

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・山田 嘉暢・小谷 健二・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

① 天然貝調査

平成21年7月6日～7日に東湾の公海14地点(図1)でアカガイ桁網を1地点10分間曳網し、入網したアカガイの殻長、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¹⁾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 μ mの組織切片を作成し、エオシン・ヘマトキシリン二重染色法により染色して顕微鏡観察を行った。

アカガイ以外の底生生物は個体数と重量を測定した。

② 養殖貝調査

平成21年7月2日にむつ市川内町地先で漁業者が養殖していた平成16年産、平成17年産、平成18年産貝を購入して、当研究所の川内実験漁場(図1)に垂下した。産卵期前後の平成21年7月2日～9月20日にかけて6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、天然貝と同様に雌雄判別、生殖腺の厚さの測定、組織切片の観察を行った。10個体の軟体部は送風定温乾燥器(IWAKI製AF0-51)を用いて、60℃で8時間、120℃で15時間乾燥させた後に乾燥重量を測定し、軟体部水分量を算出した。

(2) 浮遊幼生調査

産卵期前後の平成21年7月8日～9月24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2)。公海7地点は北原式定量ネット(採水口面積0.04 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 m^3 当りの出現数に換算した。

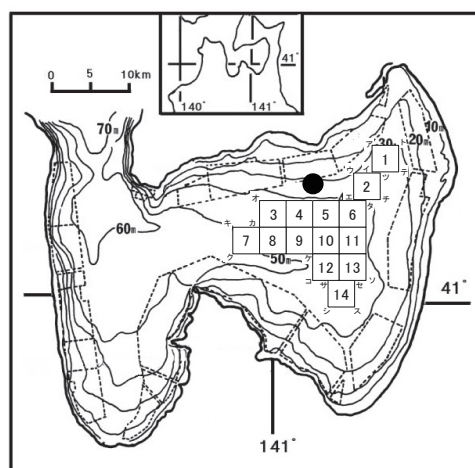


図1 母貝調査地点(番号は天然貝調査地点、●は養殖貝調査地点)

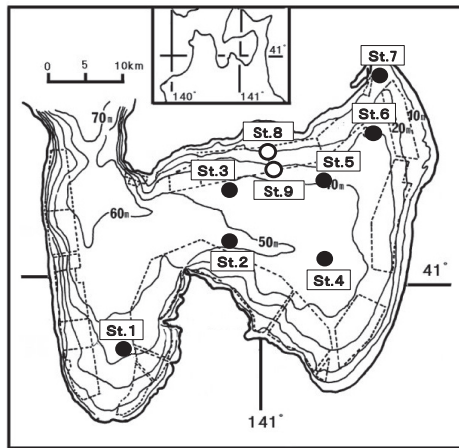


図 2 浮遊幼生調査地点

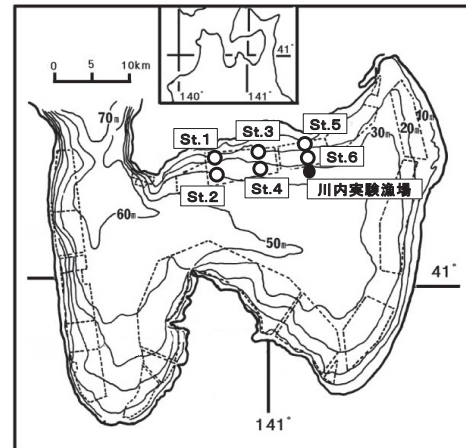


図 3 付着稚貝調査地点

(3) 付着稚貝調査

平成 21 年 7 月 25 日～9 月 11 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)と川内実験漁場へ採苗器を設置した(図 3)。

漁業者の採苗器は目合 2 分、5 段のパールネットに付着器質として流し網(100g)、ネトロンネット(幅 38cm、長さ 70cm)、パームロープ(直径 10mm、長さ 9m)、梱包用 PP バンド(幅 15mm、長さ 15m)、梱包用ナイロンテープ(幅 10mm、長さ 7m)をそれぞれ入れた試験区と、目合 3 分、5 段のパールネットの底面に羽毛状のポリエステルモップを貼り付けて、流し網(100g)を入れた試験区を作成した。それぞれの採苗器の下段には 2kg のコンクリートを錘として取り付けた。目合 2 分、付着器質が流し網のパールネットは鉛(100 匁)の錘を取り付けた試験区も作成した。

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 2m に調整して、幹綱(水深 8m)に垂下した。付着器質として流し網(100g)を各段に入れ、2kg のコンクリートを錘として取り付けた。

漁業者の採苗器は平成 22 年 4 月 22 日に、川内実験漁場の採苗器は 5 月 10 日に回収して、アカガイ稚貝の付着数を調べた。

2 品質改善技術の開発

(1) 肉色と殻皮の状態の数値化

① 肉色

予備調査として、平成 21 年 6 月 25 日に漁業者から養殖アカガイ 2 個体(殻長 79mm と 69mm)を入手し、色彩計(ミノルタ社製 CR200)を用いて、足部、内臓囊、外套膜の明度(L)と色度(赤系 a と黄系 b)をそれぞれ測定した。

この結果をもとに、前述の天然貝調査で採捕したアカガイ 2 個体(殻長 108～129mm)と、平成 21 年 11 月 16 日に青森市中央卸売市場から購入したロシア産天然貝 10 個体(殻長 95～103mm)、中国産天然貝 10 個体(80～93mm)の肉色を同様に測定した。

② 殻皮

貝殻全体の殻長(a)、殻高(b)と、殻皮の無い部分の殻長(c)、殻高(d)をそれぞれ測定し、「貝殻全体の面積($c/2 \times d/2 \times 3.14$) ÷ 殻皮の無い部分の面積($a/2 \times b/2 \times 3.14$)」で殻皮脱落率を求めた。

測定には、前述の天然貝調査で採捕した天然貝(4 個体)、平成 21 年 7 月 23 日～8 月 5 日の母貝調査の養殖 3 年貝、4 年貝、5 年貝(各 30 個体)、平成 21 年 7 月 27 日に採取した地まき貝(6 個体)を用いた。

(2) 品質改良試験

① 蓄養方法別試験

平成 21 年 8 月 20 日に川内町漁業協同組合の作業小屋において、漁業者から購入した養殖 4 年貝を用いて、以下のとおり試験を実施した(図 4)。

高酸素区は、30ℓ の水槽(縦 26cm、横 45cm、高さ 25cm)にアカガイ 40 個体を収容し、毎分 6ℓ の海水を注入した他、電動エアープンプ(ニッソー社力 α 6000)でエアレーションを行った。

低酸素区と貧酸素区は、18ℓ のコンテナ(縦 57cm、横 33cm、高さ 10cm)を用い、貧酸素区には陸奥湾東湾の海底から採取した泥を厚さ 7cm で敷き詰めた。それぞれのコンテナにはアカガイを 40 個ずつ収容し、毎分 50mℓ の海水を液送定量ポンプ(EYELA 社製 RP1000)で注入した。

メモリー式温度計(Onset Computer 製 Tidbit)を用いて、1 時間間隔で水温と室温を測定したほか、多項目水質計(TOADKK 社 WQC24)を用いて、定期的に溶存酸素量を測定した。

7 日後の 8 月 27 日にアカガイを回収して、生貝、死貝を確認してへい死率を求めた。生貝 10 個体については足部、内臓嚢を色彩計(ミノルタ製 CR200)で、明度(L)と色度(赤系 a と黄系 b)を測定した。残る 30 個体は全重量、軟体部重量を測定して歩留まりを求め、うち 10 個体の軟体部を送風定温乾燥器(IWAKI 社製 AF0-51)を用いて 60℃で 8 時間、120℃で 15 時間乾燥させた後に重量を測定し、軟体部水分量を算出した。

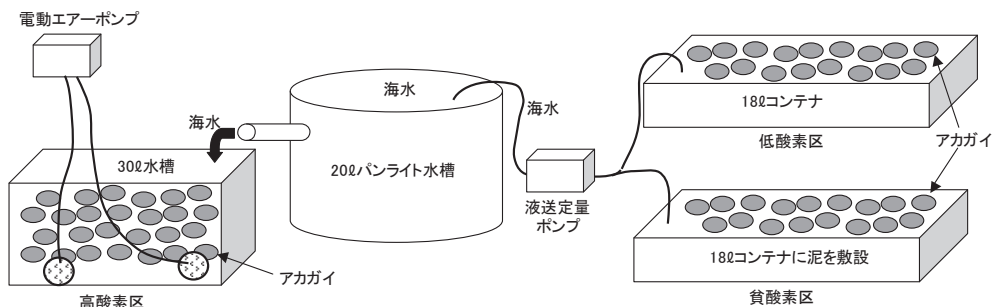


図 4 蓄養方法別の品質改良試験の設置図

② 梱包方法別試験

平成 21 年 8 月 17 日に川内町漁業協同組合の荷捌き所において、漁業者から購入した養殖 4 年貝を用いて、以下のとおり試験を実施した。

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、養殖アカガイ 20 個体を収容して、上蓋をした後、粘着テープで密閉した。

酸素封入区は、対照区と同様に 2 箱梱包し、一方には発泡スチロールトレイに載せた 500g の保冷剤をアカガイの上に乗せ、もう一方には保冷剤は使わなかった。それぞれの箱には、高濃度で酸素を充填した。

無酸素区は、対照区と同様に梱包し、高濃度で窒素を充填することにより、箱内の酸素を取り除いた。貝内部に残留する海水には酸素が含まれるため、窒素ガスでエアレーションした無酸素海水で 1 時間蓄養したアカガイを用いた。

それぞれの箱は 5℃の冷蔵庫に保管し、3 日後の 8 月 20 日に開封して、生貝、死貝を確認してへい死率を求めた。うち 10 個体の足部、内臓嚢を色彩計(ミノルタ製 CR200)で、明度(L)と色度(赤系 a と黄系 b)を測定した。電子天秤(A&D 社製 HL-3000WP)を用いて、発泡スチロール内への排水量を測定した。

メモリー式温度計(Onset Computer 製 Tidbit)を用いて、1 時間間隔で箱内外の温度を測定したほか、メモリー式酸素計(泰栄電器製 OXYMAN)を用いて、1 時間間隔で箱内の酸素濃度を記録した。

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 1-1~1-3 に示した。

アカガイは St.1、St.2、St.5、St.14 の 4 地点で 5 個体が採捕された。

東湾の北東部 (St.1、St.2、St.5) における採捕数が多く、殻長 108~129mm、全重量 323~465g、軟体部重量 133~176g と全てが大型個体であった。これに対して、St.14 で採捕された 1 個体は殻長 23mm、全重量 2g と小型だった。

St.1、St.2、St.5 で採捕した個体の内臓囊を切開して、生殖巣を外部観察したところ雌が 2 個体、雄が 2 個体であり、全て成熟していた (図 5)。生殖巣の厚さは雄が 4.1~6.8mm、雌が 7.2~11.0mm と雌の方が厚かった。組織切片を観察したところ、いずれも成長後期¹⁾であった (写真 1)。

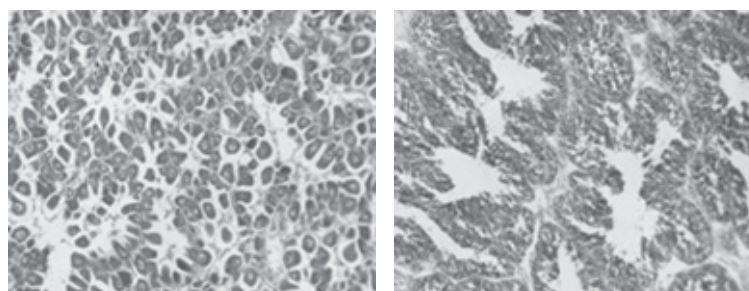


写真 1 天然アカガイの生殖巣 (左は雌、右は雄)

② 養殖貝調査

調査に用いたアカガイの平均殻長は、養殖 3 年貝 (平成 18 年産) が 56~60mm、養殖 4 年貝 (平成 17 年産) が 51~61mm、養殖 5 年貝 (平成 16 年産) が 63~70mm であり、養殖 3 年貝と養殖 4 年貝の差が小さかった (図 6)。

内臓囊を切開して成熟状況を観察した結果、全ての年齢で成熟が見られた。成熟個体の割合は 8 月 5 日にピークに達した後、8 月 20 日にやや低下し、9 月 7 日に急激に減少した (図 5)。卵巣の厚さは 7 月下旬~8 月下旬にピークが見られ、精巣の厚さは 8 月上旬から 9 月上旬にピークが見られた (図 7)。組織切片を観察したところ 9 月はほとんどが放出終了期¹⁾であった (写真 2)。以上の結果から、養殖アカガイの産卵時期は 8 月下旬と考えられた。

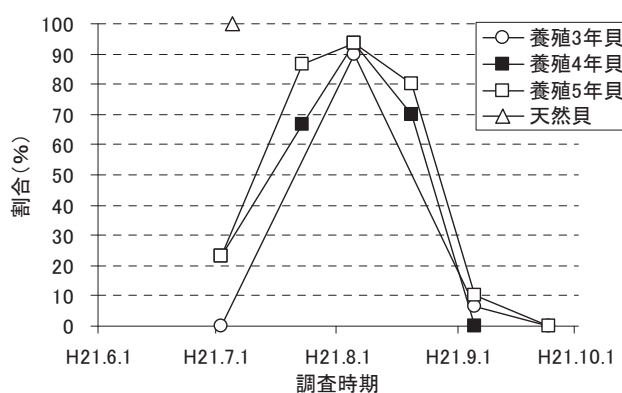


図 5 養殖及び天然アカガイの成熟割合

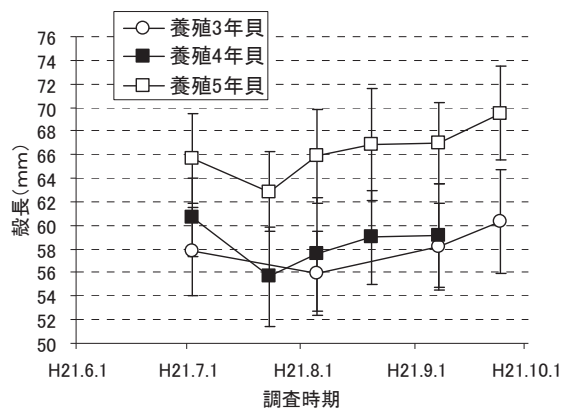


図 6 養殖アカガイの殻長 (バーは標準偏差)

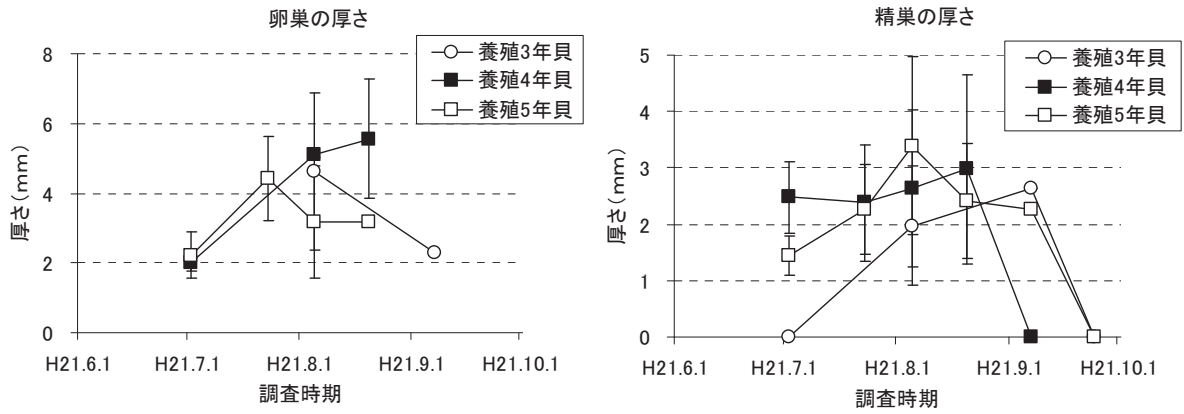


図7 養殖アカガイの生殖巣の厚さ(左が卵巣、右が精巣、バーは標準偏差)

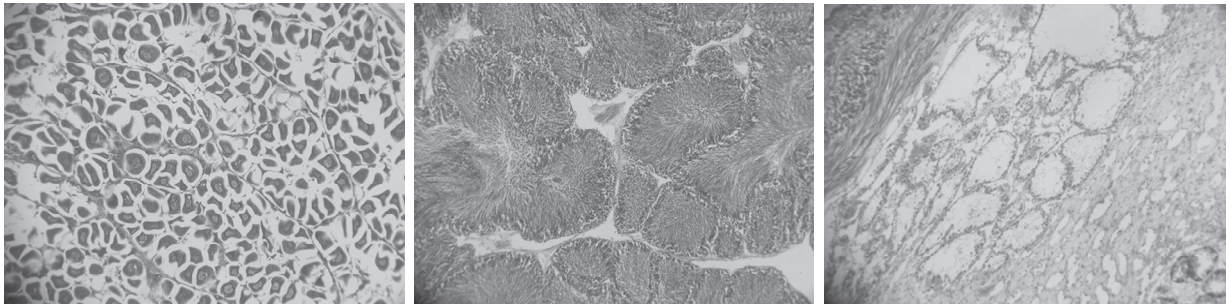


写真2 養殖アカガイの生殖巣(左から成熟期の卵巣、精巣、放出終了期の精巣)

軟体部歩留まりは7月から8月にかけて減少し、9月から増加に転じた(図8)。図5の成熟割合とは逆の傾向を示すことから、軟体部割合の変化は産卵の影響によるものと考えられた。水分量は養殖3年貝、養殖4年貝は約84%と一定であるが、養殖5年貝は8月上旬に減少した後、増加する傾向が見られた(図9)。

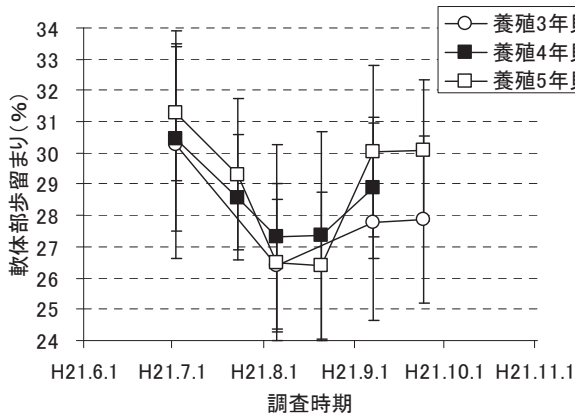


図8 養殖アカガイの軟体部歩留まり(バーは標準偏差)

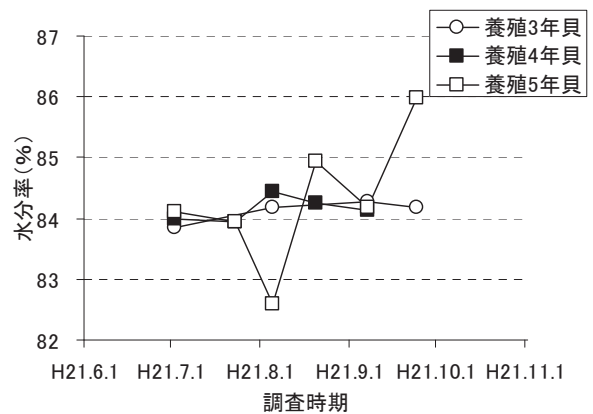


図9 養殖アカガイの水分量

③ 母貝数の試算

天然貝については、前述の調査結果をもとに桁網効率を17%²⁾として東湾における資源量を計算した結果、364トン、89万4千個体と推定された。過去の調査結果と比較すると昭和48~53年とほぼ同じレベルであった(図10)。



図 10 陸奥湾東湾におけるアカガイ資源量の推移

養殖貝については、川内町漁協から保有数量を聞き取った結果、養殖 3 年貝が 20 トン、36 万 7 千個体、養殖 4 年貝が 100 トン、183 万 8 千個体、養殖 5 年貝が 42 トン、61 万 7 千個体、合計 162 トン、282 万 2 千個体であった(図 11)。

天然貝と養殖貝はサイズが異なり単純に比較ができないため、天然貝の軟体部重量を 1 とした場合の養殖貝の軟体部重量比(養殖 3 年貝 0.08、養殖 4 年貝 0.09、養殖 5 年貝 0.12)を用いて、母貝数を補正した。この結果、養殖 3 年貝が 2 万 9 千個体、養殖 4 年貝が 15 万 9 千個体、養殖 5 年貝が 7 万 4 千個体、合計 26 万 2 千個体であり、天然貝の資源量 89 万 4 千個体よりも少ないことから、天然貝の母貝としての重要性が認識された(図 12)。

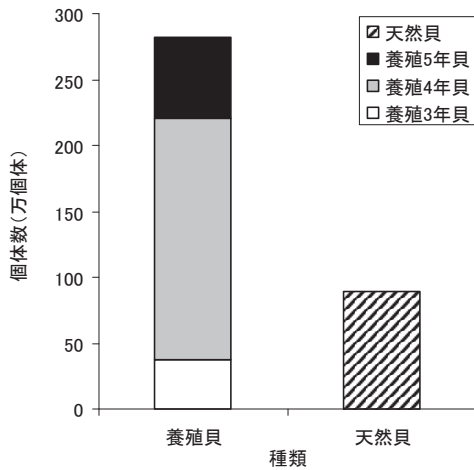


図 11 養殖貝と天然貝の母貝数

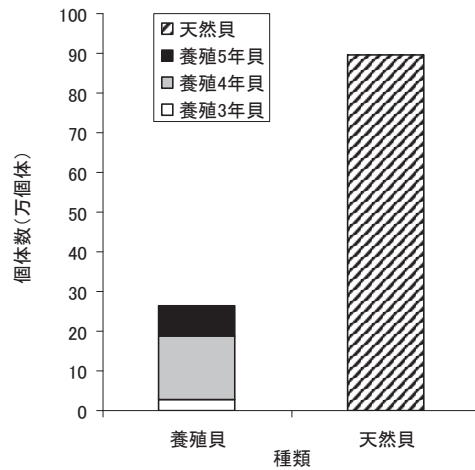


図 12 補正後の養殖貝と天然貝の母貝数

なお、養殖母貝数は年齢によってかなりバラツキが見られており、養殖 4 年貝が非常に多いことが分かった(図 11)。これは天然採苗の良し悪しによって、毎年の種苗数が異なるためと考えられた。アカガイ養殖漁業者はホタテ養殖を兼業しているため養殖施設数に限りがあることから、天然採苗が良好な年は養殖施設 1 ケ統当りの保有数を多めにせざるを得ない。この結果、密殖気味になり成長量が低下して、図 6 に示すような年齢ごとの殻長のアンバランスを生じたものと考えられた。

(2) 浮遊幼生調査

浮遊幼生の出現数は西湾 (St. 1) よりも東湾 (St. 2~St. 9) で多く、9月上旬には 30.0 個体/m³ と大きなピークが見られた (図 13)。

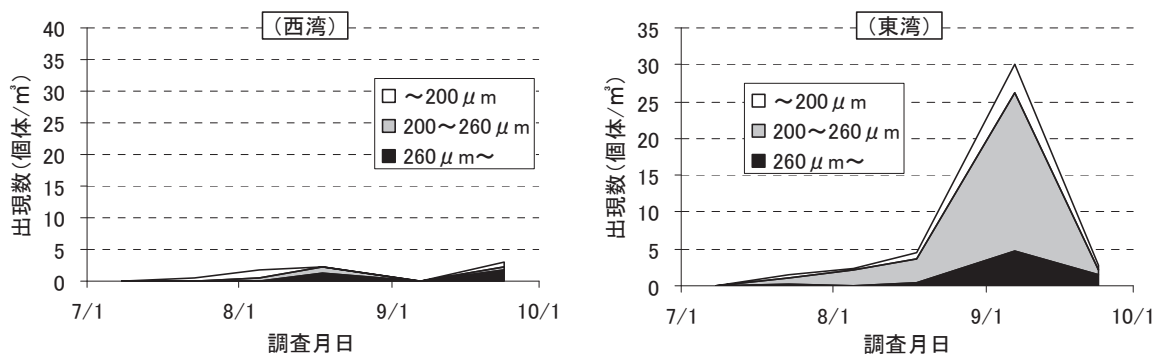


図 13 アカガイ浮遊幼生のサイズ別出現数

地点別に見ると、東湾の St. 7 で 169.4 個/m³ と非常に多く出現したほか、St. 6、St. 8、St. 9 もそれぞれ 27.0 個体/m³、15.0 個体/m³、12.5 個体/m³ と比較的多かった (図 14)。

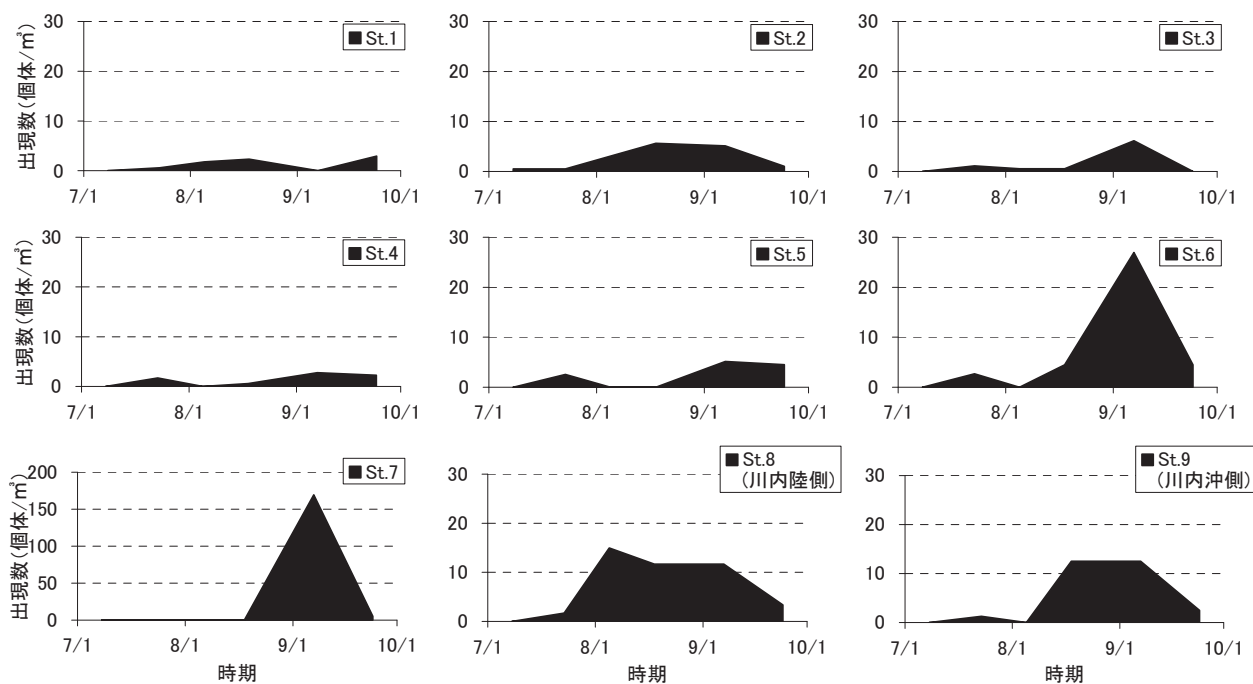


図 14 アカガイ浮遊幼生の地点別出現数

浮遊幼生の多かった 8月下旬~9月上旬の川内地先 (St. 7、St. 8) における水深別出現数は、陸側で水深 5m 層が最も多く、沖側では水深 10~20m で多い傾向を示した (図 15)。

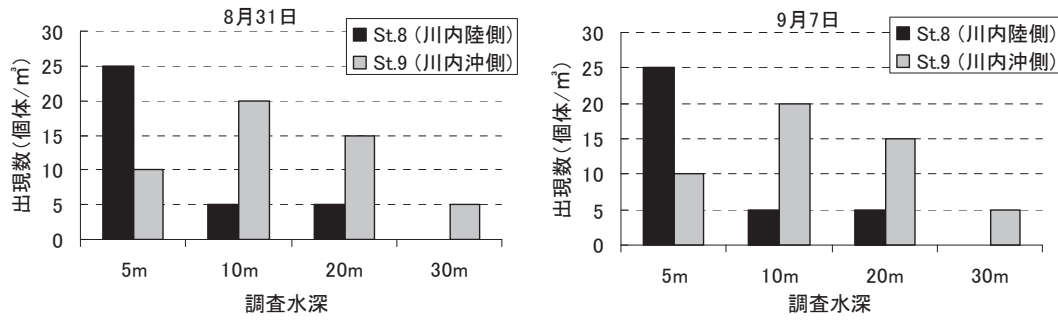


図 15 アカガイ浮遊幼生の水深別出現数

(3) 付着稚貝調査

漁業者の採苗器の調査結果を表 2 に、種類別の平均付着数を図 16 に示した。

稚貝の付着数は東側(黒崎地区)よりも西側(蛸崎地区)で多く、沖側よりも陸側が多かった。種類別に見るとネトロンネット、パームロープ、流し網、PPバンド、ナイロンテープの順で付着が多かった。時期別で見ると、7月よりも8月に設置した方が多く、採苗器の錘の重さによる差はなかった。

なお、川内実験漁場の水深別調査の採苗器は付着数が0個/連であった。アカガイ浮遊幼生と非常に良く似たラーバが7月下旬をピークに出現したため、採苗器を早めに設置し過ぎたこと、漁業者の施設より沖側にあることが原因と考えられた。

表 2 漁業者の採苗器の調査結果

		単位:個体/連						
地区名		蛸崎		川内		黒崎		
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	
7月	投入月日	7月25日	7月26日	8月5日	7月30日	7月26日	7月26日	
設置	幹網水深	15m	25m	15m	17m	15m	17m	
種類	パームロープ	0.0	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0	
	流し網	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	
	ネトロンネット	2.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	
	梱包用PPバンド	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
	流し網(底面改良)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	梱包用ナイロンテープ	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	
	流し網(鉛100匁)	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	2.0	
8月	投入月日	8月14日	8月23日	8月5日	9月11日	8月22日	8月22日	
設置	幹網水深	15m	26m	15m	17m	14m	15m	
	種類	流し網(コンクリート錘)	17.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0

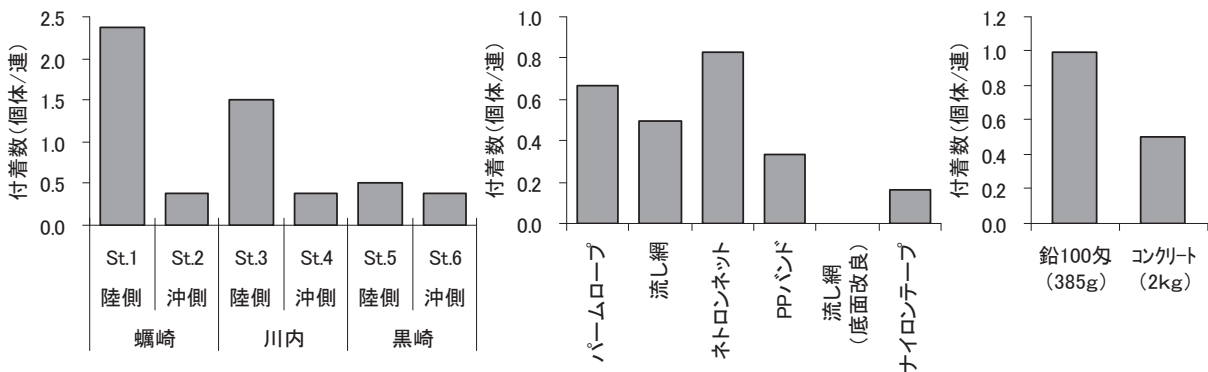


図 16 漁業者の採苗器の調査結果(左から地点別、種類別、錘別、時期別)

前述のとおり、天然貝の調査では東湾の北東部での採捕が多いこと、浮遊幼生の出現数も大湊湾で多いことから、次年度は大湊湾で桁曳き調査を行って天然貝の資源量を明らかにするとともに、大湊湾にも採苗器を投入して付着状況を明らかにする必要がある。

2 品質改善技術の開発

(1) 肉色と殻皮の状態の数値化

① 肉色

予備調査の測定結果を図 17 に示した。肉眼で色が濃いと感じられる部位(足)ほど、明度(L)は低く、赤系色度(a)と黄系色度(b)が高い値を示したことから、色彩計で肉色を数値化できることが分かった。

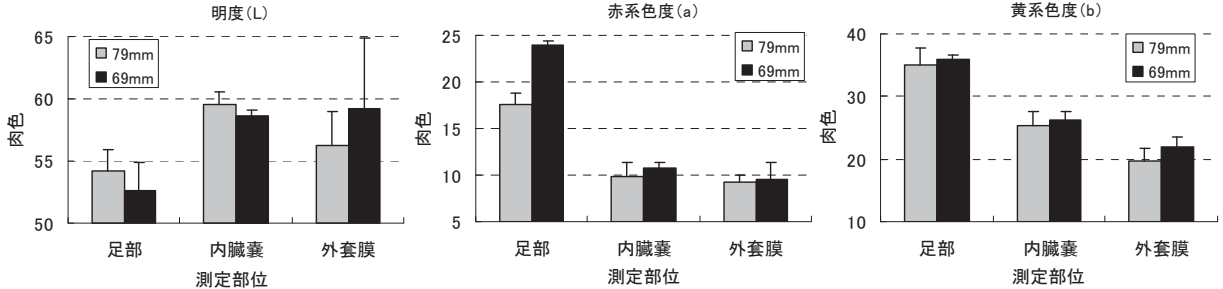


図 17 養殖アカガイの肉色(左から明度、赤系色度、黄系色度、バーは標準偏差)

天然貝(陸奥湾産、ロシア産、中国産)の肉色を図 18 に示した。なお、養殖貝として、前述の予備調査の 2 個体と、後述の品質改良試験で開始時に測定した 20 個体の平均値を示した。

色の濃い足部で比較すると、明度(L)は全ての天然貝が養殖貝に比べて低かった。赤系色度(a)は中国産貝が養殖貝よりも高く、黄系色度(b)は中国産貝、ロシア産貝が養殖貝よりも低かった。

天然貝より養殖貝のオレンジ色が強く見えるのは、明度(L)と黄系色度(b)が高く、赤系色度(a)が低いからであることが分かった。

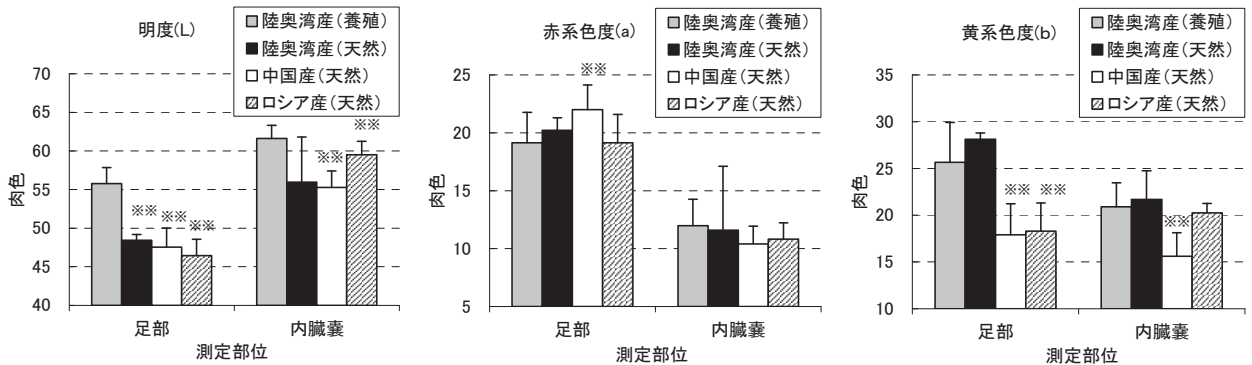


図 18 養殖及び天然アカガイの肉色(左から明度、赤系色度、黄系色度、バーは標準偏差、**は養殖貝と比べてP<0.01で有意差あり)

② 殻皮

養殖貝、地まき貝、天然貝の殻皮脱落率を図 19 に示した。養殖貝の脱落率は 69.8~76.4%で、地まき貝の 32.2%、天然貝の 14.3%よりも高かった。養殖貝は籠や貝同士がぶつかり合うため、殻皮が擦れてしまうことが原因と考えられた。

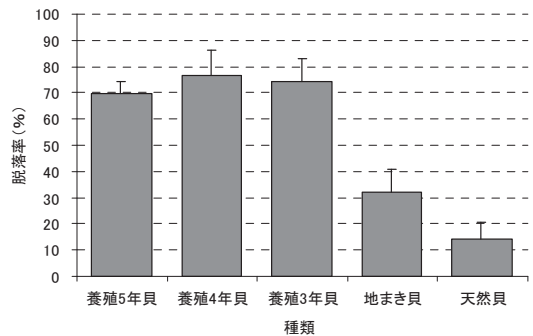


図 19 養殖貝、地まき貝、天然貝の殻皮脱落率(バーは標準偏差)

(2) 品質改良試験

① 蓄養方法別試験

溶存酸素量、水温、室温の推移を図 20 に示した。溶存酸素量は高酸素区が 6mg/l 台、低酸素区が 1mg/l 以下、貧酸素区の泥中がほぼ 0mg/l、表面の海水中が 4mg/l 台であった。水温は高酸素区が 21.2~23.9℃、低酸素区が 20.7~24.3℃、貧酸素区が 20.4~24.5℃であり、注水量の少ない低酸素区と貧酸素区は室温 (18.9~28.6℃) の影響を受けて変化がやや大きかった。

表 3 に生貝数、死貝数、へい死率を示した。低酸素区で 1 個体へい死個体が見られた。

歩留まりと水分量を図 21 に示した。水分量は開始時に比べてどの試験区でも変化がなかったが、歩留まりは高酸素区と貧酸素区が有意に減少した。

足部と内臓囊の肉色を図 22 に示した。色の濃い足部で比較すると、開始時に比べて、明度 (L) は低酸素区で、黄系色度 (b) は全ての区で有意に低下したが、赤系色度 (a) は変化が見られなかった。

表 3 蓄養方法別試験における生貝数、死貝数、へい死率

	高酸素区	低酸素区	貧酸素区
生貝(個体)	40	39	40
死貝(個体)	0	1	0
へい死率(%)	0.0	2.5	0.0

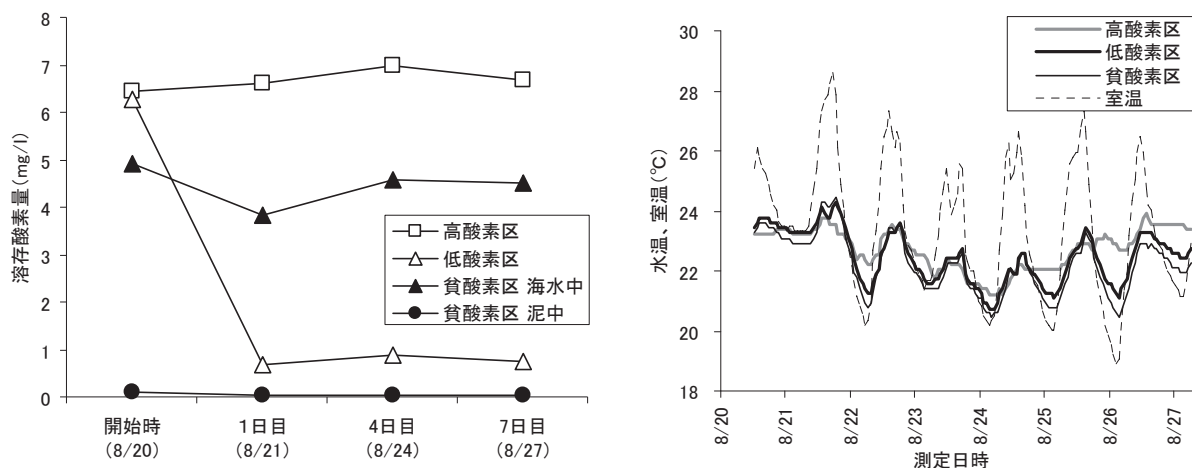


図 20 蓄養方法別試験における溶存酸素量と水温、室温の推移

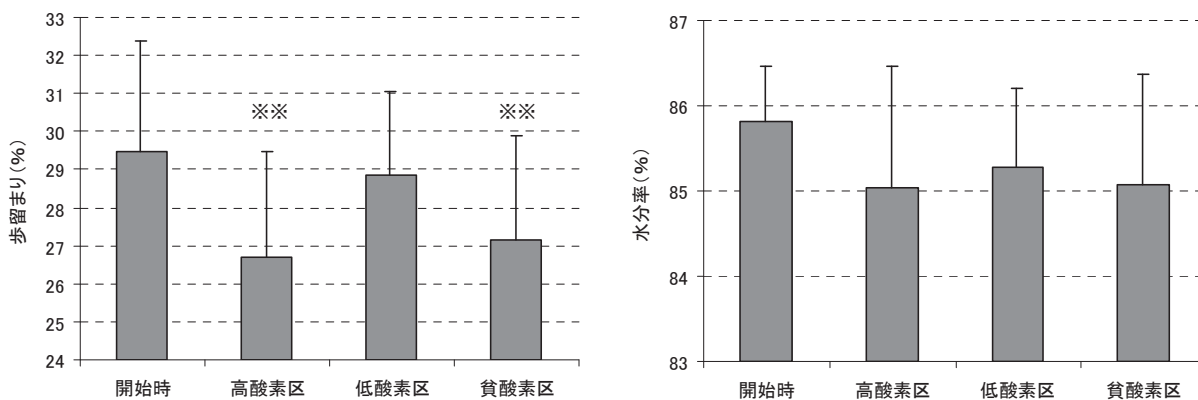


図 21 蓄養方法別試験における軟体部歩留まりと水分量 (※※は開始時と比較して P<0.01 で有意差あり)

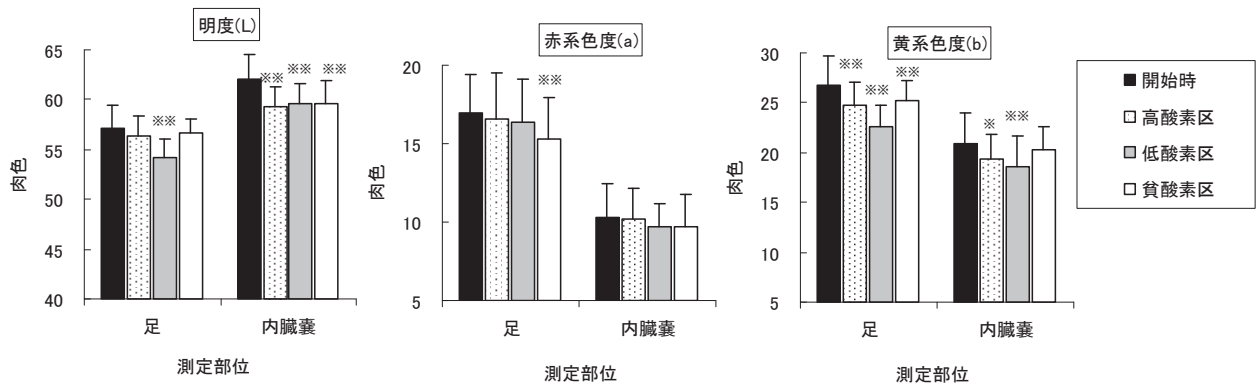


図 22 蓄養方法別試験における肉色(左から明度、赤系色度、黄系色度、※は開始時と比較して P<0.01 で、※は P<0.05 で有意差あり)

② 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 23 に示した。試験開始直後の容器内温度は、酸素封入区(保冷剤なし)が 13.3℃、酸素封入区(保冷剤あり)が 9.6℃、対照区が 14.0℃、無酸素区が 19.9℃であったが、冷蔵庫内の温度の影響により酸素封入区(保冷剤なし)、対照区、無酸素区は徐々に低下し、4℃前後で安定した。酸素封入区(保冷剤あり)は 2℃まで低下した後、徐々に上昇して、他の試験区と同様の温度になった。開始時の酸素濃度は、酸素封入区が 81.8~82.4%、無酸素区が 2.6%だったが、終了時には酸素封入区が 25.1~27.1%に減少、無酸素区が 16.9%に増加していた。これは発泡スチロール箱の気密性の低さが原因と考えられた。

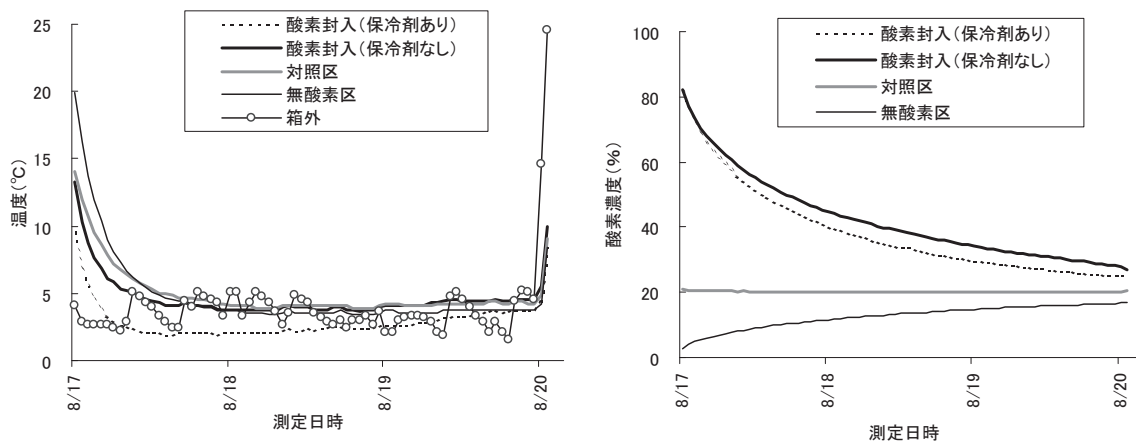


図 23 梱包方法別試験における温度、酸素濃度の推移

死貝数はいずれの試験区も 0 個体であった。

水分排出割合を図 24 に示した。酸素封入区は 18.6~18.7%と、対照区(21.0%)や無酸素区(21.5%)よりも低かったことから、ホタテガイと同様³⁾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。

肉色を図 25 に示した。色の濃い足部で比較すると、開始時に比べて、明度(L)は酸素封入区(保冷剤あり、保冷剤なし)で有意に低下したが、赤系色度(a)の増加、黄系色度(b)の低下は見られなかった。

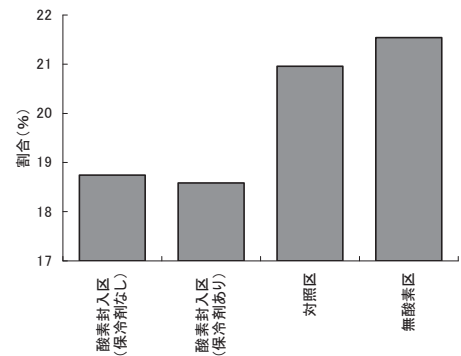


図 24 梱包方法別試験における水分排出割合

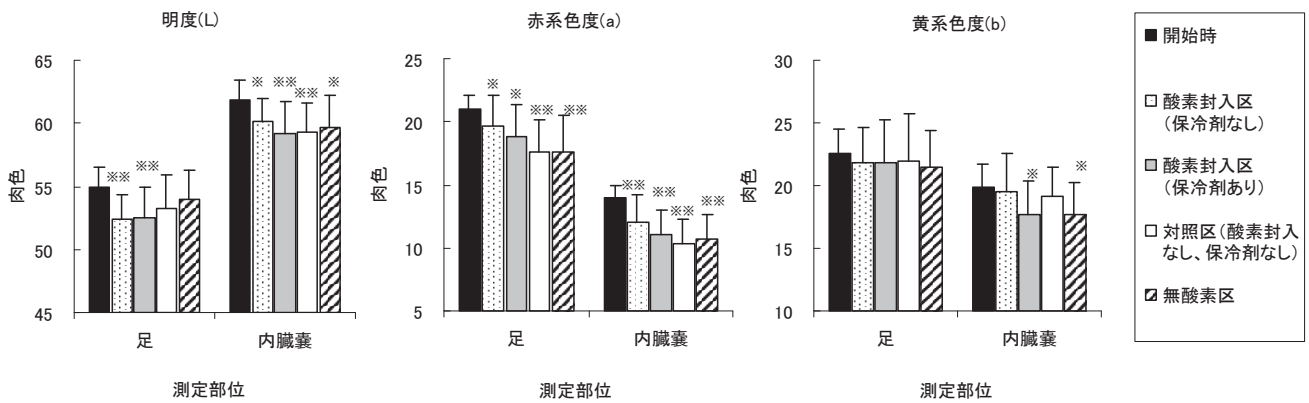


図 25 梱包方法別試験における肉色(左から明度、赤系色度、黄系色度、
※は開始時と比較して P<0.01 で、※※は P<0.05 で有意差あり)

今回の試験では、試験終了時の酸素濃度が、酸素封入区、無酸素区ともに対照区と同じになってしまったことから、気密性の高い梱包容器を用いて再試験を行う必要がある。

また、蓄養方法別試験と梱包方法別試験ともに、国内産の天然貝の肉色基準値に基づき、評価する必要がある。

引用文献

- 1) 田村正 (1965): あかがいの増殖に関する調査, 陸奥湾水増研業務報告, 7, 10-17.
- 2) 猪野峻 (1955): 東京湾の水産資源および環境に関する研究, 交部省総合研究集録(農学編).
- 3) 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. 青水総研増養研事業報告書, 36, 183-198.