査

桁曳き調査の結果を表 1-1～1-2 に示した。

アカガイは全く採捕されなかった。ただし、比較的新しい黒々とした殻皮を持った死貝が数個体採捕されたことや、調査前(6月)に漁協事業で作業中の潜水夫が図 1 の区域①で生きたアカガイを確認していることから、個体数は少ないものの生息しているものと考えられた。

表 1-1 桁曳き調査の結果

調査月日	平成22年7月14日						
	③				②		
地点	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目
曳網回数							
水深(m)	18.5	18.7	19.1	13.2	17.2	15.7	16.5
底質	泥	泥	泥	泥	泥	泥	泥
曳網時間(分)	10	10	10	7	10	10	10
桁網の着底緯度	41° 14' 32N	41° 14' 32N	41° 14' 02N	41° 13' 37N	41° 14' 60N	41° 15' 37N	41° 15' 18N
桁網の着底経度	141° 10' 26N	141° 10' 32N	141° 10' 11N	141° 09' 47N	141° 10' 23N	141° 10' 39N	141° 10' 24N
桁網の揚網緯度	41° 14' 12N	41° 14' 13N	41° 13' 43N	41° 13' 47N	41° 15' 20N	41° 15' 18N	41° 15' 32N
桁網の揚網経度	141° 10' 11N	141° 10' 14N	141° 09' 55N	141° 09' 52N	141° 10' 28N	141° 10' 31N	141° 10' 26N
曳網距離(m)	709	720	694	330	628	615	435
桁網の幅(m)	2	2	2	2	2	2	2
曳網面積(m <sup>2</sup> )	1,113	1,130	1,090	518	986	966	682
個体数	スナヒトデ				4		
(個体)	キヒトデ				1		
	ニホンヒトデ				1		
	アカザラ				3		
	マナマコ				1		

表 1-2 桁曳き調査の結果

調査月日	平成22年8月10日					平成22年9月6日			
	①					①			
地点	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	1回目	2回目	3回目	4回目
曳網回数									
水深(m)	14.4	15.6	15.1	15.5	16.1	14.5	14.5	15.7	15
底質	泥	泥	泥	泥	泥	泥	泥	泥	泥
曳網時間(分)	10	10	10	4.5	10	10	10	10	10
桁網の着底緯度	41° 15' 48N	41° 15' 33N	41° 15' 48N	41° 15' 52N	41° 15' 36N	41° 15' 51N	41° 15' 56N	41° 15' 54N	41° 15' 48N
桁網の着底経度	141° 10' 24N	141° 10' 17N	141° 10' 32N	141° 10' 27N	141° 10' 31N	141° 10' 29N	141° 10' 34N	141° 10' 36N	141° 10' 45N
桁網の揚網緯度	41° 15' 32N	41° 15' 37N	41° 15' 59N	41° 15' 45N	41° 15' 21N	41° 15' 38N	41° 15' 49N	41° 15' 47N	41° 15' 46N
桁網の揚網経度	141° 10' 20N	141° 10' 31N	141° 10' 32N	141° 10' 30N	141° 10' 28N	141° 10' 29N	141° 10' 27N	141° 10' 48N	141° 10' 40N
曳網距離(m)	502	347	340	227	468	401	270	352	131
桁網の幅(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
曳網面積(m <sup>2</sup> )	789	546	533	356	735	630	424	553	206
個体数	エゾヒバリ					1			
(個体)	シヤコ					1			

##### ② 養殖貝調査

調査に用いたアカガイの平均殻長は、養殖 2 年貝(平成 20 年産貝)36.8～40.0mm、養殖 3 年貝(平成 19 年産貝)が 53.8～57.3mm、養殖 4 年貝(平成 18 年産貝)が 67.9～71.0mm、養殖 5 年貝(平成 17 年産貝)が 68.5～72.4mm であり、養殖 4 年貝と養殖 5 年貝はほぼ同じサイズであった(図 8)。前年度の調査でも、平成 18 年産貝と平成 17 年産貝の差は小さかったが、これは平成 17 年産貝の成長不良によるものと考えられた。

内臓囊を切開して成熟状況を観察した結果、養殖 4～5 年貝はピーク時に全ての個体で成熟が見られたが、養殖 3 年貝は約 7 割の個体しか成熟を確認できなかった。養殖 2 年貝に至っては肉眼で成熟確認できる個体がなかったため、組織切片を確認した。7 月 21 日は観察した 10 個体中 9 個体が未熟期、1 個体が成長前期(精巣)であり、8 月 4 日には観察した 10 個体中 7 個体が未熟期、2 個体が成長前期(精巣)、1 個体が成長後期(精巣)であったが、8 月 24 日は 10 個体全てが未熟期であった(写真 1)。このことから、陸奥湾における養殖アカガイは殻長 5～8cm の養殖 3～5 年貝が再生産に寄与していることが

明らかになった。

また、調査個体に占める成熟個体の割合(図9)は、養殖3～5年貝で8月4日にピークに達しており、また生殖巣の厚さ(図10)も養殖4～5年貝で8月4日にピークに達することから、産卵時期は8月中旬と考えられた。平成21年度は産卵時期が8月下旬であったことから、産卵時期は年によって変動があることが分かった。これは水温の影響と考えられるが、養殖施設に設置したメモリー式水温計のデータから、産卵水温は22～23℃と推定された(図11)。

軟体部歩留まりは7月から9月にかけて減少した(図12)。これは成熟・産卵の影響によるものと考えられるが、平成21年度とは異なり、産卵後の歩留まり回復が見られなかった。

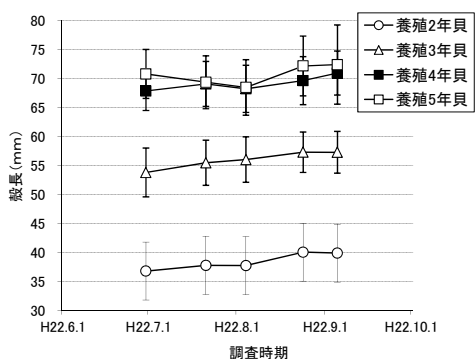


図8 殻長の推移(バーは標準偏差)

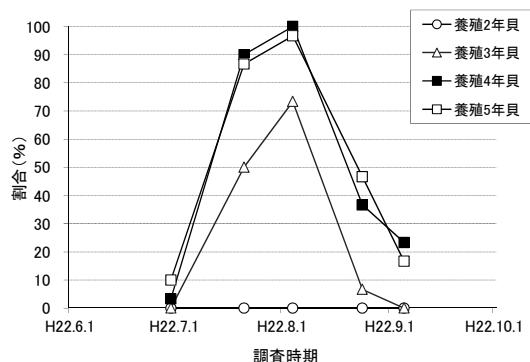


図9 調査個体に占める成熟個体の割合

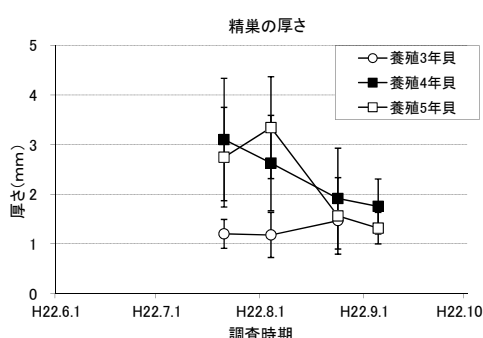
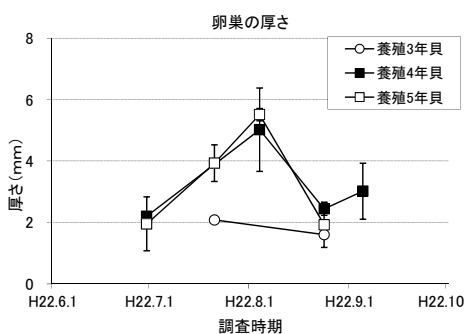


図10 生殖巣の厚さの推移(左は卵巣、右は精巣、バーは標準偏差)

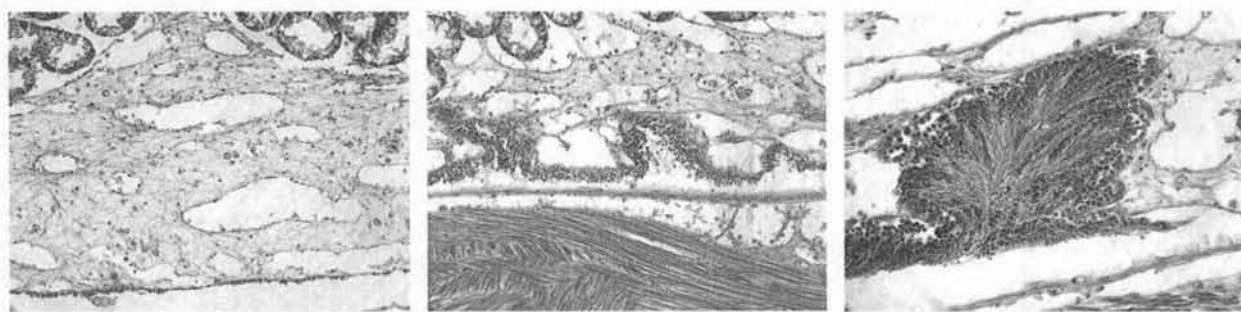


写真1 8月4日における養殖2年貝の生殖巣(左から未熟期、成長前期の精巣、成長後期の精巣)

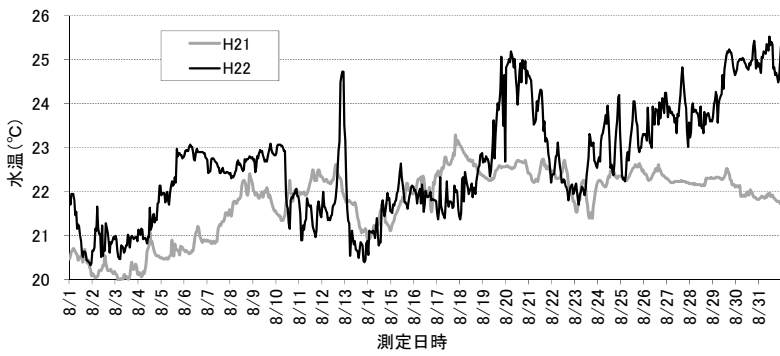


図 11 平成 21 年と平成 22 年の産卵期前後における川内実験漁場の養殖施設の幹綱水深での毎時水温の推移

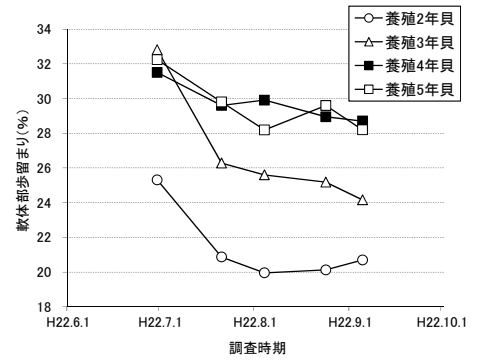


図 12 軟体部歩留まりの推移

(2) 浮遊幼生調査

浮遊幼生の出現数は前年度と同様に西湾(St. 1)よりも東湾(St. 2~St. 9)で多い傾向を示した(図 13)。東湾の出現ピークは8月上旬~8月下旬で、前年度(8月下旬~9月上旬)よりやや早かった。これは前述のとおり産卵時期が早かったことによるものと考えられた。

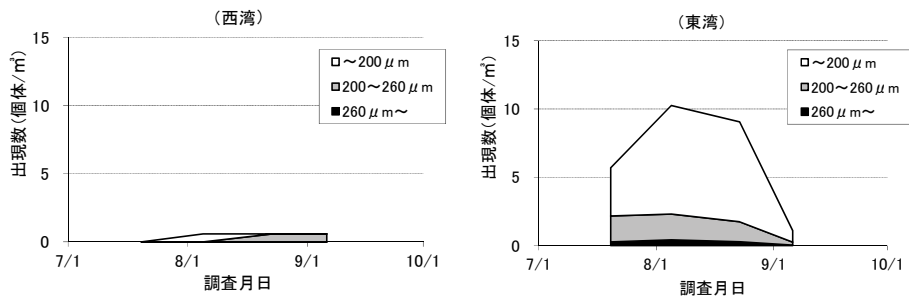


図 13 アカガイ浮遊幼生のサイズ別出現数

地点別の出現数も前年度と同様に、東湾の St. 7 で 53.7 個/m<sup>3</sup> と最も多く出現し、次いで St. 5、St. 9 が約 33 個体/m<sup>3</sup> と比較的多かった(図 14)。

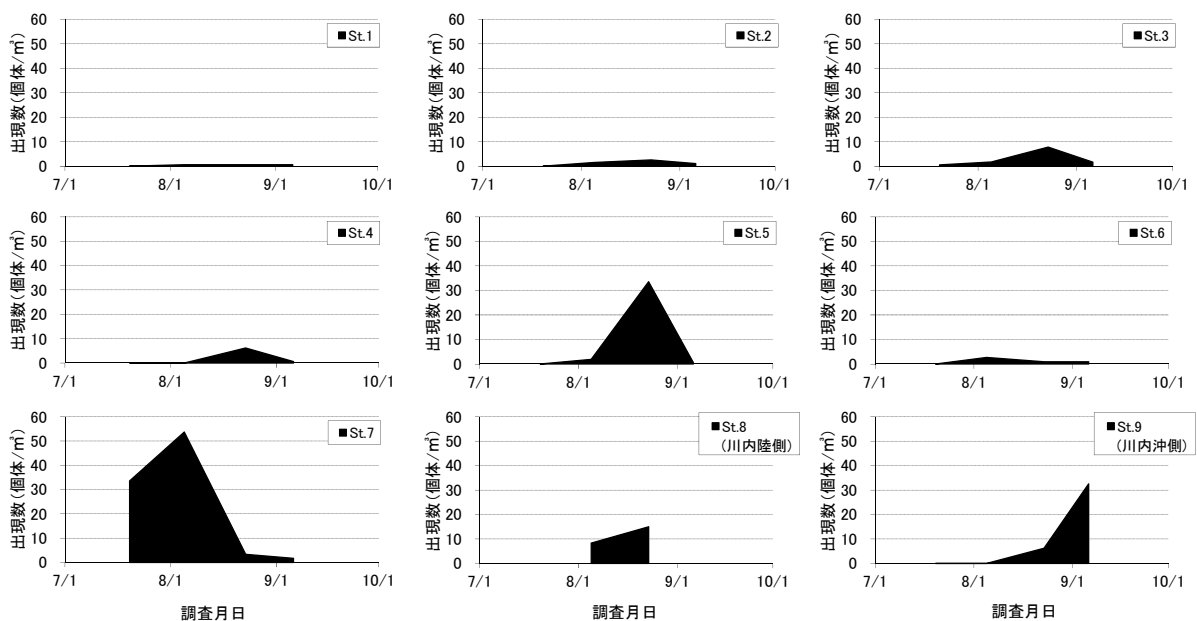


図 14 アカガイ浮遊幼生の地点別出現数

川内地先(St. 8、St. 9)の水深別出現数についても、前年度と同様に、陸側では水深 5~10m 層の浅い水深で多く、沖側では水深 20m の中層で多かった(表 2)。

表 2 アカガイ浮遊幼生の水深別出現数

調査水深	8月5日		8月23日	
	St.8 (川内陸側)	St.9 (川内沖側)	St.8 (川内陸側)	St.9 (川内沖側)
5m	25	0	25	0
10m	0	0	20	0
20m	0	0	0	25
30m	-	0	-	0

(3) 付着稚貝調査

漁業者の採苗器の調査結果を表 3、図 15 に示した。

地区別に見ると、前年度と同様に西側の蠣崎地区(陸側)の付着数が多かったが、東側の黒崎地区(沖側)やむつ地区でも多い傾向を示した。1 連当たりの付着数は、黒崎地区(沖側)で 70 個体、蠣崎地区(陸側)で 57 個体、68 個体と、前年度に比べると非常に多かった。時期別に見ると、8 月投入が 27.7 個体/連と、9 月投入の 14.7 個体/連よりも多かった。平均殻長は 8 月投入が 15.5mm と、9 月投入の 10.9mm よりも大きかった。矢幅ら<sup>3)</sup>は、陸奥湾東部の北側に特徴的な渦状の流れがあることを報告しており、アカガイ浮遊幼生もこの流れに乗って移動している可能性がある。付着数の多い場所と少ない場所が存在するのは、そのためと考えられる。

表 3 漁業者の採苗器の調査結果

地区名	蠣崎		川内		黒崎		むつ	平均
場所	陸側 St.1	沖側 St.2	陸側 St.3	沖側 St.4	陸側 St.5	沖側 St.6	St.7	
漁場水深(m)	30	-	27	34	28	32	16	
8月投入 投入月日	8月21日	8月下旬	8月25日	8月21日	8月23日	8月23日	8月24日	
幹網水深(m)	15	-	-	18	15	16	10	
付着数(個体/連)	57	-	4	8	0	70	27	27.7
殻長(mm) 平均	17.9	-	9.6	17.3	-	15.1	17.6	15.5
標準偏差	3.1	-	1.0	3.1	-	3.6	3.7	2.9
9月投入 投入月日	9月2日	9月上旬	9月5日	9月2日	9月2日	9月2日	9月2日	
幹網水深(m)	15	-	-	18	20	23	10	
付着数(個体/連)	68	12	5	13	0	0	5	14.7
殻長(mm) 平均	16.0	8.1	8.5	14.0	-	-	7.9	10.9
標準偏差	2.8	1.9	1.6	2.8	-	-	1.1	2.0

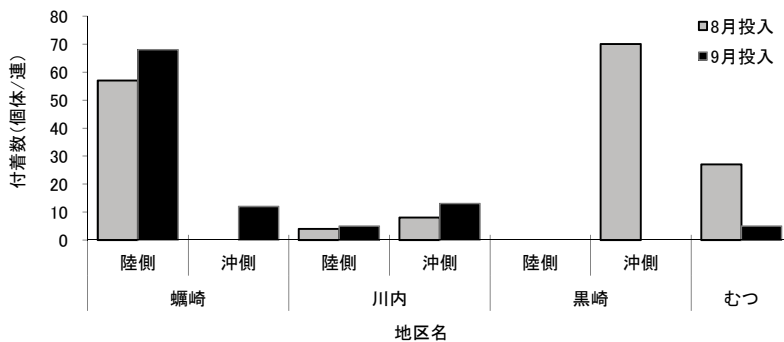


図 15 漁業者の採苗器の調査結果

川内実験漁場の採苗器の調査結果を図 16 に示した。

漁業者の採苗器と同様に前年と比べて付着数が非常に多かった。段別に見ると、上段で 8.5 個体/段、中段で 5.3 個体/段、下段で 15.3 個体/段と下段の付着数が多かったが、平均殻長は上段で 19.3mm、中段で 17.1mm、下段で 15.8mm と上段の稚貝が大きかった。段別の付着数の差は水深別の浮遊幼生出現数の違い<sup>4)</sup>によるものと考えられ、成長差は籠内の生息密度と水深別の植物プランクトン量の違いによるものと考えられた。

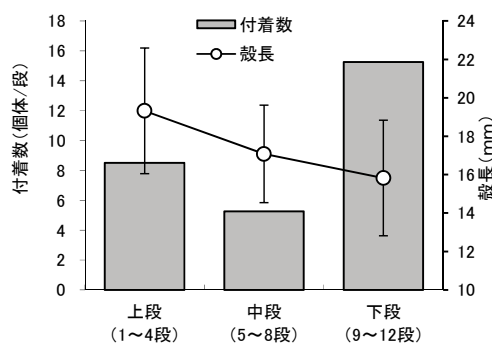


図 16 川内実験漁場の採苗器の調査結果 (バーは標準偏差)



2 効率的な増養殖技術の開発

(1) 養殖改良試験

平成 22 年 5 月 28 日の中間測定時の測定結果を表 4 に、10 月 15 日の試験終了時における測定結果を表 5 に示した。

表 4 養殖改良試験の中間測定時における測定結果

試験区	対照区						コンクリート鍾区				高密度区				改良ネット区			
	ネット	ネット	ネット	丸籠	ネット	丸籠	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット
種類	1	2	3	3	4	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
年貝	21	20	19	19	18	18	21	20	19	18	21	20	19	18	21	20	19	18
稚貝の採取年度	20	19	18	18	17	17	20	19	18	17	20	19	18	17	20	19	18	17
生貝(個体)	122	94	59	72	38	52	114	97	60	40	189	147	78	59	120	97	56	38
死貝(個体)	2	3	1	3	2	1	6	3	0	0	9	2	7	1	4	3	4	2
生残率(%)	98.4	96.9	98.3	96.0	95.0	98.1	95.0	97.0	100.0	100.0	95.5	98.7	91.8	98.3	96.8	97.0	93.3	95.0
殻長	平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均	
(mm)	35.5	54.6	69.2	68.3	69.4	72.0	35.5	54.1	70.5	69.1	34.3	54.1	67.5	67.5	35.8	55.3	68.0	69.6
標準偏差	2.8	3.8	3.8	5.1	6.2	4.0	2.8	3.8	4.3	5.8	2.8	3.9	4.5	4.7	3.1	3.5	3.5	3.1
全重量	平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均	
(g)	10.6	39.4	78.5	78.0	81.2	89.3	10.5	39.1	81.5	80.8	9.3	36.2	73.9	74.4	10.5	41.4	76.6	81.0
標準偏差	2.2	7.8	11.9	15.5	19.3	12.7	2.5	7.4	10.3	17.4	2.1	7.3	11.8	13.3	2.6	6.7	11.9	13.9
軟体部重量	平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均	
(g)	2.8	11.6	25.8	25.2	26.0	28.1	3.1	11.9	26.1	24.0	2.5	11.3	24.2	22.6	3.0	12.4	23.6	25.3
標準偏差	0.6	2.7	4.2	6.0	7.4	5.5	0.8	2.1	4.8	6.1	0.6	2.7	5.3	5.3	0.9	2.1	4.4	4.9

表 5 養殖改良試験の試験終了時における測定結果

試験区	対照区						コンクリート鍾区				高密度区				改良ネット区			
	ネット	ネット	ネット	丸籠	ネット	丸籠	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット	ネット
種類	1	2	3	3	4	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
年貝	21	20	19	19	18	18	21	20	19	18	21	20	19	18	21	20	19	18
稚貝の採取年度	20	19	18	18	17	17	20	19	18	17	20	19	18	17	20	19	18	17
生貝(個体)	104	43	51	58	31	41	112	47	44	28	185	73	49	35	98	36	54	34
死貝(個体)	16	58	8	14	8	9	11	53	16	12	23	80	22	5	21	64	6	6
生残率(%)	86.7	42.6	86.4	80.6	79.5	82.0	91.1	47.0	73.3	70.0	88.9	47.7	69.0	87.5	82.4	36.0	90.0	85.0
殻長	平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均	
(mm)	44.7	57.6	68.9	70.1	72.7	72.5	45.5	61.9	70.4	72.6	45.0	61.7	72.2	68.9	44.7	57.1	69.8	73.5
標準偏差	3.9	4.2	4.7	3.4	3.8	3.7	2.3	3.0	4.5	4.6	3.0	3.1	4.4	7.4	3.4	4.5	4.4	4.0
全重量	平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均	
(g)	20.7	45.2	79.4	85.1	93.1	91.4	20.9	54.8	82.7	91.6	21.0	52.7	86.0	79.8	20.3	43.9	83.0	93.5
標準偏差	4.8	8.5	14.0	10.5	12.2	13.8	2.8	7.7	14.7	15.2	3.5	6.3	12.8	22.7	4.3	9.6	13.3	14.9
軟体部重量	平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均		平均	
(g)	4.1	10.1	20.0	22.0	19.2	20.5	4.2	12.0	22.2	24.3	4.1	11.6	21.6	21.1	4.2	9.5	21.8	21.4
標準偏差	1.0	2.6	4.1	3.6	2.7	4.2	0.7	2.2	4.6	5.1	0.9	1.9	3.7	6.2	1.2	2.4	4.8	3.9

① 生残率について

試験終了時の生残率は 1 年貝が 82.4～91.1%、2 年貝が 36.0～47.7%、3 年貝が 69.0～90.0%、4 年貝が 70.0～87.5% の範囲であり、中間測定時(1 年貝 95.0～98.4%、2 年貝 96.9～98.7%、3 年貝が 91.8～100.0%、4 年貝が 95.0～100.0%) と比べて、全ての年級群で低下しており、特に 2 年貝の低下が大きかった(図 17)。

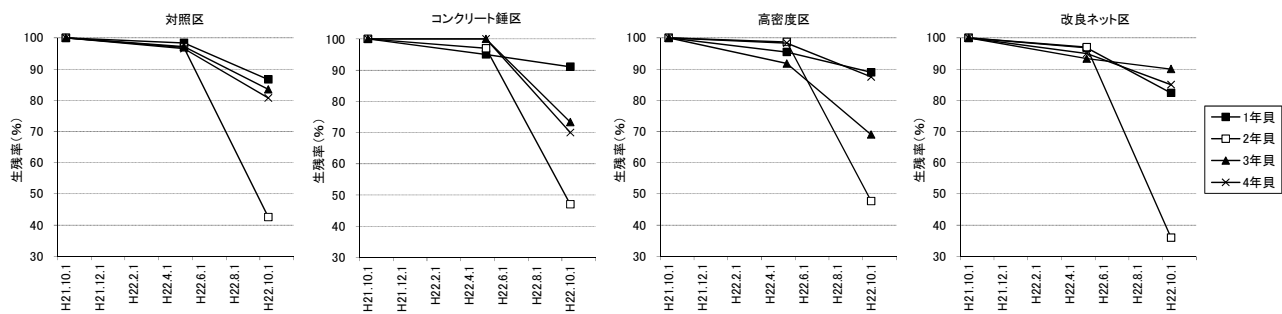


図 17 養殖改良試験における各試験区のへい死率の推移

試験終了時にパールネット内にヒトデが多数見られたことから、平成 22 年 10 月 12 日に平均殻長 4.5cm の 1 年貝 20 個体と、平均腕長 3.6cm のヒトデ 10 個体を同じ容器内で飼育したところ、10 月 19 日に 2 個体の食害を確認した後、食害個体数は増加し、11 月 8 日には全ての個体が食害された。

陸奥湾では例年、4～6 月にヒトデの浮遊幼生が出現するが、養殖籠に付着して成長したヒトデは 1～2 年貝を捕食してしまう危険性があることから、生残率を向上させるためには、秋の早い時期に籠換えを行うことが重要と考えられた。

② 成長について

殻長、全重量、軟体部重量について、対照区と各試験区を比較したところ、1年貝では差が見られなかったが、2年貝はコンクリート錘区、高密度区で全ての項目が有意に大きかった。また、4年貝では、高密度区の全重量が有意に小さかった他、コンクリート錘区の軟体部重量が有意に大きかった(図18)。

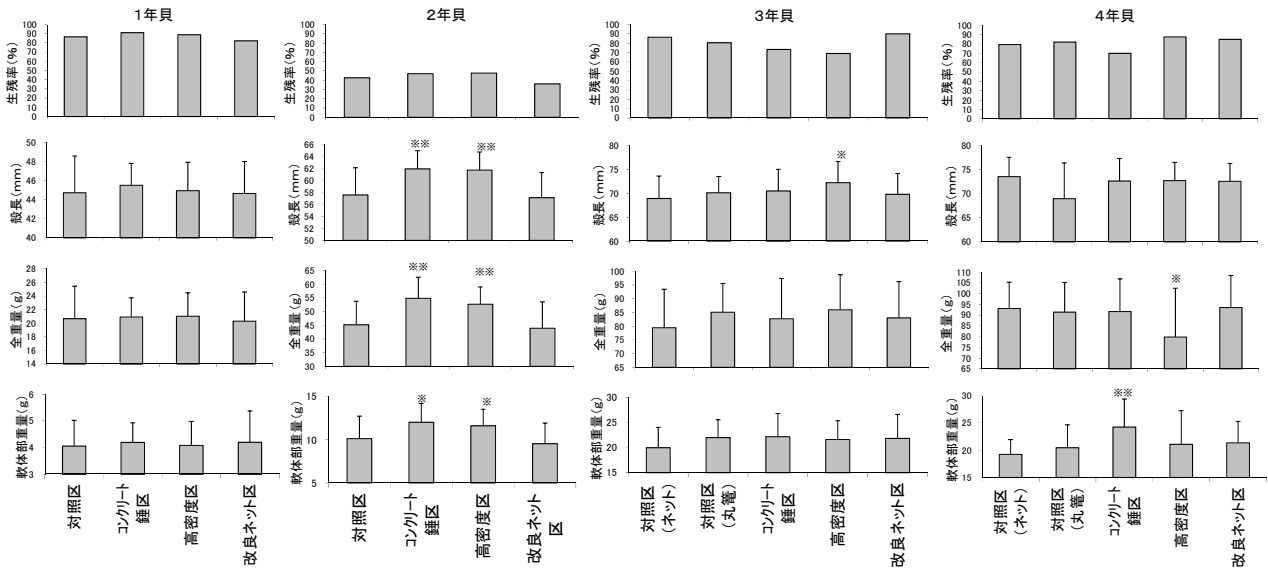


図18 養殖改良試験における測定結果(バーは標準偏差、※は対照区と比較してP<0.05で有意差あり、※※は対照区と比較してP<0.01で有意差あり)

それぞれの年級群の成長量(図19-1~19-4)を元にして、2cmサイズのアカガイ種苗の成長シミュレーションを行った結果、コンクリート錘区が最も良好であり、養殖開始4年目で殻長65.9mm、全重量95.9gになるものと推定された(図20)。

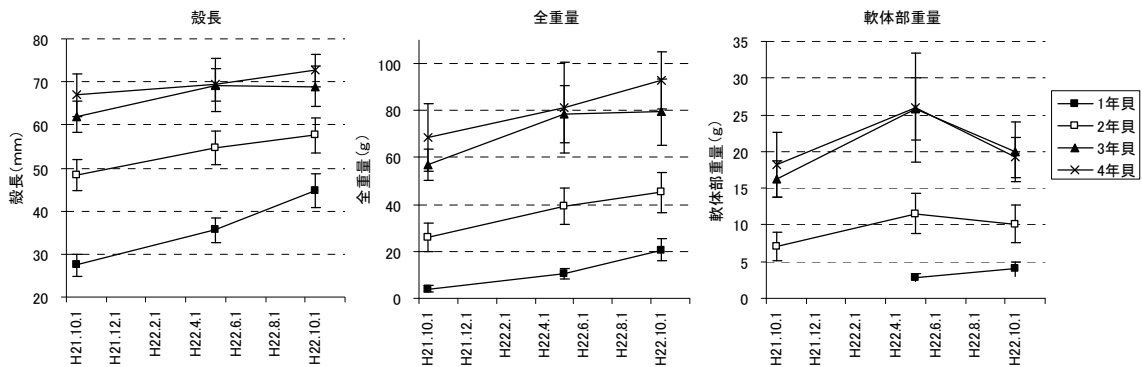


図19-1 養殖改良試験における対照区の殻長、全重量、軟体部重量の推移

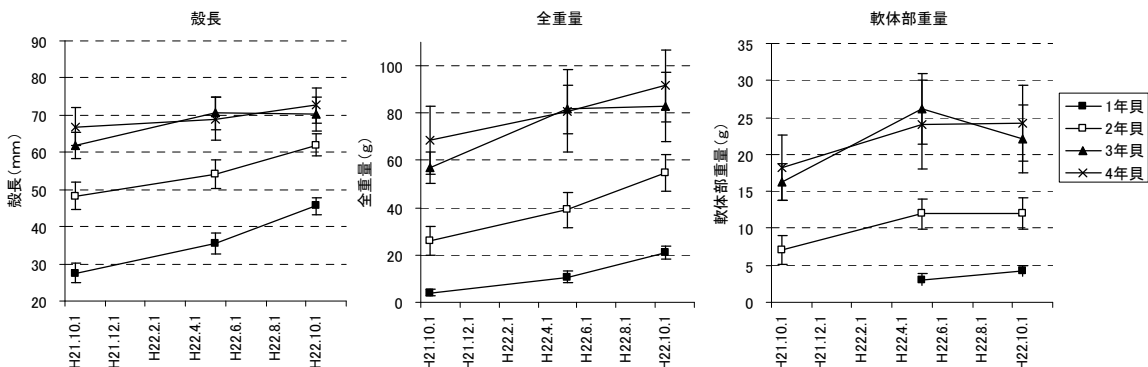


図19-2 養殖改良試験におけるコンクリート錘区の殻長、全重量、軟体部重量の推移

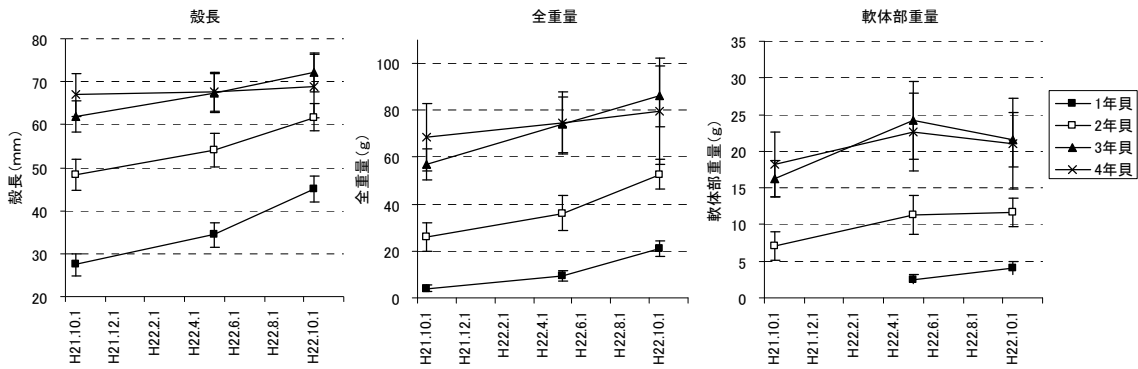


図 19-3 養殖改良試験における高密度区の殻長、全重量、軟体部重量の推移

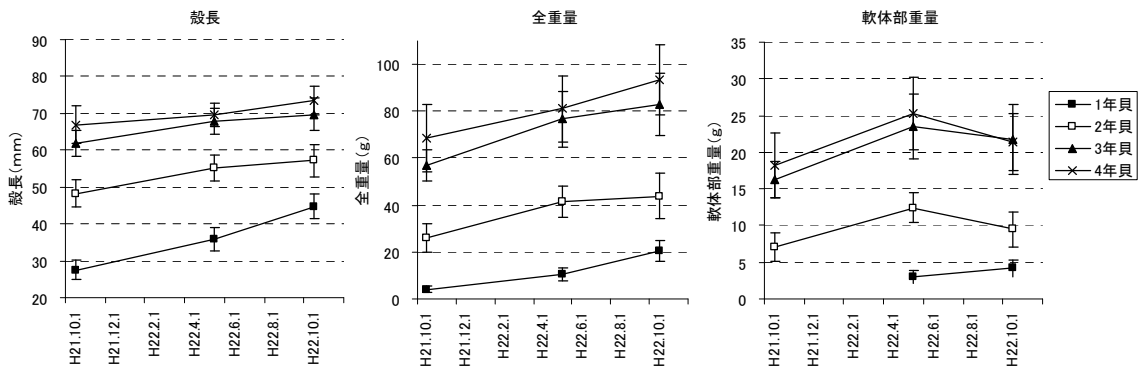


図 19-4 養殖改良試験における改良ネット区の殻長、全重量、軟体部重量の推移

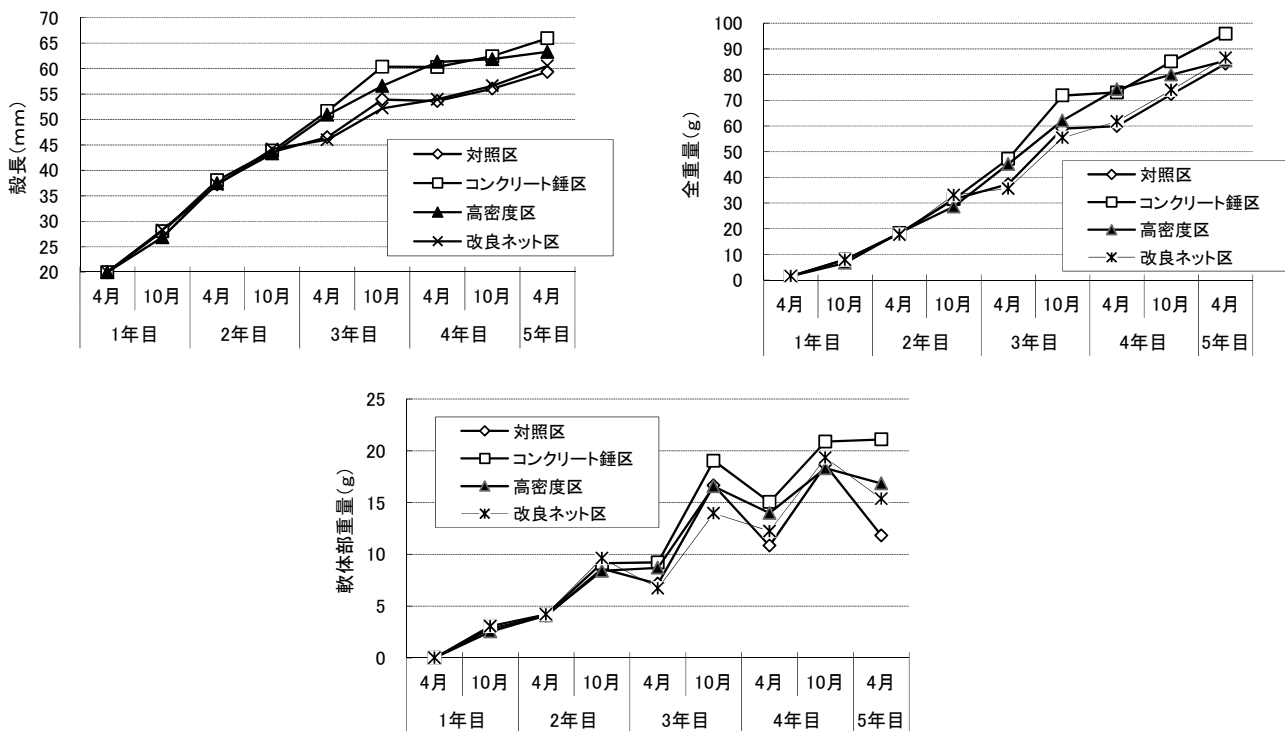


図 20 アカガイ養殖における成長シミュレーション

③ 肉色、殻皮について

色彩色差計で測定したアカガイの肉色を表 6、図 21 に示した。改良ネット区は対照区(丸籠、パールネット)と比べて、明度や色度の一部に有意差が見られたが、後述の天然貝の肉色(明度 L=50.3~50.9、赤系色度 a=21.3~24.7)には及ばなかった。

表 6 養殖改良試験における肉色の分析結果

		足			内臓囊		
		明度(L)	赤系色度(a)	黄系色度(b)	明度(L)	赤系色度(a)	黄系色度(b)
対照区(丸籠)	平均	57.2	18.2	24.2	59.3	9.1	17.9
	標準偏差	2.3	2.9	2.3	1.9	1.5	3.0
対照区(パールネット)	平均	56.0	17.7	23.5	58.9	8.0	17.3
	標準偏差	1.8	2.7	2.3	2.0	1.8	2.2
改良ネット区	平均	55.0	19.3	24.1	59.8	8.7	18.5
	標準偏差	2.1	2.2	2.2	2.0	1.8	2.5

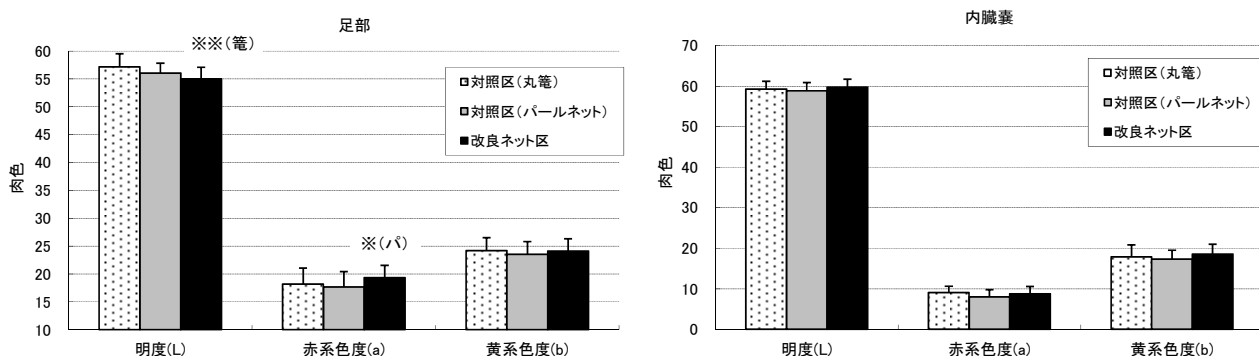


図 21 養殖改良試験における肉色の分析結果(バーは標準偏差、※※(籠)は対照区(丸籠)と比べて P<0.01 で有意差あり、※(パ)は対照区(パールネット)と比べて P<0.05 で有意差あり)

殻皮脱落率を表 7、図 22 に示した。全ての年級群で対照区(丸籠、パールネット)より改良ネット区の殻皮脱落率が有意に低かった。なお、対照区のパールネットと丸籠では有意差が見られなかった。

表 7 養殖改良試験における殻皮脱落率

種類	項目	1年貝	2年貝	3年貝	4年貝
対照区(パールネット)	平均値	71.7	84.7	80.7	85.3
	標準偏差	6.0	5.5	6.6	8.9
対照区(丸籠)	平均値			81.0	83.9
	標準偏差			8.8	6.7
改良ネット区	平均値	55.5	78.5	72.5	79.1
	標準偏差	7.4	8.7	8.5	4.1

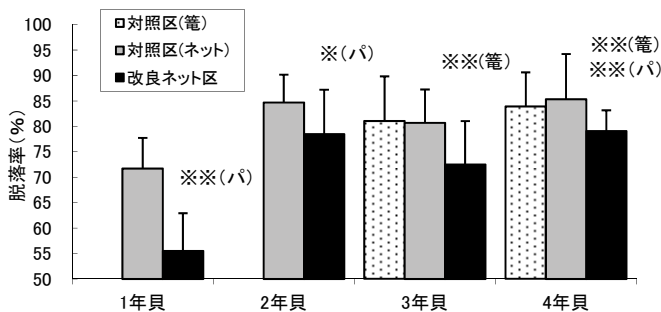


図 22 養殖改良試験における殻皮脱落率(バーは標準偏差、※※(籠)は対照区(丸籠)と比較して P<0.01 で有意差あり、※※(パ)は対照区(パールネット)と比較して P<0.01 で有意差あり、※(パ)は対照区(パールネット)と比較して P<0.05 で有意差あり)

④ まとめ

以上の結果から、改良ネットは殻皮の改善効果があるものの、成長や肉色の改善効果は確認できなかった。改良ネットの底面には泥がほとんど堆積していなかったことから、アカガイ本来の生息環境である泥場環境を作り出すことができなかったことが要因と考えられた。

なお、養殖籠を安定させることにより成長量を増加させる可能性が示唆されたことから、次年度は養殖施設の安定性とアカガイの生残率、成長との関係を明らかにしたい。

(2) 地まき増殖試験

① 平成 20 年放流貝

囲い網試験区は、放流後の生残率が 80~90% 台と良好であるが、平成 20 年 7 月から平成 22 年 7 月までの増殻長は 6.8mm、増重量が 12.5g 増加と成長が悪かった(図 23)。

これに対して、非囲い網試験区は、平成 20 年 7 月から平成 22 年 7 月までの増殻長は 18.9mm、増重量は 40.0g と良好であるものの、生残率が 15.8% と低かった(図 24)。死貝の殻長組成を見ると、放流直後から調査時までの様々なサイズが見られていることから、放流後から少しずつへい死したものと考えられた(図 25)。放流後、毎月実施している潜水夫によるヒトデ駆除では多い月で 5 個体を駆除していることから、へい死原因としてヒトデによる食害の可能性が考えられた。

囲い網試験区より非囲い網区の成長が良い原因としては、生息密度や餌料環境の違いが考えられた。

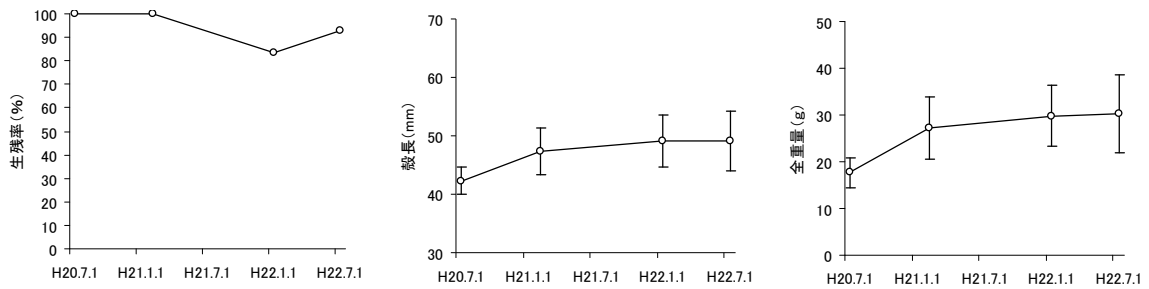


図 23 平成 20 年放流(囲い網試験区)の生残率、殻長、全重量の推移

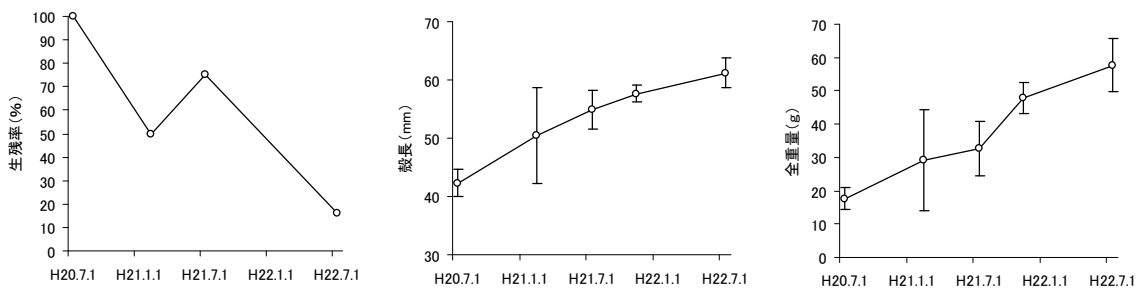


図 24 平成 20 年放流(非囲い網試験区)の生残率、殻長、全重量の推移

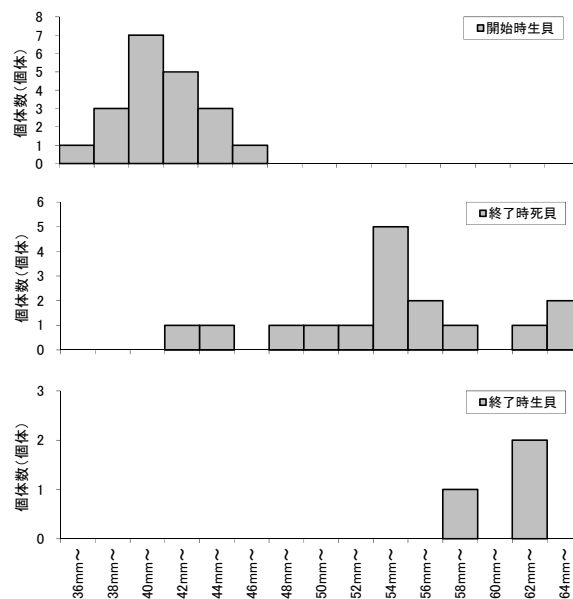


図 25 平成 20 年放流(非囲い網試験区)の殻長組成

② 平成 21 年放流貝

非囲い網区の生残率は 0%であった(図 26)。

死貝の殻長組成を見ると、放流時殻長と変わらない個体が多いことから、放流直後にかなりの個体がへい死したものと考えられるが、その原因としては前述のとおり、ヒトデによる食害の可能性が考えられた(図 27)。

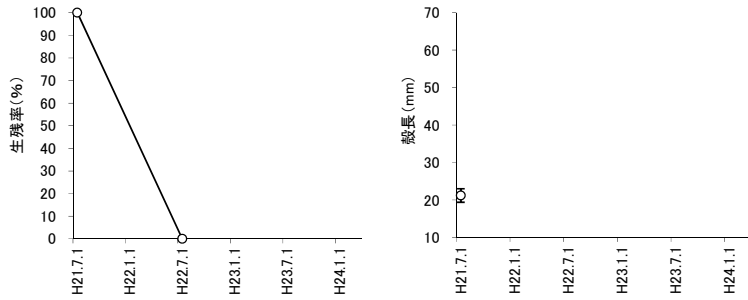


図 26 平成 21 年放流(非囲い網試験区)の生残率、殻長の推移

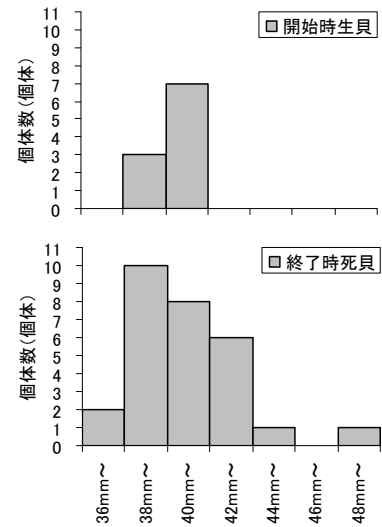


図 27 平成 21 年放流(非囲い網試験区)の殻長組成

サイズ別、密度別試験区の生残率は 16.7%~75.0%の範囲で、サイズが大きくなるほど高かった。平成 17 年産貝は高密度(1.5 倍)でも低密度(0.5 倍)でも成長差は見られなかった(表 8、図 28)。

表 8 サイズ別、密度別試験区の測定結果

年産	生貝 (個体)	死貝 (個体)	合計 (個体)	生残率 (%)	殻長		全重量		軟体部重量		備考 (収容密度)
					平均±SD	平均±SD	平均±SD	平均±SD			
平成20年産	3	15	18	16.7	25.1 ± 8.8	4.1 ± 5.0	1.0 ± 1.1				
平成19年産	6	18	24	25.0	45.7 ± 3.8	23.8 ± 4.6	5.1 ± 1.6				
平成18年産	9	10	19	47.4	56.1 ± 4.1	44.9 ± 6.9	9.8 ± 2.3				
平成17年産 (低密度)	2	6	8	25.0	66.4 ± 2.0	61.2 ± 6.1	21.9 ± 0.7	8個体/段			
平成17年産 (中密度)	11	5	16	68.8	64.7 ± 3.1	65.3 ± 8.1	19.3 ± 2.7	16個体/段			
平成17年産 (高密度)	18	6	24	75.0	67.2 ± 4.0	81.6 ± 10.7	22.0 ± 2.9	24個体/段			

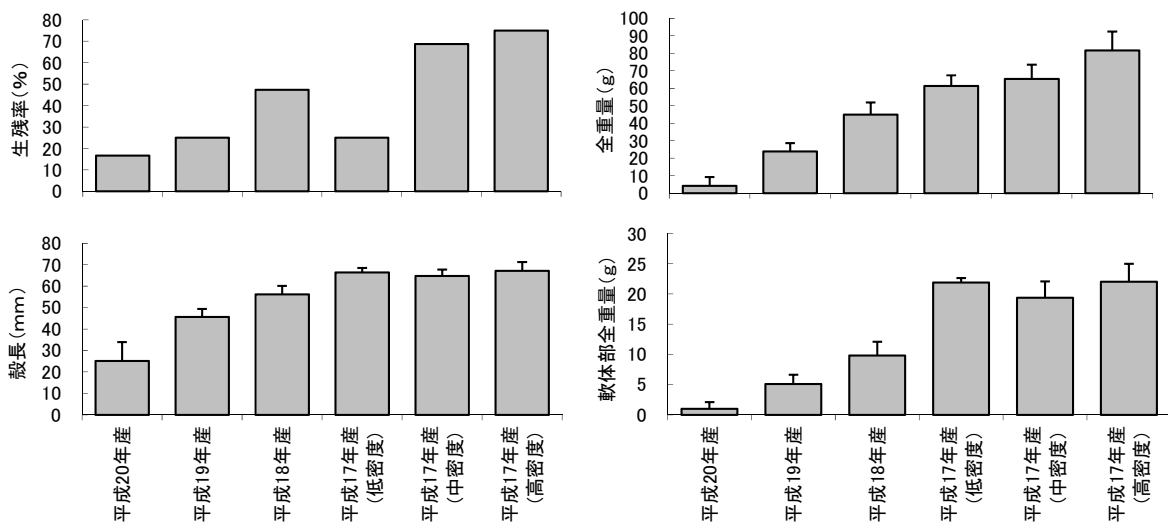


図 28 サイズ別・密度別試験区の生残率、殻長、全重量、軟体部重量(バーは標準偏差)

死貝の殻長組成を見ると、試験開始時から終了時までの様々なサイズが見られていることから、放流後から少しずつへい死したものと考えられた(図 29)。

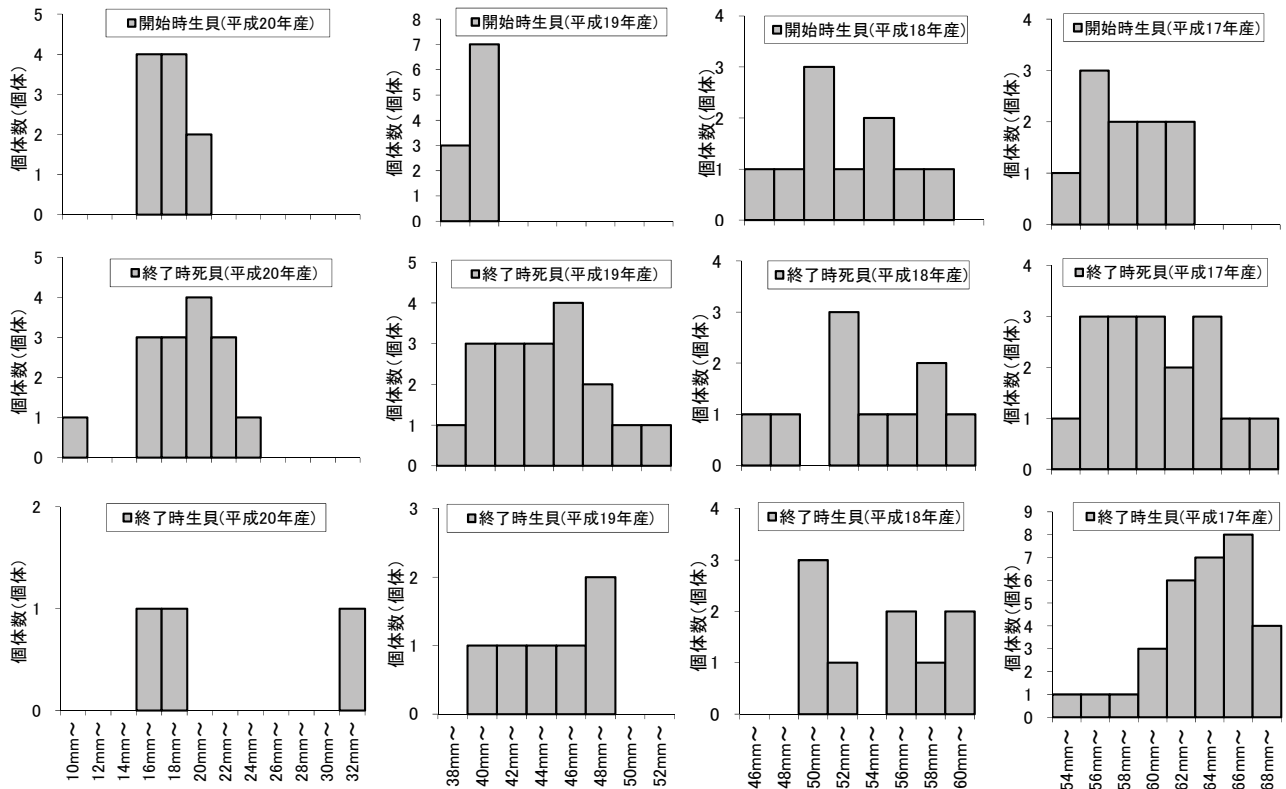


図 29 サイズ別・密度別試験区の殻長組成の推移

各サイズの試験開始時と終了時の殻長差(図 30)をもとに、殻長 20mm(1 齢)のアカガイの放流後の成長予測を行ったところ、5 齢でも 38mm にしか達しなかった(図 31)。試験に用いたアブラメ籠は毎月 1 回、掃除して付着物を除去したが、海底に直接放流した場合に比べると餌料環境が悪かった可能性がある。

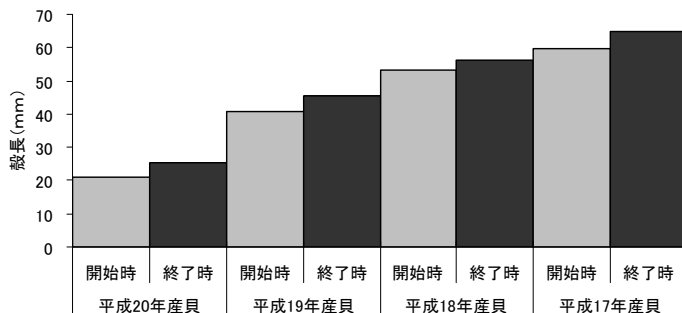


図 30 試験開始時と終了時のアカガイの平均殻長

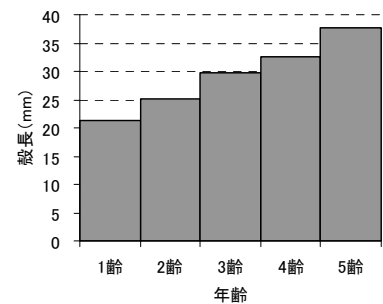


図 31 放流後の成長予測

地まき貝と養殖貝の肉色を比較したところ、養殖貝より地まき貝の方が足部、内臓囊の明度(L)が低く、赤系色度(a)が高かったことから、肉色の改善効果が見られた(図 32)。

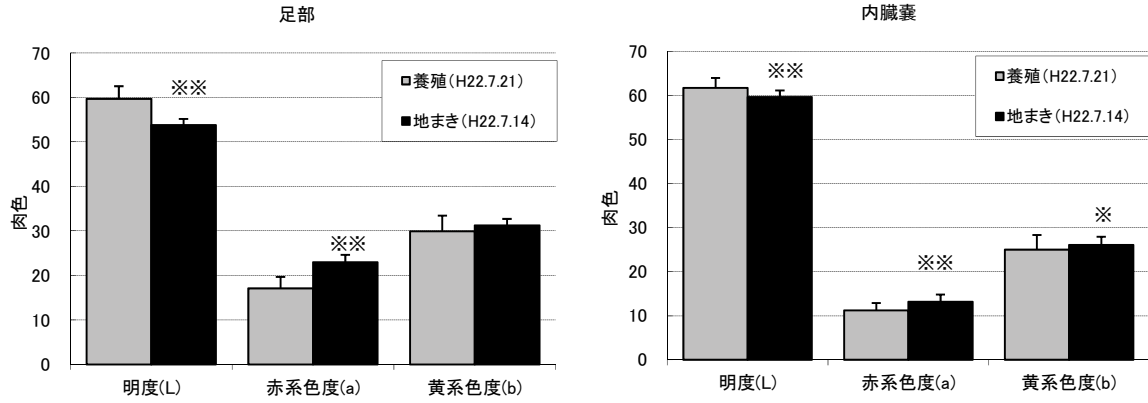


図 32 養殖貝と地まき貝の肉色 (\*\*は P<0.01、\*は P<0.05 で有意差あり)

③ まとめ

以上のことから、地まき放流による肉色の改善効果は認められるものの、生残率や成長量の低さから回収効率が悪い可能性が示唆された。このため、次年度はヒトデの食害を受けずに、かつ海水交換の良い育成方法を検討することにより、生残率と成長量の関係をあらためて明らかにしたい。

(3) 環境調査

① 水温

川内実験漁場における毎時水温は 3.1~26.4℃の範囲で推移した(図 33)。



図 33 川内実験漁場における水温の推移

② クロロフィル a 量

平成 21 年度は 2 月に 2.17mg/m<sup>3</sup>、平成 22 年度は 1 月に 1.99mg/m<sup>3</sup>とそれぞれブルーミングが見られ、その規模は東湾中央<sup>5)</sup>と概ね同じレベルであった(図 34)。

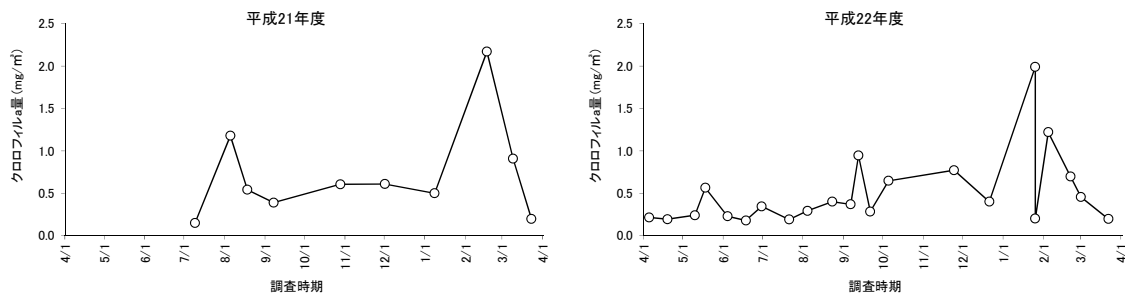


図 34 川内実験漁場におけるクロロフィル a 量の推移



## 2 品質改善技術の開発

### (1) 肉色の数値化

仙台湾産、七尾湾産のアカガイの肉色の測定結果を前年度の調査結果とともに図 35 に示した。これを元に、国内産天然貝(仙台湾及び七尾湾産の殻長 7~9 cm)の肉色(色の最も濃い足部)の基準値を以下のとおり定めた。

- ・ 明度 50.3~50.9
- ・ 色度(赤系) 21.3~24.7
- ・ 色度(黄系) 21.7~24.9

この値と比べると、陸奥湾産養殖貝の明度(L)は 58.2、赤系色度(a)は 18.4、黄系色度(b)は 29.0 と、明度(L)と黄系色度(b)が高く、赤系色度(a)が低い値を示しており、鮮やかなオレンジ色に見えるのはこのためと考えられた。なお、中国産とロシア産は、国内産天然貝と同じような傾向を示した。

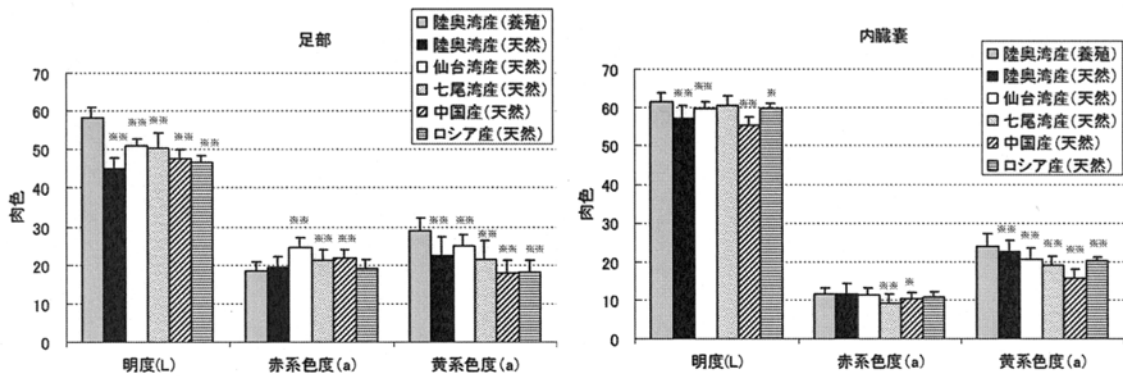


図 35 産地別のアカガイの肉色(バーは標準偏差、陸奥湾産養殖貝と比較して\*\*は  $P < 0.01$ 、\*は  $P < 0.05$  で有意差あり)

### (2) 品質改良試験

#### ① 梱包方法別試験

それぞれの試験区の温度と酸素濃度を図 36 に示した。試験開始直後の容器内温度は、酸素封入区が 18.1℃、対照区が 20.4℃、無酸素区が 19.6℃であったが、冷蔵庫内の温度の影響で全ての容器は 5.5~6.0℃に安定していた。開始時の酸素濃度は、酸素封入区が 98.8%、対照区が 20.9%、無酸素区が 0.0%であった。終了時には、酸素封入区が 79.1%、対照区が 20.1%に減少、無酸素区が 1.4%に増加したものの、平成 21 年度の試験<sup>4)</sup>に比較すると、その増減量は僅かであった。

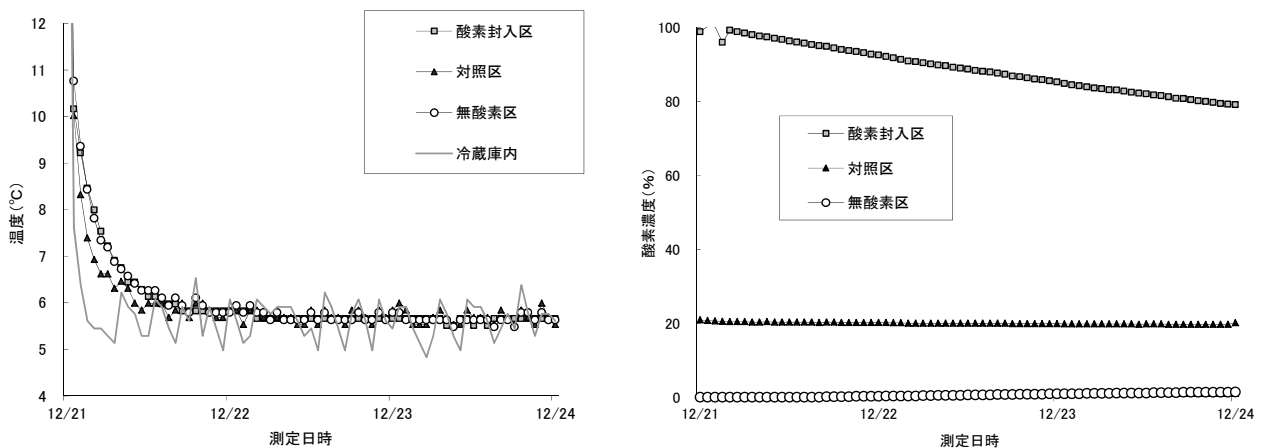


図 36 梱包方法別試験における温度、酸素濃度の推移

試験終了時の死貝数はいずれの梱包容器も0個体であった。

水分排出割合を図37に示した。酸素封入区は9.4%と、対照区の10.0%よりも僅かに低かったことから、ホタテガイと同様<sup>6)</sup>に酸素封入による水分保持効果があるものと考えられた。

足部の肉色を図38に示した。開始時に比べて、明度や色度の変化は見られなかった。

平成21年度試験の結果<sup>4)</sup>と合わせて考えると、出荷時に梱包容器内の酸素濃度を一時的に変化させても、肉色は改善できないものと考えられた。

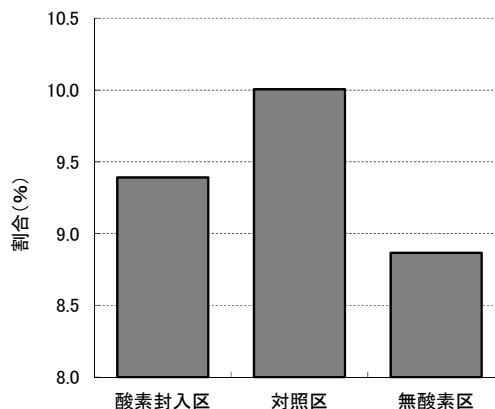


図37 梱包方法別試験における水分排出割合

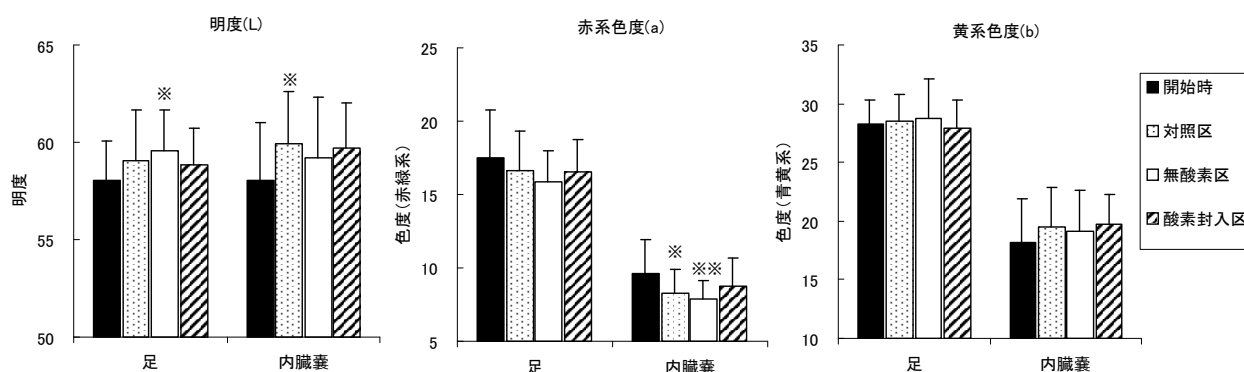


図38 梱包方法別試験における肉色(バーは標準偏差、※※は開始時と比較してP<0.01で有意差あり、※はP<0.05で有意差あり)

## ② 泥蓄養試験

試験区別の生残率の推移を図39に示した。

垂下蓄養区は8月10日(2ヶ月目)までは0%だったが、9月6日(3ヶ月目)には71.4%に低下した。海底直播区は8月10日(2ヶ月目)に96.5%だった。海底籠蓄養区は9月6日(1ヶ月目)に89.7%、10月5日(2ヶ月目)に53.3%、11月16日(3ヶ月目)に20.7%、平成23年2月9日(6ヶ月目)に28.3%であった。

調査地点における水温データはないものの、①平成22年夏季～秋季にかけて陸奥湾全域で異常高水温が発生したこと<sup>7)</sup>、②アカガイの生存限界水温が27℃であること<sup>8)</sup>から、8月以降に生残率が低下した原因は高水温の影響によるものと考えられた。

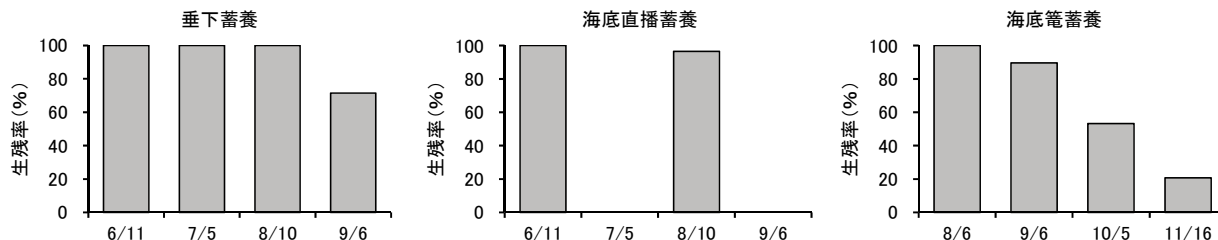


図39 泥蓄養試験貝の生残率の推移

試験区別の殻長、全重量、軟体部重量、軟体部歩留まりの推移を図 40 に示した。

垂下蓄養区の歩留まりは 8 月 10 日 (2 ヶ月目) に 32.0% のピークを示して、その後 9 月 6 日には減少した。母貝調査の結果から産卵は 8 月中旬だったと思われることから、産卵の影響により減少したものと考えられた。

海底籠蓄養区の歩留まりも同じく産卵の影響により、9 月から 11 月にかけて減少した。

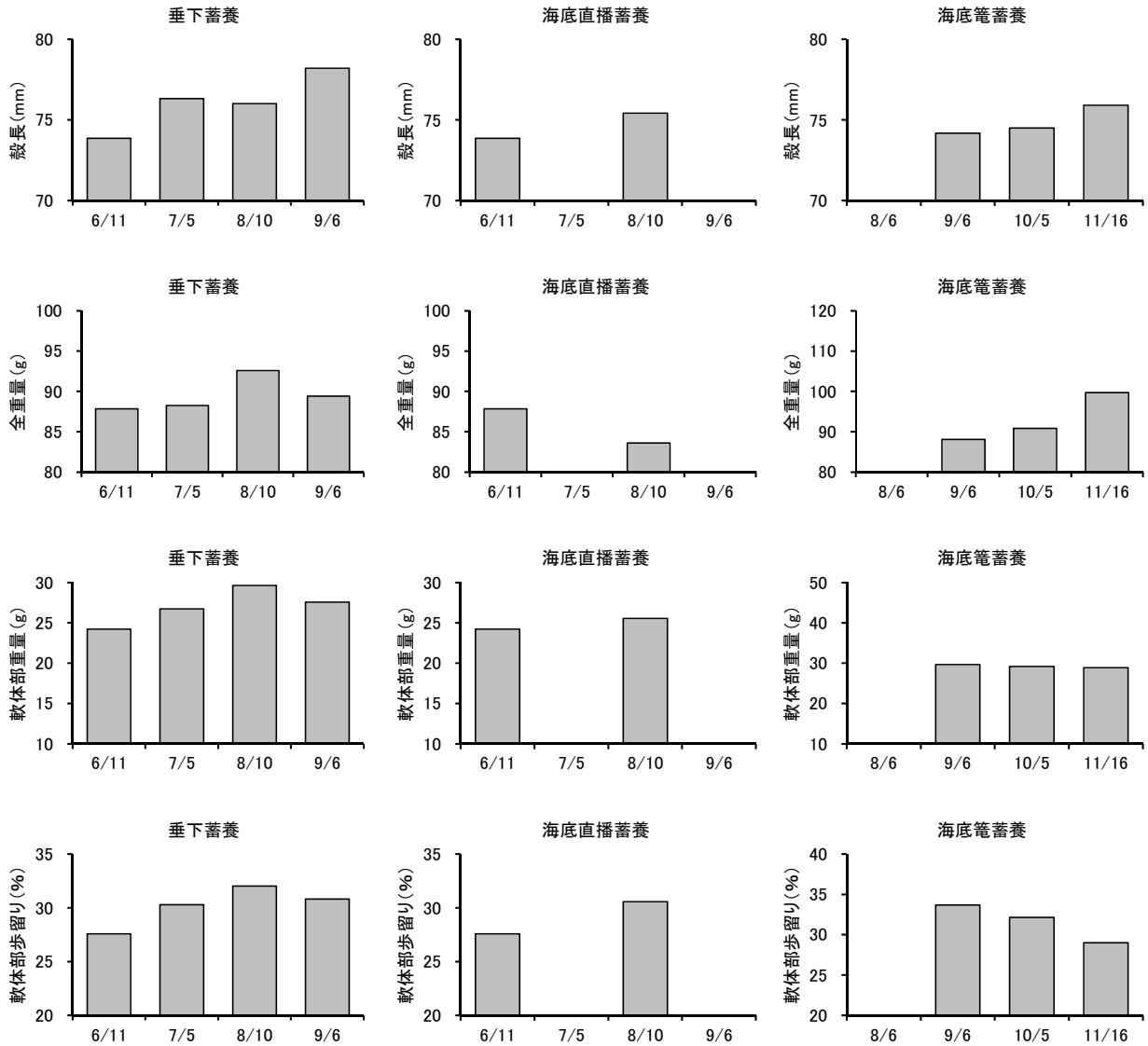


図 40 泥蓄養試験貝の殻長、全重量、軟体部重量、歩留まりの推移

試験区別の肉色の測定結果を図 41 に示した。

肉色の濃い足部と比較すると、試験開始時に比べて、明度(L)と黄系色度(b)が 1 ヶ月目から有意に低くなっていることから、肉色の改善効果があるものと考えられた。

次年度は、へい死率の軽減と大量に蓄養できる方法を検討するとともに、冬期間も同様の試験を行って肉色の改善効果を明らかにしたい。

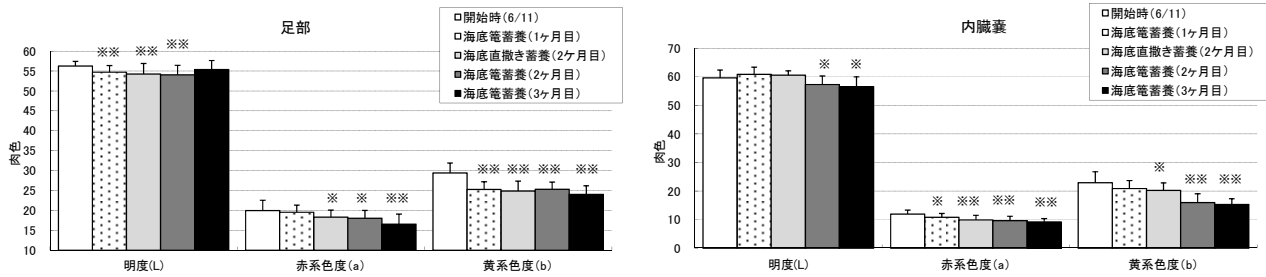


図 41 泥蓄養試験貝の肉色

肉色と血球量との関係を調べるために、肉色の薄い養殖貝(母貝調査)と濃い泥蓄養貝(蓄養期間3ヶ月)の血液を、それぞれヘマトクリット毛細管に採取し、3,000回転、10分で遠心分離後、全血液量に対する血球量の比率を求めた。なお、血液採取時に海水が混入しないように、冷蔵庫に半日、貝を放置して海水を排出させ、さらに脱殻して採血する前にも殻内に残った海水を十分排出した。

養殖貝と泥蓄養貝のヘマトクリット値はいずれも4.3%であり差は見られなかった(図42)。前述のとおり酸素濃度を一時的に変化させても肉色に変化が見られないことから、アカガイの肉色は血色素(ヘモグロビン)とは関係がなく、むしろ清水ら<sup>9)</sup>が報告しているカロチノイド色素(ルテイン)との関係があるものと考えられた。

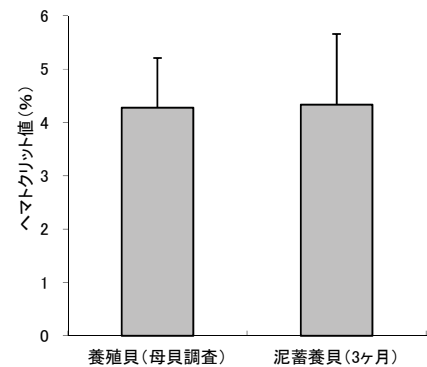


図 42 養殖貝と泥蓄養貝のヘマトクリット値

## 引用文献

- 1) 田村正・富士昭・山形実・佐々木哲郎・関野哲雄(1965)あかがいの増殖に関する調査, 陸奥湾水増殖業務報告, 7, 10-17.
- 2) 山本護太郎(1973)海洋生態学, 海洋生態学講座9, 東大出版会.
- 3) 矢幅寛・磯田豊・吉田達・小坂善信(2009)陸奥湾における表層水平循環流の季節変化. 北海道大学水産科学研究彙報, 59(3), 59-65.
- 4) 吉田達・工藤敏博・山田嘉暢・小谷健二・小倉大二郎・川村要(2011)環境変化に対応した砂泥域二枚貝類の増養殖生産システムの開発(アカガイ増養殖手法開発試験). 平成22年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 320-331.
- 5) 田中淳也・小泉広明(2012)陸奥湾海況自動観測. 平成22年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 98-127.
- 6) 山内弘子・小坂善信・吉田達・鹿内満春(2006)ホタテガイ活貝供給促進事業. 青水総研増養殖事業報告書, 36, 183-198.
- 7) 小谷健二・田中淳也・吉田達・工藤敏博・松尾みどり・川村要(2012)平成22年夏季から秋季に発生した養殖ホタテガイ大量へい死について. 平成22年度地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 374-393.
- 8) 農林水産技術会議事務局(1980)マリンランディング計画, 昭和54年度事例解析報告. 65-82.
- 9) 清水トシ・植原光子(1968)二枚貝のカロチノイドについてIV(アカガイのカロチノイド色素). 日本水産学会誌, 34, 503-506.