

平成11年度ホタテガイ新基準種苗養殖技術開発研究

(ホタテガイの健康評価と養殖技術の改善に関する研究)

工藤 敏博・小坂 善信・木村 博聲・吉田 雅範・川村 要

近年、毒化に伴う出荷規制や価格の低迷等ホタテガイ養殖を取り巻く環境が厳しさを増し、これらが養殖サイクルの短い半成貝主体の出荷や新たな密殖を助長してきた。しかし、最近生産者サイドからも現状の小型軽量化や過密養殖を危惧する声が高まっており、「量から質へ」の転換を目指した動きも活発化しつつあるが、このような動きの中で、高水温期に起きる養殖貝のへい死及び春先の耳吊り養殖貝のへい死が問題となっている。このため、「良質な種苗の確保」及び「養殖方法別の貝の健康度の把握とそれに見合った効率的な生産を目指した適正管理法の確立」が重要な課題となっている。

本研究では、①良質な種苗の確保のための評価基準を確立するため「新種苗評価基準の実証試験」を、②養殖方法別に養殖条件と健康度の関連性を解明し、養殖方法別の適切な作業時期や収容数といった適正管理法の確立をするために「養殖方法別ホタテガイの健康度評価試験」を、③成貝・半成貝の健康度判定手法を確立するために「健康度判定法の開発試験」を実施したので、その結果を報告する。

I 新種苗評価基準の実証試験

平成8～10年度にかけて実施した「ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究」では、「良い種苗」は「悪い種苗」に比較して生残が良く、殻長等も大きく、生化学的に健全であることがわかり、軟体部乾燥重量や核酸量等は、成熟期を除けば種苗評価基準として使えることがわかった¹⁾。

しかし、これは稚貝採取から翌春の耳吊り作業や丸籠による養殖を行うまでの種苗段階での結果であり、新評価基準に基づき選別した「良い種苗」は養殖を行っても出荷サイズまで良好な貝であることを実証する必要がある。

このため、養殖開始時点で「良いと考えられる種苗」と「悪いと考えられる種苗」を用い、同条件で養殖試験を実施し、1年間にわたり成長、生残等を比較した。

1 材料と方法

第1回分散作業後に、平成8年度版「ほたて貝養殖ごよみ」における基本型の収容密度（パールネットに15個体/段）にした基本型区を「良い種苗」として、4倍区（パールネットに60個体/段で収容）を「悪い種苗」として用いて同条件で飼育を行い、出荷サイズまで比較を行った（図1）。

平成11年4月16日に、これらの貝を丸籠にそれぞれ10個体/段収容し、種苗時点での「基本型区」を「基本型区」、種苗時点での「4倍区」を「試験区」として試験を開始し、平成12年3月28日まで飼育を継続した。なお、10月以降、丸籠や養殖貝へのムラサキイガイ等の付着物が非常に多く認められたので、11月15日に貝を掃除するとともに新しい丸籠への入れ替え作業を実施した。

なお、試験は久栗坂実験漁場において幹綱の水深を15mとした延縄式施設を用いて実施したが、夏季に例年になく高水温に見まわれたため、高水温時には幹綱の水深を25mに沈下させ、検体採取も行わないようにした。また、連の間隔はすべて1m間隔として飼育した。

検体採集は原則としてそれぞれ1カ月に1回行い、1連全部の生貝と死貝の数を計数してへい死率を調査するとともに、生貝50～70個体中の異常貝出現率を調べた。

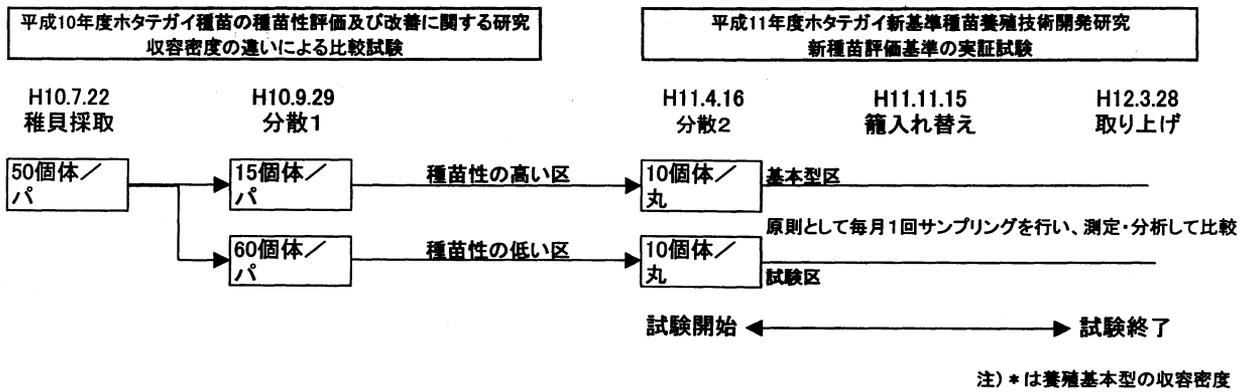


図1 新種苗評価基準の実証試験における試験設定及び作業内容

測定項目は殻長、殻高、殻幅、蝶番線、全重量、軟体部重量（以上50～70個体測定）、貝柱重量、中腸腺重量、生殖巣重量（以上10～20個体測定）とし、これらの測定値から殻幅比、殻高/殻長、蝶番線/殻長、軟体部指数、貝柱指数、中腸腺指数、生殖巣指数を求めた。

また、20個体について送風定温乾燥器を用い、軟体部を60℃で8時間、105℃で15時間乾燥させた後に重量を測定するとともに（軟体部乾燥重量）、貝殻をブラシで汚れを良く落とした後に105℃で3時間乾燥させ重量を測定し（殻乾燥重量）、日間成長率及び軟体部水分量を求めた。

分析は、貝柱の横紋筋部分を0.25M Sucrose-1mM EDTA-20mM Tris-HCl(pH7.5)溶液中でポリトロンホモジナーザーを用いてホモジナイズした後、STS法により核酸量（DNA量及びRNA量）を、Lowry法により全タンパク質量を測定し、これらの値からRNA/DNAと全タンパク質/DNAを求めた（以上10～20個体）。

なお、殻幅比等は以下の式により算出した。

$$\text{殻幅比} = \text{殻幅} \div (\text{殻長} + \text{殻高} + \text{殻幅})$$

$$\text{軟体部指数} = \text{軟体部重量} \div \text{全重量} \times 100$$

$$\text{貝柱指数} = \text{貝柱重量} \div \text{軟体部重量} \times 100$$

$$\text{中腸腺指数} = \text{中腸腺重量} \div \text{軟体部重量} \times 100$$

$$\text{生殖巣指数} = \text{生殖巣重量} \div \text{軟体部重量} \times 100$$

$$\text{軟体部水分量} = (\text{軟体部重量} - \text{軟体部乾燥重量}) \div \text{軟体部重量} \times 100$$

$$\text{日間成長率} = (\text{Ln}W_2 - \text{Ln}W_1) \div (t_2 - t_1) \times 100$$

（ある時点 t_1 の時の重量を W_1 、ある時点 t_2 の時の重量を W_2 とする）

2 結果と考察

(1) 生残率及び異常貝出現率

表1に生残率及び異常貝出現率の推移を示した。また、試験区と基本型区の生残率を比較するために、それぞれの累積生残率を求め、第1回分散時点での基本型区の値を100として試験区の比を求め、その推移を図2に示した。

表1 新種苗評価基準の実証試験における生残率、異常貝出現率の推移

調査月日	基本型区			試験区		
	1段收容数 (個体)	生残率 (%)	異常貝出 現率 (%)	1段收容数 (個体)	生残率 (%)	異常貝出 現率 (%)
4月2日	13.9	99.19	0.00	59.4	94.49	4.00
4月16日	14.1	98.58	0.00	56.4	93.26	0.00
5月17日	9.5	98.95	0.00	10.0	97.00	2.00
6月21日	10.0	99.00	0.00	9.7	98.63	1.43
8月2日	9.8	98.98	0.00	8.2	98.78	0.00
9月28日	9.6	100.00	0.00	9.9	96.97	0.00
11月8日	9.9	96.97	2.00	9.7	97.94	0.00
11月24日	10.0	100.00	0.00	9.3	98.92	0.00
12月27日	10.0	98.36	2.00	9.2	96.01	0.00
1月24日	12.5	98.36	0.00	10.0	97.06	0.00
2月28日	9.3	95.19	0.00	10.0	97.06	0.00
3月28日	10.0	97.38	0.00	10.0	95.12	2.00

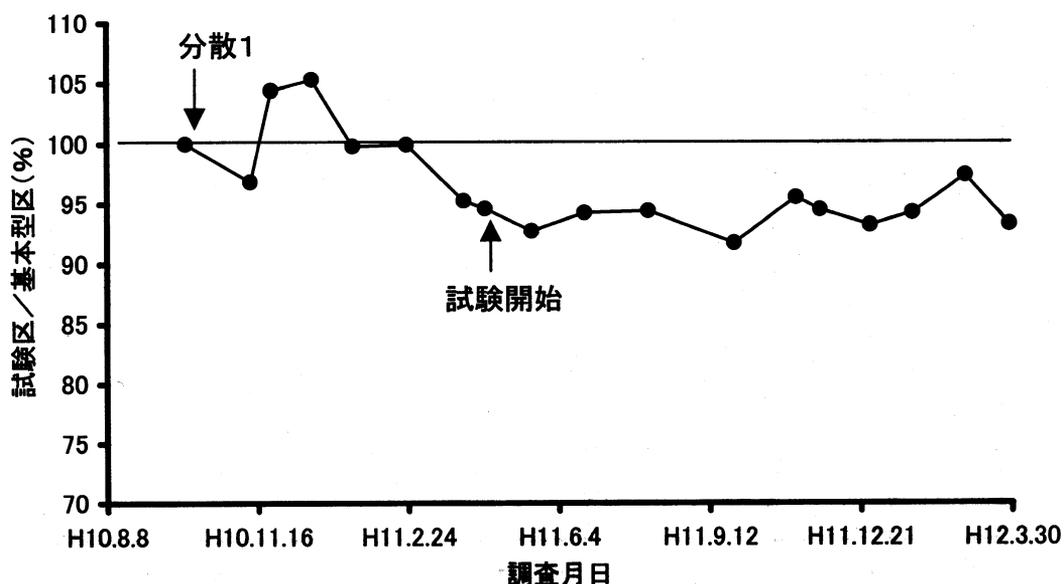


図2 試験区と基本型区の累積生残率の比率の推移 (第1回分散時基準)

收容密度に差があった分散時～試験開始時までの間は、2月～4月の季節風の強い時期に試験区の生残率が基本型区に比べて低下する傾向が見られたが、收容密度を同一にした試験開始以降ほぼ一定の値で推移し、へい死率にほぼ差が見られなくなった。このことから、直接のへい死の原因は種苗時点での貝の状態よりも收容密度が高いことによる貝同士のぶつかり合いによる影響が大きいものと考えられた^{1) 2) 3)}。

また、今年度の夏～秋にかけては例年にならぬほど高水温であったにもかかわらず⁴⁾、両区ともこの間のへい死がほとんど見られなかったのは夏季に幹綱の水深を沈めて高水温を回避したことや、貝に影響を与えないよう検体採取を行わなかったためと考えられた。

なお、異常貝出現率については、試験開始以降は両区に顕著な差は見られなかった。

(2) 殻長等

付表1に殻長等の測定結果を、付表2にこれらから求めた軟体部指数等を、付表3、4にこれらの平均値の検定結果を示した。また、図3に殻長の推移を、図4に全重量の推移を、図5に軟体部重量の推移を、図6に貝柱重量の推移を示した。

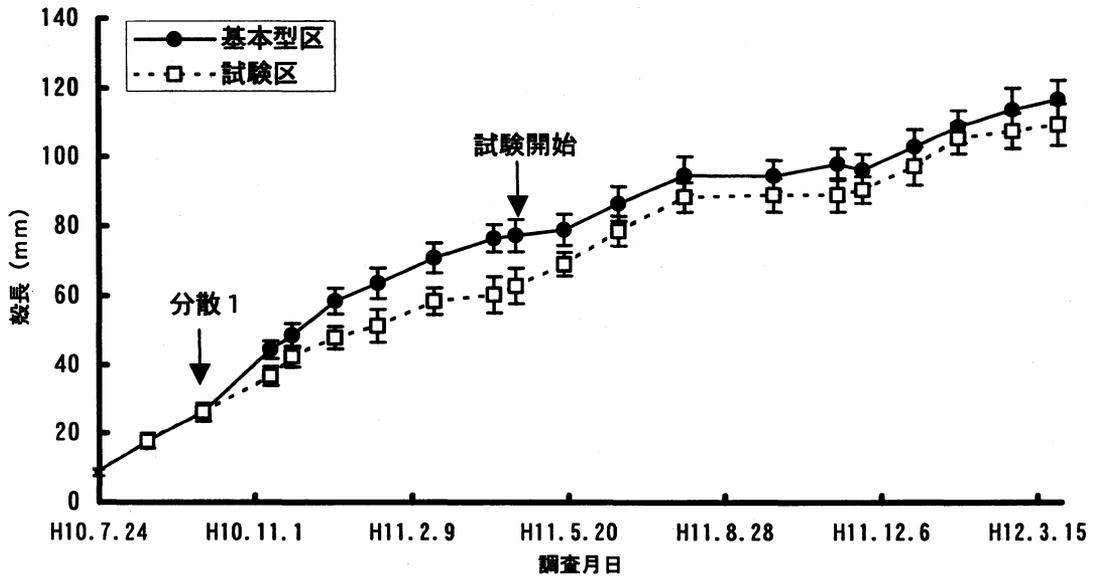


図3 新種苗評価基準の実証試験における殻長の推移

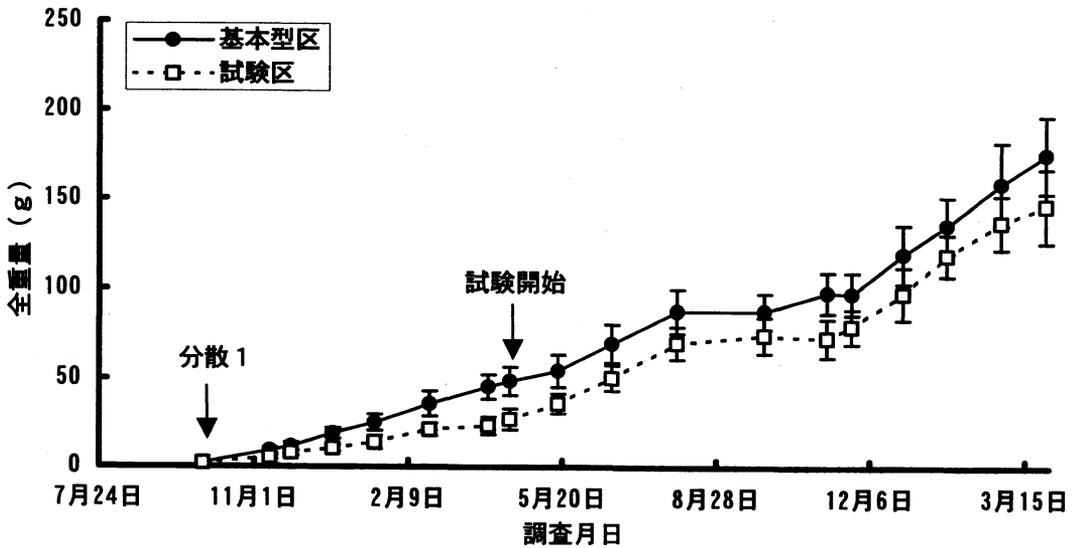


図4 新種苗評価基準の実証試験における全重量の推移

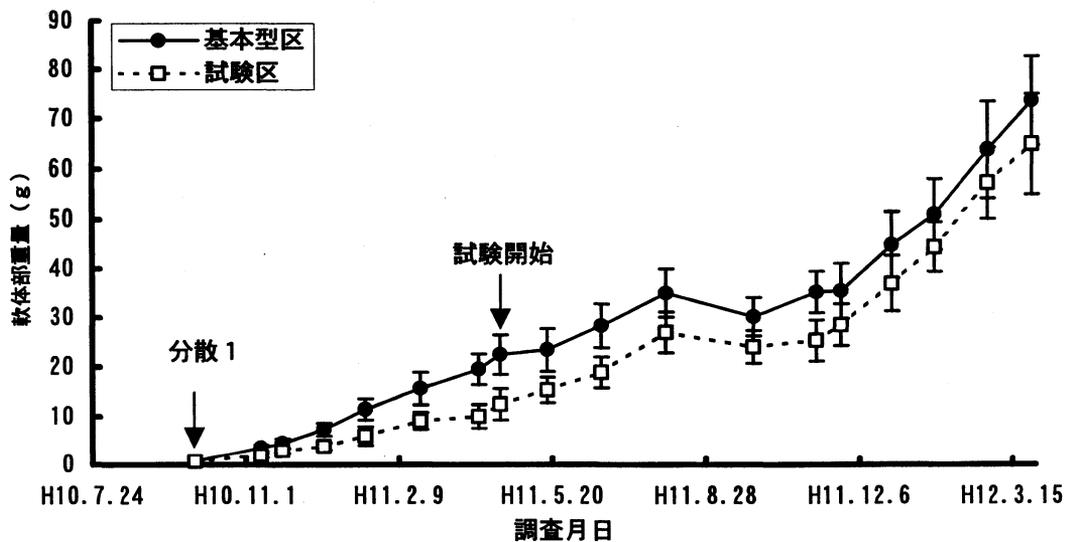


図5 新種苗評価基準の実証試験における軟体部重量の推移

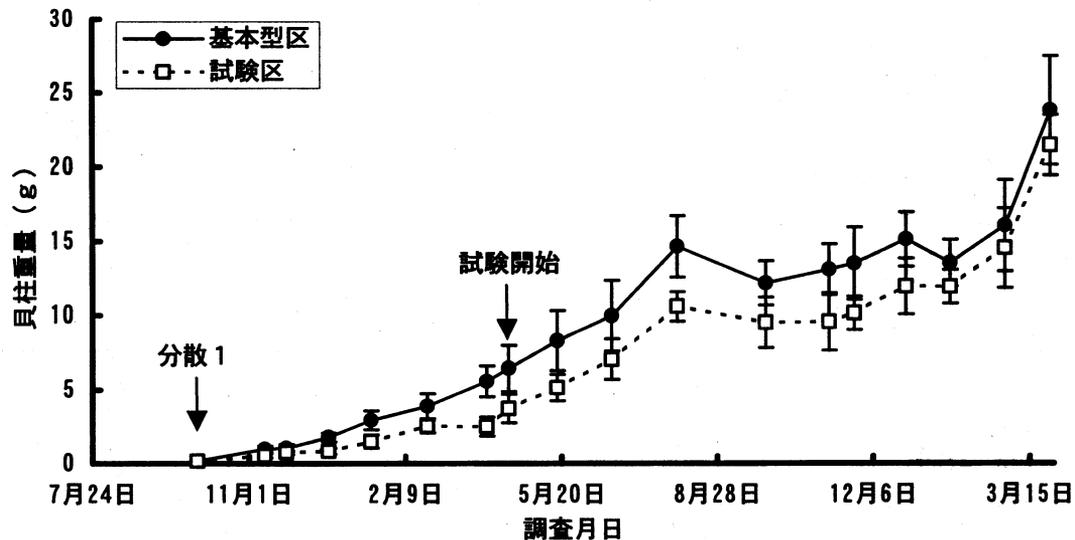


図6 新種苗評価基準の実証試験における貝柱重量の推移

殻長の推移を見ると、収容密度に差があった分散時～試験開始時までの間は基本型区が試験区より有意に大きく、飼育日数に伴いその差は大きくなったが、収容密度を同一とした試験開始以降は有意な差はあるものの、その差は小さくなる傾向が見られた。殻長、全重量、軟体部重量、貝柱重量についても基本型区と試験区の差の推移を見るため、基本型区を100として試験区の比率を算出し、その結果を図7に示した。収容密度を同一とした試験開始以降は、いずれの項目も9月28日調査時まではその差が小さくなる傾向にあったが、その後は緩やかになり、1月24日以降はほぼ一定の値となった。3月28日の試験終了時点での試験区の基本型区に対する比率は、殻長が93.6%、全重量が83.7%、軟体部重量が88.2%、貝柱重量が90.2%となり、いずれも基本型区の方が試験区より大きいことから、4月から翌年3月までの1年以内の養殖期間では、基本型区の方が良い貝を出荷できるものと考えられた。

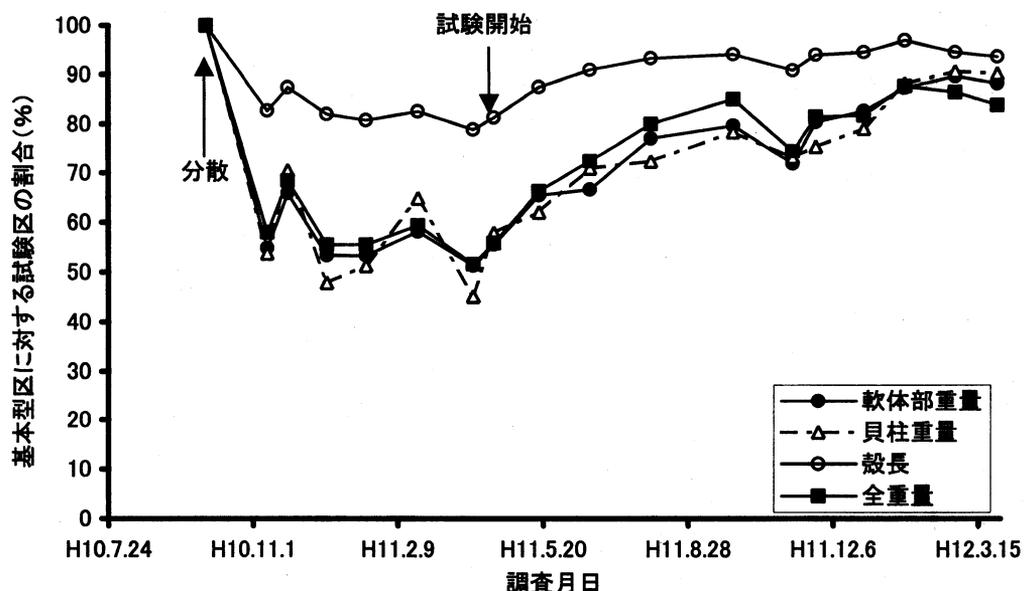


図7 新種苗評価基準の実証試験における試験区の基本型区に対する殻長等の比率の推移

殻長、全重量、軟体部重量、貝柱重量の成長を時期的に見ると、8月2日～9月28日の間には殻長、全重量の成長が停滞し、軟体部重量、貝柱重量は減少していたが、これは高水温の影響によるものと考えられた。また、12月27日～1月24日の間には貝柱重量の減少が見られたが、これは成熟の影響によるもの

と考えられた。

図8に蝶番線/殻長の推移を示した。「ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究」において収容密度の高い区ほど低い値となり、収容密度の評価基準となるものと考えられた蝶番線/殻長は¹⁾、収容密度を同一とした後は、基本型区と試験区の間で徐々に差が見られなくなり、8月2日調査時にほぼ同じ値となった。その後11月24日調査時までには試験区の方が有意に高い値を示し、12月27日調査時以降はほぼ同様の値で推移した。収容密度に差があるときには有意に差があったものが、収容密度を同一にした後は一定の傾向が見られなくなったことから、蝶番線/殻長は収容密度の指標となることが再確認された。

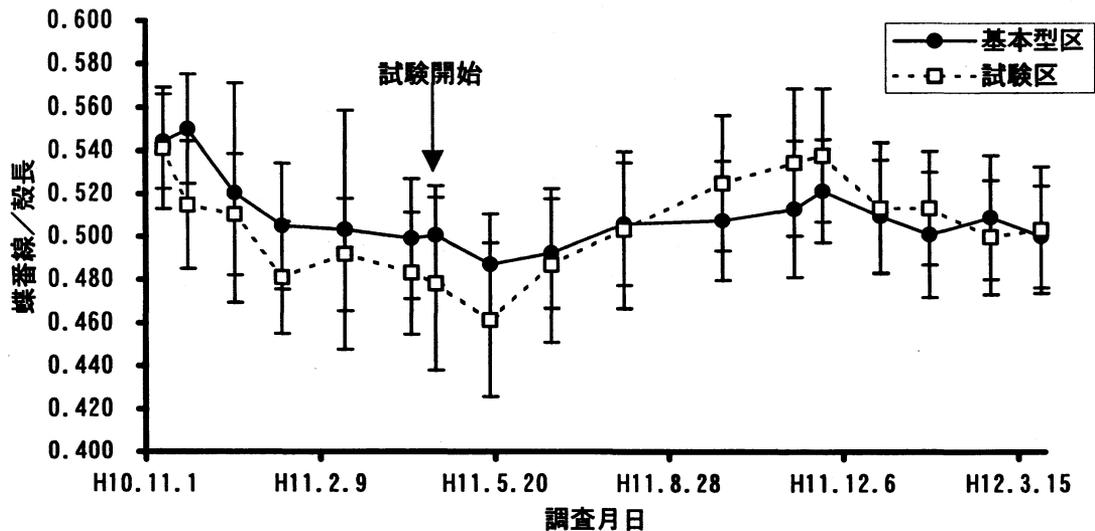


図8 新種苗評価基準の実証試験における蝶番線/殻長の推移

(3) 軟体部乾燥重量等

付表5に軟体部乾燥重量等の測定結果を、付表6にその平均値の検定結果を示したが、軟体部乾燥重量は、いずれの調査時も基本型区の方が試験区に比べて有意に大きい結果であった。

軟体部と貝殻の季節別成長状況を調査するため、図9に基本型区の軟体部乾燥重量と殻乾燥重量の日間成長率の推移を示した。

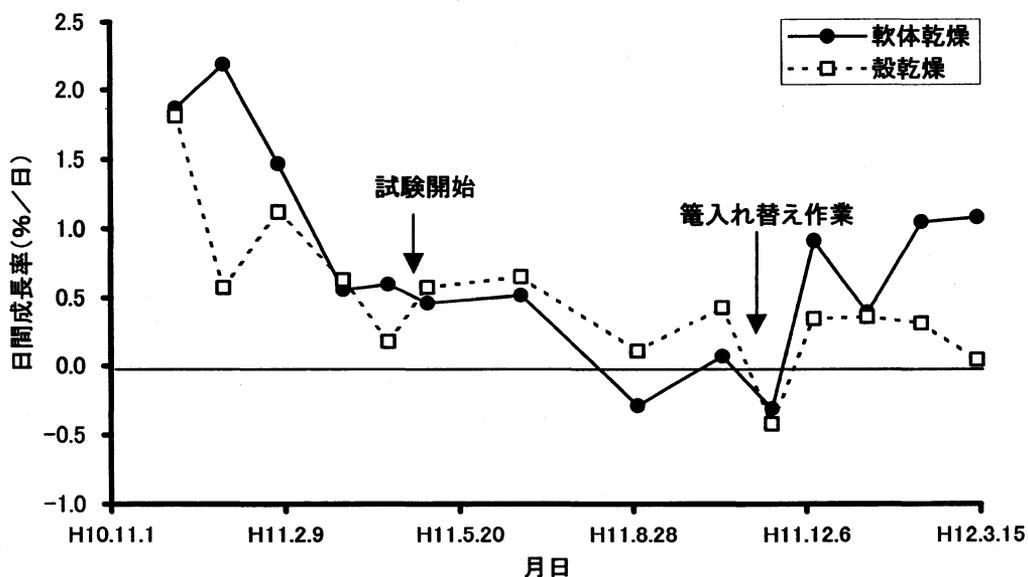


図9 基本型の軟体部乾燥重量と殻乾燥重量の日間成長率の推移

5～6月の間は軟体部乾燥重量、殻乾燥重量とも日間成長率は0.5%前後で推移したが、8月下旬には殻乾燥重量の成長率は0.1%と低下し、軟体部乾燥重量の成長率は-0.3%と負の値に転じた。これは夏季の高水温の影響によるものと考えられた。その後10月中旬には殻乾燥重量の成長率は0.4%、軟体部乾燥重量の成長率は0.07%となり再び成長したが、殻乾燥重量と軟体部乾燥重量では成長率に差が見られ、殻の成長と軟体部の成長では高水温の及ぼす影響が異なることが考えられた。11月下旬には殻乾燥重量、軟体部乾燥重量とも-0.4%、-0.3%と負の値を示したが、これは11月15日に貝の掃除や籠の入れ替え作業を行った影響があったものと考えられた。その後は殻乾燥重量と軟体部乾燥重量とも再び成長したが、軟体部乾燥重量は1月上旬を除くと1%前後の成長率であったのに対し、殻乾燥重量は12月上旬から2月上旬までは0.35%前後で推移し、3月13日にはほぼ0%となり、秋季と逆の傾向が見られた。これは成熟や低水温の影響があるものと考えられた。

(4) 全タンパク質量、核酸

付表7に全タンパク質量等の分析結果を、付表8にこれらの平均値の検定結果を示した。

図10に細胞数の指標となるDNA量の推移を示したが、2月28日調査時及び3月28日調査時を除くと、試験開始以降、常に基本型区の方が試験区より有意に多い結果であった。殻長、全重量、軟体部重量、貝柱重量について試験区と基本型区を比較すると、試験開始以降試験終了時までその差は減少する傾向はあったものの試験区が基本型区に追いつくことはなかったが、これは細胞数が基本型区の方が試験区より多く、細胞の大きさ(DNA/全タンパク質量)は両区ではほぼ同じ値で推移したためと考えられた。

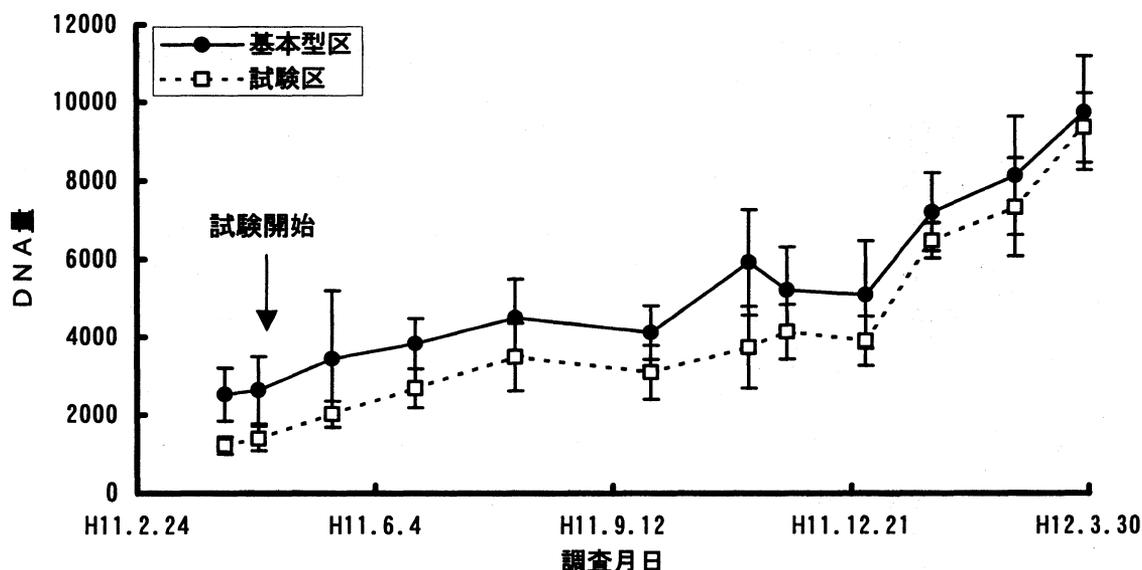


図10 新種苗評価基準の実証試験における貝柱のDNA量の推移

魚介類は環境要因により発育が違ふことが知られているが⁵⁾、試験区は第1回分散～種苗の間、基本型区に比べて過密な密度で飼育された影響を受け基本型に比べて発育が遅れた(細胞数が少ない)ものと考えられ、今回の試験結果から考えると、その後飼育条件を同じにしてもその影響は少なくとも1年間にわたって及ぶものと考えられた。つまり、満2年貝以前に成長が良好な貝を出荷をする場合には、第1回分散時に適正な収容密度で飼育しなければ翌春の丸籠への入れ替え後に適正な収容密度で飼育しても良質な貝は生産できないものと考えられた。

なお、2月28日調査時及び3月28日調査時にはDNA量が基本型区の方が試験区より多いものの有意な差が見られなくなったが、これは成熟による影響等によるものと考えられた。

図11に細胞当たりのタンパク質合成能力の指標となるRNA/DNAの推移を示した。基本型区と試

験区を比較すると、5月17日調査時及び9月18日調査時に試験区が基本型区より有意に高い値であったが、その他の調査時には有意な差がなく一定の傾向は見られなかった。「ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究」においては成熟期を除くとRNA/DNAは収容密度が低い区の方が高い区より有意に高い値を示したが1)、今回の試験では収容密度を同一としたため、差が見られなかったものと考えられた。

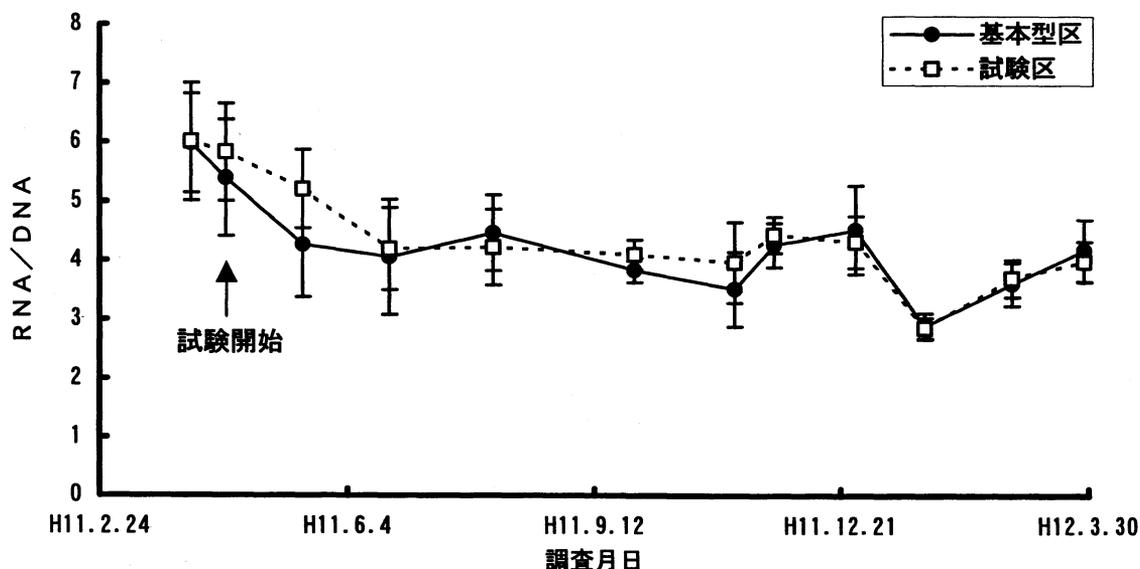


図11 新種苗評価基準の実証試験における貝柱のRNA/DNA量の推移

RNA/DNAの時期別の推移を見ると、試験開始から11月28日調査時までには低下する傾向にあったが、その後は12月27日調査まで増加し、1月24日調査時には再び低下した。

表2に12月27日調査時点での基本型区と試験区の雌雄別のRNA/DNAを示した。0年貝の後半から2年貝では雌個体の方が雄個体よりも大きい傾向があることが知られており⁶⁾、サンプル数が各5個体と少ないため有意な差は見られなかったものの、今回の結果でもいずれもメスの方がオスより高い値を示した。この原因については今後も調査を継続し検討する必要があるものと考えられた。

(5) 漁業者の貝との比較

本試験における貝と漁業者の貝（ホタテガイ垂下養殖実態調査^{7) 8) 9)}）を比較し、その結果を表3に、殻長の推移の比較を図12に示した。

表3 新種苗評価基準の実証試験と漁業者の貝の比較

調査月日	漁業者			新種苗評価基準の実証試験					
	H10.10.26 ~30	H11.5.24 ~28	H11.10.25 ~11.4	基本型区			試験区		
				H10.11.11	H11.5.17	H11.11.8	H10.11.11	H11.5.17	H11.11.8
へい死率(%)	2.50	1.10	8.80	2.01	1.05	3.03	5.51	3.00	2.06
異常貝出現率(%)	0.90	2.90	3.20	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00
殻長(mm)	32.00	73.00	83.00	44.44	78.85	97.78	36.73	68.97	88.83
全重量(g)	3.80	48.10	67.70	9.27	54.64	98.21	5.37	36.21	73.10
軟体部重量(g)	-	17.60	22.30	3.65	23.36	35.23	2.00	15.27	25.30
幹網1m当収容数	666.8	431.1	315.9	149.0	95.0	99.0	591.0	97.0	100.0

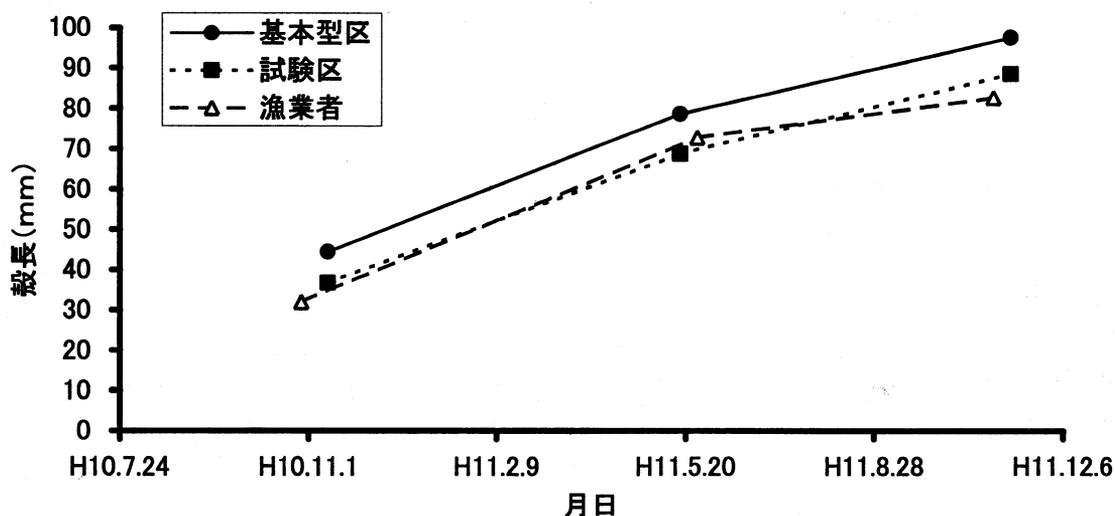


図12 漁業者の貝と新種苗評価基準の実証試験の殻長の推移

へい死率及び異常貝出現率は、いずれの調査時も漁業者の貝の方が基本型区に比べて高い値を示した。

第1回分散後の10～11月調査時点での殻長を見ると、基本型区は試験区及び漁業者の貝より明らかに大きく、試験区と漁業者の貝はほぼ同じ殻長であった。これは幹綱1m当たりの収容数が基本型区は149枚/mであったのに対し、試験区は591枚/m、漁業者の貝は667枚/mと収容密度が基本型区の約4倍にも及んでいたためと考えられた。翌年10～11月調査時点での殻長を見ると、試験区は4月以降基本型区と同様な収容密度としたにも関わらず、基本型区との差は同様の値で推移した。また、漁業者の貝については、基本型区との差はさらに開く傾向にあったが、これは漁業者の貝の幹綱1m当たりの収容数が316枚/mと収容密度が基本型区の約3倍になっていたためと考えられた。

これらのことから、良質の貝を生産するためには適正な収容密度で飼育しなければならない。しかも第1回分散時点から適正な収容密度にしなければ、その後に適正な収容密度で飼育しても良質な貝を生産するのは困難であることがわかった。養殖基本型の収容密度が最も生産効率が高いことがわかっているが¹⁾、今回の結果からも養殖基本型の収容密度が良質貝生産のため適切であることが再確認された。

(6) 新種苗評価基準について

今回の試験では「ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究」における種苗評価基準に基づいた「良い種苗」と「悪い種苗」を用いて同条件で飼育を行い、出荷サイズまで比較を行ったが、「良い種苗」は出荷段階でも「悪い種苗」よりも良い貝であることがわかり、「ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究」で提唱した種苗評価基準¹⁾は有効であることが実証された。

しかし、現段階ではRNA/DNA等の種苗評価基準のデータは数年分しかなく、「良い種苗」と「悪い種苗」の相対的な比較は可能なものの、年によって水温・餌料等の環境条件が異なるため、ある時点での種苗の分析結果からのみ種苗性を判断するのは困難だと思われる。今後は養殖基本型についてデータを積み重ね、標準的な(絶対的な)基準を確立する必要があると考えられた。

II 養殖方法別ホタテガイの健康度評価試験

陸奥湾で行われている耳吊り、最善法、次善法等の養殖方法は作業時期や作業方法に違いがあり、養殖方法によって時期別に生理活性等が異なることが考えられる。このためこれらの方法別に成長や生残を調査するとともに核酸比等の季節的変化を調べて特性を把握し、高品質貝生産のための適正管理技術を検討するため実施した。

なお、今年度は試験実施初年度のため、稚貝採取から養殖用種苗の育成の段階までの試験を実施し、養殖方法別の比較は平成12年度に実施する予定である。

1 材料と方法

図13に試験の設定内容を示したが、「平成8年度版ホタテ養殖ごよみ」に準じて作業を実施した。

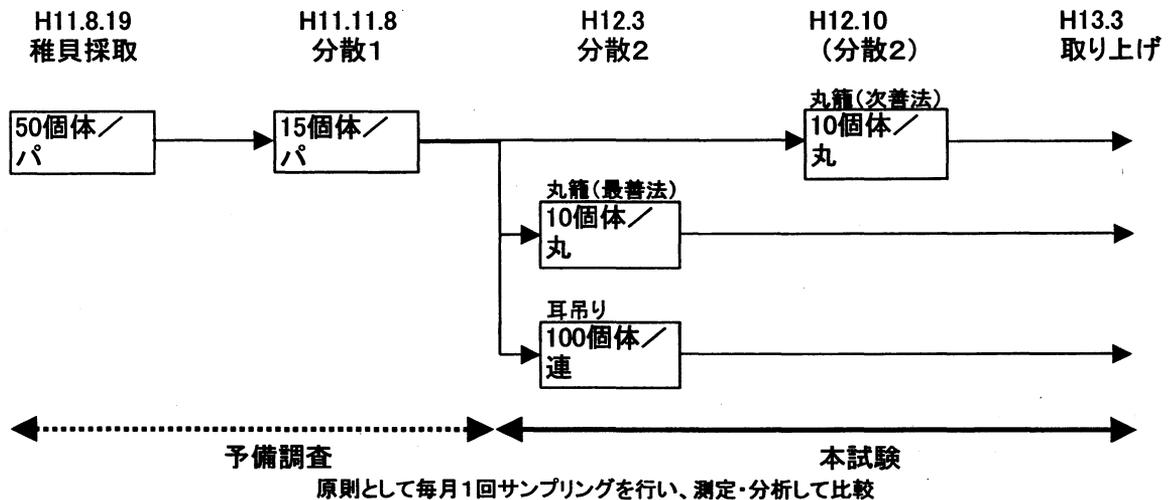


図13 養殖方法別ホタテガイの健康評価試験における試験設定及び作業内容

平成11年5月24日に久栗坂実験漁場に投入した採苗器に付着した稚貝を8月19日に2.0分の篩を用いて選別した後、1.5分目のパールネットに50個体/段で収容して飼育を開始した。さらにこれらの稚貝を11月8日に2.0分目のパールネットに15個体/段収容して飼育を継続した。

平成12年3月27日に久栗坂実験漁場から一部の貝を当センター前の実験筏に垂下した。3月28日には、これらの貝の耳吊り作業を実施した。耳吊りの方法は、左殻の足糸開口部だけに穴あけ、1カ所の吊り枚数を2枚、あげピン同士の間隔を15cmとして、1連に100個体を吊るし、実証試験と同様に久栗坂実験漁場の養殖施設に垂下した。

検体採集は原則として1カ月に1回、1連ずつ引き上げ、へい死率・異常貝出現率を調査するとともに、「新種苗評価基準の実証試験」と同様の項目を測定・分析した。

また、耳吊り作業を行う際に、海水から引き揚げた直後の貝（以下「穴あけ前」とする）と耳吊りを行うため穴あけ作業を行った貝（以下「穴あけ後」とする）の測定・分析を行って比較した。

2 結果と考察

表4に生残率及び異常貝出現率の推移を示したが、生残率は12月24日調査時を除くと、いずれも94%以上と良好な値であった。また、異常貝出現率はいずれの調査時も0%であった。

付表9に測定結果を、付表10にこれらから求めた軟体部指数等を、付表11に乾燥重量の測定結果を、付表12に分析結果を示した。

表4 養殖方法別ホタテガイの健康評価試験における生残率及び異常貝出現率の推移

調査月日	1段収容数 (個体)	生残率 (%)	異常貝出 現率 (%)
8月16日 稚貝採取	—	—	0.00
10月6日	42.5	97.65	0.00
11月8日 分散	29.8	98.66	0.00
11月24日	15.2	99.34	0.00
12月27日	14.9	84.56	0.00
1月24日	14.7	94.56	0.00
2月28日	15.1	98.68	0.00
3月28日 耳吊り作業	17.0	97.65	0.00

平成11年産貝の成長を各年産貝と比較するため、養殖基本型に基づき飼育した平成8～10年産貝と11年産貝の殻長の推移を図14に示した。平成11年産貝は例年に比べて稚貝採取や第1回分散作業が1カ月程度遅れたことから、12月下旬まで1カ月程度成長が遅い傾向が見られた。しかし、その後はその差が小さくなる傾向が見られたが、これは成熟による影響があったものと考えられた¹⁰⁾。

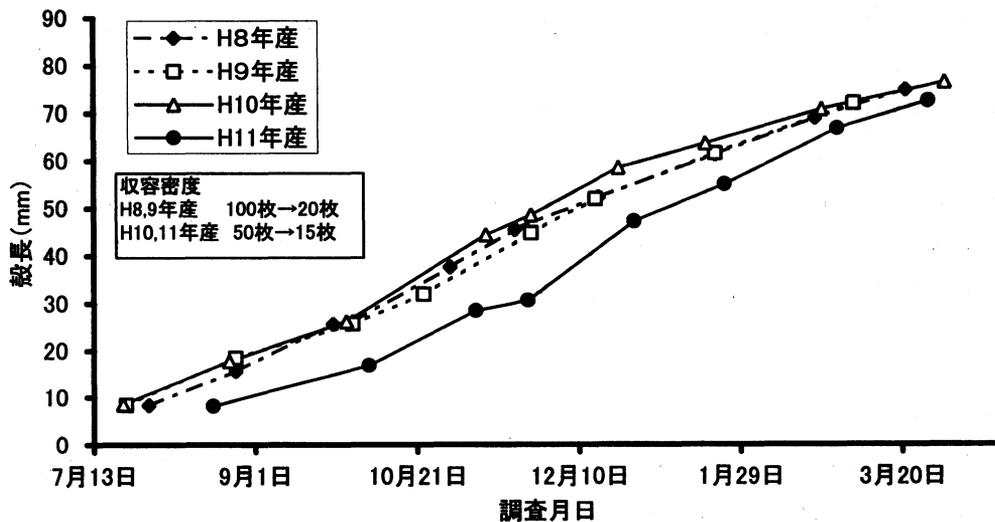


図14 各年度における基本型区の殻長の推移

図15に貝柱部分のRNA/DNAの推移を示したが、11月24日調査時から急激に増加し、1月24日調査時にピークとなった後減少する傾向が見られたが、これも成熟による影響によるものと考えられた。

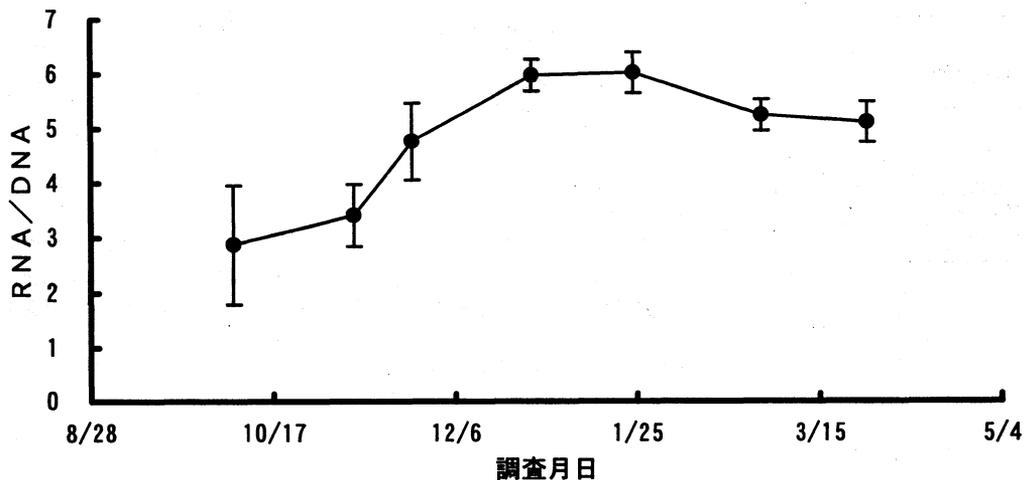


図15 養殖方法別ホタテガイの健康評価試験における貝柱のRNA/DNAの推移

表5に穴あけ前と穴あけ後の貝の測定・分析結果を示したが、これらの間では殻長、全重量、軟体部重量、全タンパク質量、DNA量、RNA量には有意な差が見られなかったが、RNA/DNAは穴あけ後の方が有意に低い値であった。このことは耳吊り作業における穴あけ作業や長時間の干出による影響と考えられ、その後の成長に影響を及ぼすことが考えられた。

表5 耳吊り作業前(穴あけ前)と作業後(穴あけ後)の測定・分析結果(3月28日調査)

	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	全タンパク質 (mg/貝柱)	DNA (μg/貝柱)	RNA (μg/貝柱)	RNA/DNA
穴あけ前	72.54 ±4.29	39.44 ±5.25	17.06 ±2.39	318.36 ±46.48	3255.24 ±503.25	16602.31 ±2491.70	5.12 ±0.38
穴あけ後	71.63 ±3.22	38.36 ±4.63	17.77 ±2.29	355.28 ±37.37	3343.73 ±253.30	15865.13 ±1683.16	4.74 ±0.33
	x	x	x	x	x	x	*

注) *: 穴あけ前>穴あけ後で有意な差あり Δ: 穴あけ後>穴あけ前で有意な差あり x: 有意な差なし

Ⅲ 健康度判定法の開発試験

「健康なホタテガイ」と、「健康でないホタテガイ」に何らかの負荷をかけた場合、「健康でないホタテガイ」の方がへい死する割合が高いものと考えられ、この差を解析することによって健康度の判定基準を開発することが考えられる。また、同じ「健康でないホタテガイ」においても、負荷のかけ方によっては全ての貝が死ぬわけではなく、この中の生きた貝と死んだ貝の間の差を比較することで健康度の判定基準を見いだす可能性が考えられる。

これまでの試験結果から、過密養殖を行った貝や餌を与えないで飼育した貝は、通常の飼育をした貝と比べて、成長が悪く、生化学的にも健全ではないことが明らかとなっている¹⁾。

このため、本試験では、過密養殖を行った貝と餌料を与えないで飼育した貝を用いて、干出というストレスをかけ、生残率や形態測定、生化学分析を行い、その差の比較を行った。なお、試験実施に際して適度な干出温度や干出時間を設定するため、予備試験を実施した。

1 材料と方法

(1) 過密養殖干出試験

図16に試験の設定内容を示したが、干出予備試験において得られた適度な干出温度及び時間を設定した後、過密養殖を行った貝と養殖基本型に基づき飼育を行った貝を干出し、比較を行った。

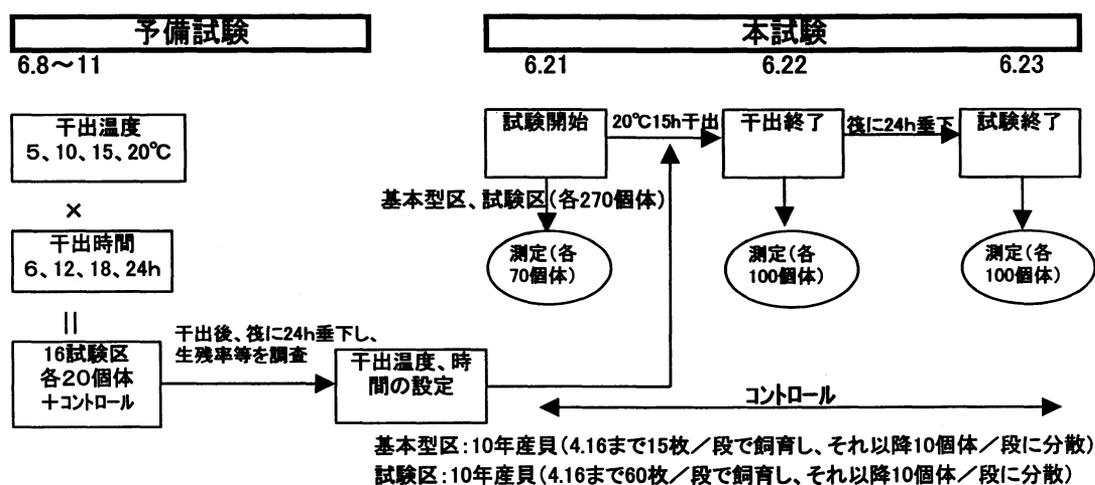


図16 過密養殖干出試験の設定及び作業内容

①過密養殖干出予備試験

供試貝は「平成10年度ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究」で実施した「収容密度の違いによる比較試験」における4倍区の貝を用いたが、平成11年4月16日に久栗坂実験漁場から引き揚げ、6月8日まで当センター前の実験筏に垂下した。

これらの貝は、6月8日に1試験区を20個体とし、干出温度を5、10、15、20℃の4区を設け、それぞれにつき干出時間を6、12、18、24時間の4種類を設定した。なお5、10、15℃区については24時間経過後もほとんどへい死が確認されなかったため、6月28日に改めて30及び48時間区を設定した。

貝殻内に存在する海水を除去するため、使用した貝はタオルに包んだ後に3回ほど振って海水を取り除き、貝殻の表面に付着した海水を拭き取ってから、プラスチック製バットに貝が重ならないように収容した。その後は、恒温室やインキュベーターで設定した温度・時間で干出を行い、設定時間が終了後は直ちに2.0分のパールネット1段に20個体を収容して当センター前の実験筏に垂下し、24時間後に生

残率や殻長、全重量、軟体部重量の調査を行った。

貝の生死の判定は、軟体部を針で刺激し、少しでも反応した個体は生貝と、全く反応しなかったものを死貝として判別した。なお、コントロールとして、干出開始時にパールネット1段に20個体を収容して筏に垂下し、各試験区の貝を筏から引き揚げるまで垂下しておいて、へい死率を比較した。

干出温度及び実験筏における水温は自記水温計により10分毎に測定を行った。

②過密養殖干出試験

供試貝は「新種苗評価基準の実証試験」における基本型区と試験区の貝を用いた。6月21日に久栗坂実験漁場から各270個体を搬入し、試験開始前に各70個体測定・分析した後に、各200個体を20℃で15時間干出し、干出時間終了直後にそのうち各100個体について測定・分析を行った。残りの各100個体については直ちに予備試験と同様の収容密度でパールネットに収容した後、当センター前の実験筏に垂下し、24時間後に生残率の調査を行うとともに測定・分析を実施した。分析は「新種苗評価基準の実証試験」に準じたが、中腸腺のトリグリセリド量（エタノール-エーテル混液中でホモジナイズした後、GPO・p-クロロフェノール法で分析）及び貝柱のグリコーゲン量（グルコースに加水分解した後オトルイジン・ホウ酸法で分析）も併せて実施した。

なお、貝殻内の海水は過密養殖干出予備試験と同様に除去し、生死の判定も同様に行った。

(2) 飢餓干出試験

図17に試験の設定内容を示したが、過密養殖干出試験と同様に干出予備試験において得られた適切な干出温度及び時間を設定した後、飢餓状態で飼育した貝と養殖基本型に基づき飼育を行った貝を干出して比較を行った。

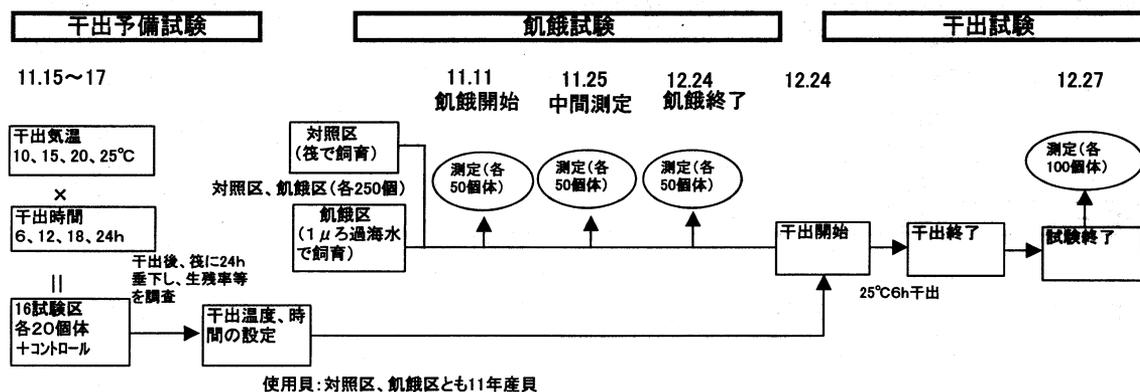


図17 飢餓干出試験の設定及び作業内容

①飢餓干出予備試験

供試貝は、平成11年5月24日に久栗坂実験漁場に投入した採苗器に付着した稚貝を8月9日に50個体/段で1.5分目のパールネットに稚貝採取して、飼育したものをを用いた。これらの貝は、平成11年11月11日に久栗坂実験漁場から引き揚げて当センターに搬入し、11月15日まで当センター前の実験筏に垂下した。11月15日にこれらの貝を用いて1試験区20個体とし、干出温度を10、15、20、25℃の4区設け、それぞれにつき干出時間を6、12、18、24時間の4種類を設定した。これらは過密養殖干出予備試験と同様の方法で干出を行い、その後測定等を行った。

②飢餓試験

供試貝は飢餓干出予備試験と同様のものを用いた。平成11年11月11日に、2.0分のパールネット1段に25個体収容し、筏に垂下して12月24日まで飼育したものを対照区、2.0分のパールネット1段に25個体収容した後1.5m×0.9m×0.6mの水槽に収容し、3μと1μのフィルターでろ過した海水を毎時0.76m³かけ流して飼育したものを飢餓区として12月24日まで飼育を継続した。これらは、11月11日、11月25日、12月24日に検体採取し、生残率の調査を行うとともに測定・分析を実施した。なお、分析は「過密養殖干出試験」に準じた。

③飢餓干出試験

供試貝は飢餓試験における対照区と飢餓区の貝を用いた。平成11年12月24日に各試験区とも100個体を25℃で6時間干出し、2.0分のパールネット1段に20個体収容した後、当センター前の実験筏に垂下し、24時間後に生残率の調査を行うとともに測定・分析を実施した。なお、分析は「過密養殖干出試験」に準じた。

なお、貝殻内の海水は過密養殖干出予備試験と同様に除去し、生死の判定も同様に行った。

2 結果と考察

(1) 過密養殖干出試験

①過密養殖干出予備試験

i) 干出温度等

表6に各区に使用した貝の平均殻長を示したが、コントロール以外は約76～80mmの範囲にあり、各区の間で有意な差は見られなかった。

表6 過密養殖干出予備試験における各区に使用した貝の平均殻長

干出時間	干出気温			
	5℃	10℃	15℃	20℃
6h	78.38	79.40	79.72	77.63
12h	80.36	79.61	77.92	78.25
18h	77.31	76.56	77.59	78.31
24h	77.04	77.90	76.62	75.95
コントロール	74.63			

単位:mm

図18に一例として12時間区の干出温度の推移を示したが、5℃区は5.0～6.0℃の範囲(平均5.3℃)、10℃区は7.7～9.6℃の範囲(平均8.6℃)、15℃区は15.3～15.7℃の範囲(平均15.4℃)、20℃区は18.9～22.2℃の範囲

(平均20.8℃)にあった。また、図19に筏に移動した後の24時間区の水温の推移を示したが、14.6～17.3℃の範囲(平均15.8℃)にあった。

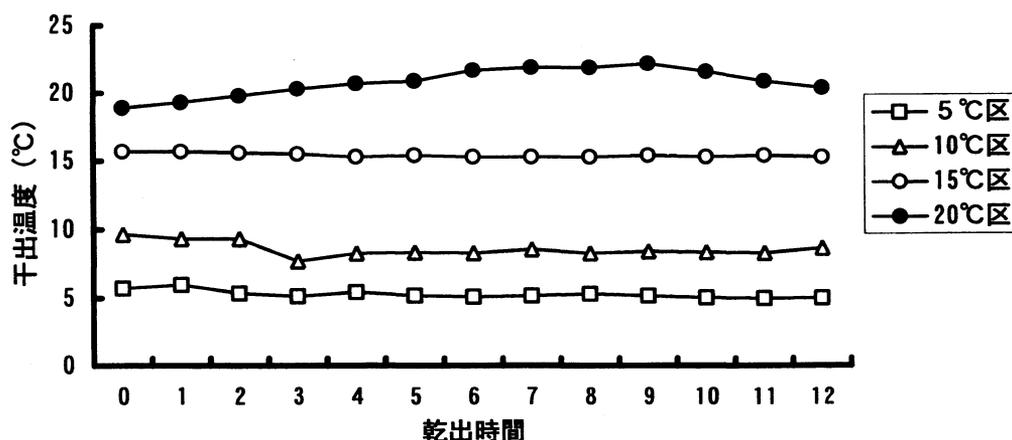


図18 過密養殖干出予備試験12時間区の干出温度の推移

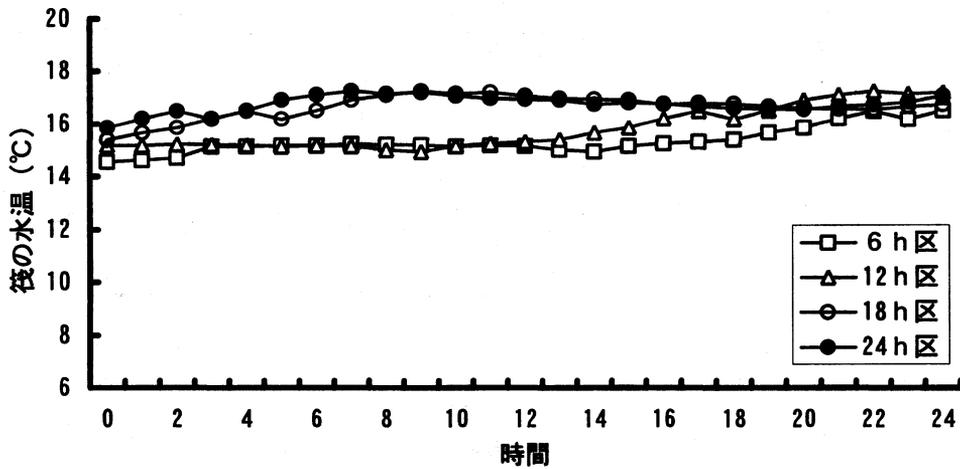


図19 過密養殖干出試験における各時間別試験区の筏移動後の水温の推移 (24時間)

ii) 生残率

表7及び図20に生残率の推移を示した。24時間までは5～15℃区はほとんどへい死が見られなかったが、20℃区は12時間で生残率が80%、18時間で60%に低下し、24時間で全個体がへい死した。このため、過密養殖干出本試験においては約30%のへい死を見込んで干出温度を20℃、干出時間を15時間に設定することとした。また48時間までで比較すると、干出温度が高いほど、干出時間が長いほど生残率が低い結果となった。

表7 過密養殖干出予備試験における生残率の推移

干出時間 (h)	干出温度			
	5℃	10℃	15℃	20℃
0	100	100	100	100
6	100	100	100	100
12	100	95	100	80
18	100	100	100	60
24	100	95	95	0
30	95	80	75	-
48	65	50	0	-

注)30及び48hは参考値

単位:%

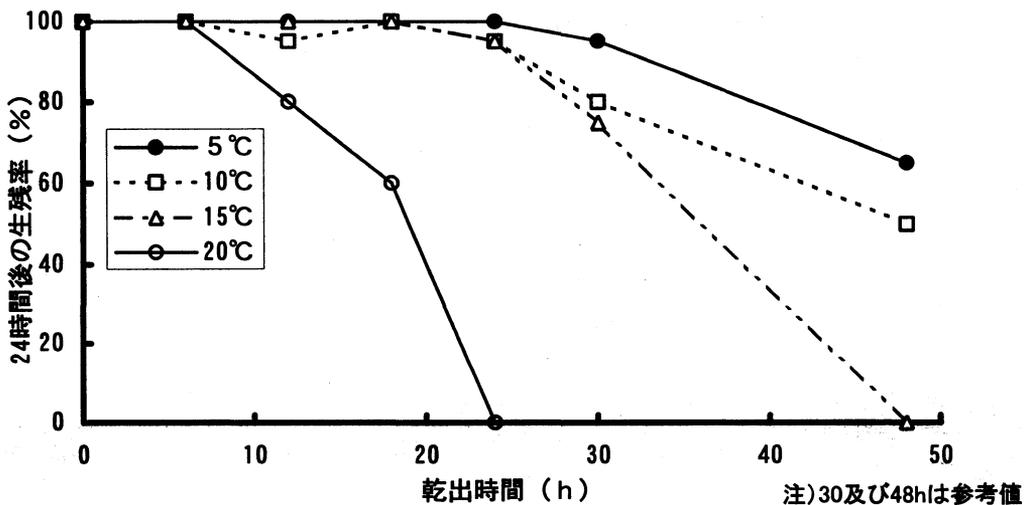


図20 過密養殖干出予備試験における生残率の推移

iii) 殻長等

表8に生貝と死貝の殻長の比較を付表13に生貝の全重量等の測定結果を示した。生貝と死貝における殻長の平均値の差を検定できたのは、20℃区の中の12時間区と18時間区であるが、これらの間では有意な差は見られなかった。

表8 過密養殖干出予備試験における生貝と死貝の平均殻長

	干出時間	干出温度			
		5℃	10℃	15℃	20℃
生貝	6	78.38	79.40	79.72	77.63
	12	80.36	79.46	77.92	78.42
	18	77.31	76.56	77.59	77.93
	24	77.04	77.78	76.38	—
死貝	6	—	—	—	—
	12	—	82.3(1)	—	77.58(4)
	18	—	—	—	78.86(12)
	24	—	80.2(1)	81.1(1)	75.95(20)
試験開始時		80.24	コントロール		74.63

死貝の()内は個数、20℃12h、18hは生貝と死貝に有意な差なし 単位: mm

②過密養殖干出試験

i) 生残率等

干出期間の温度は、19.7~19.9℃の範囲にあった。また、干出後、筏に移動した後の平均水温は、18.7℃であった。

表9に試験終了時の生残率を示した。基本型区は88%、試験区が83%と試験区が生残率が低かったが、大きな差ではなかった。これは収容密度が4月16日までは基本型区はパールネット1段当たり15個体、試験区は1段当たり60個体と差があったものの、それ以降本試験を開始する6月21日までの間は両区とも丸籠へ1段当たり10個体と同様の収容密度で飼育したため、顕著な差が出なかったものと考えられた。

表9 過密養殖干出試験終了時の生残率

試験区	生貝 (個体)	死貝 (個体)	生残率 (%)	異常貝出現率 (%)
基本型区	88	12	88.00	0.00
試験区	83	17	83.00	1.20

iii) 測定・分析結果の比較

付表14に測定結果を、付表15に分析結果を示した。表10に試験終了時における生貝と死貝における殻長等の平均値の差の検定結果を示した。試験区の蝶番線/殻長は生貝が死貝より有意に大きかったものの、他の項目については有意な差が見られず、今回の試験設定では、貝の大きさや形態はへい死には関係がないものと考えられた。

表10 過密養殖干出試験終了時における生貝と死貝の測定値の検定結果 (p<0.05)

	殻長	殻幅比	殻高/殻長	蝶番線/殻長
基本型区	×	×	×	×
試験区	×	×	×	*

×:有意な差なし * :生貝>死貝で有意な差あり

表11に試験開始時と終了時における生貝の殻長等の平均値の差の検定結果を示した。両区とも殻長と貝柱重量は有意な差がなかったが、全重量、軟体部重量、軟体部指数、中腸腺重量は試験終了時の方が開始時より有意に小さな値であった。本試験を実施することにより軟体部重量等が減少した原因として、①干出中に軟体部中の水分が蒸発し、その後24時間海水中で飼育したものの水分は元どおりに回復しなかった、②干出中にそのストレスに耐えるため、体内のエネルギー物質を使った、③干出後に海水中で飼育されてから、干出による損傷やストレスから回復するため、体内のエネルギー物質を使ったことが考えられた。

表11 過密養殖干出試験における試験開始時と終了時(生貝)の平均値の検定結果 (p<0.05)

試験区	殻長	全重量	軟体部重量	軟体部指数	貝柱重量	中腸腺重量
基本型区	×	×	*	*	×	*
試験区	×	*	*	*	×	*

×:有意な差なし * :開始時>終了時で有意な差あり

基本型区について試験開始時と干出直後の殻長と軟体部重量の関係を図21に示したが、干出直後は同じ殻長であっても試験開始時よりも軽くなっていることがわかった。しかし、試験開始時と干出直後の殻長と軟体部乾燥重量の関係を調べたところ（図22）、同じ殻長であれば軟体部乾燥重量には差がないため、干出することにより軟体部重量が軽くなったのは「②干出中にそのストレスに耐えるため、体内のエネルギー物質を使った」ということではなく、単に水分が蒸発したためと考えられた。次に試験開始時と試験終了時の殻長と軟体部の一部分である貝柱の重量の関係を調べ図23に示したが、同じ殻長であれば貝柱重量はほとんど変わらないことから、「①干出中に軟体部中の水分が蒸発し、その後24時間海水中で飼育したものの水分は元どおりに回復しなかった」ということは考えづらいものと思われた。

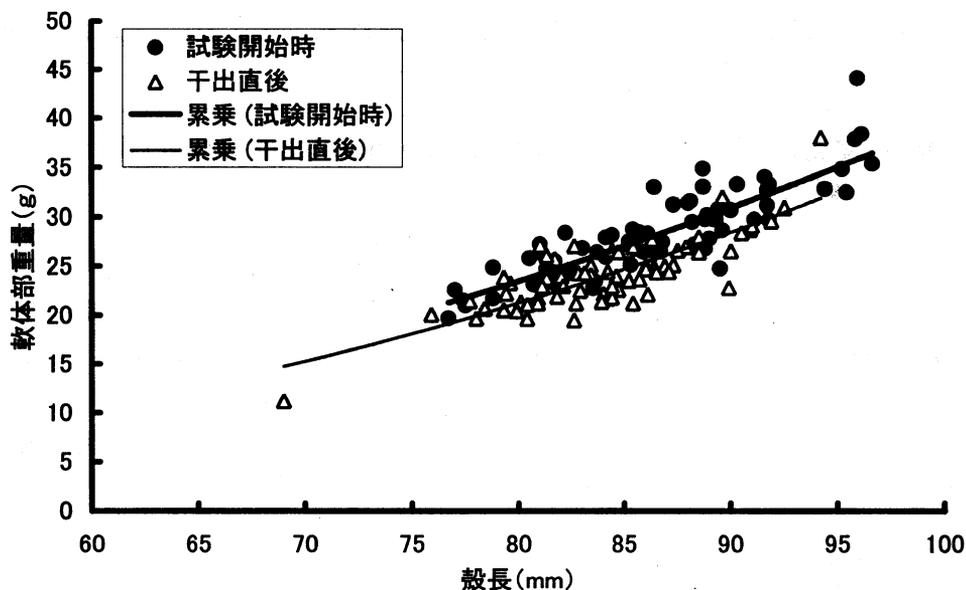


図21 過密養殖干出試験における基本型区の試験開始時と干出直後の殻長と軟体部重量の関係

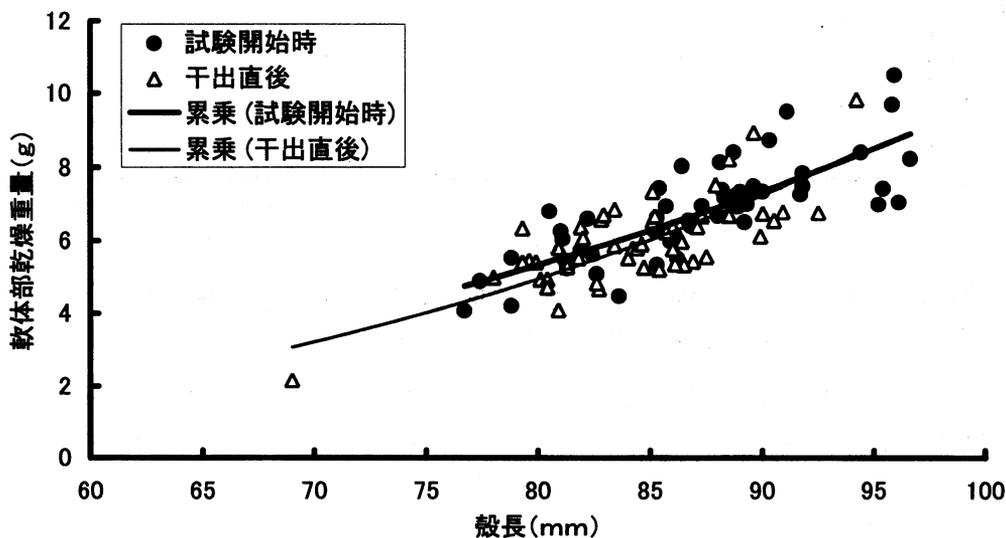


図22 過密養殖干出試験における基本型区の試験開始時と干出直後の殻長と軟体部乾燥重量の関係

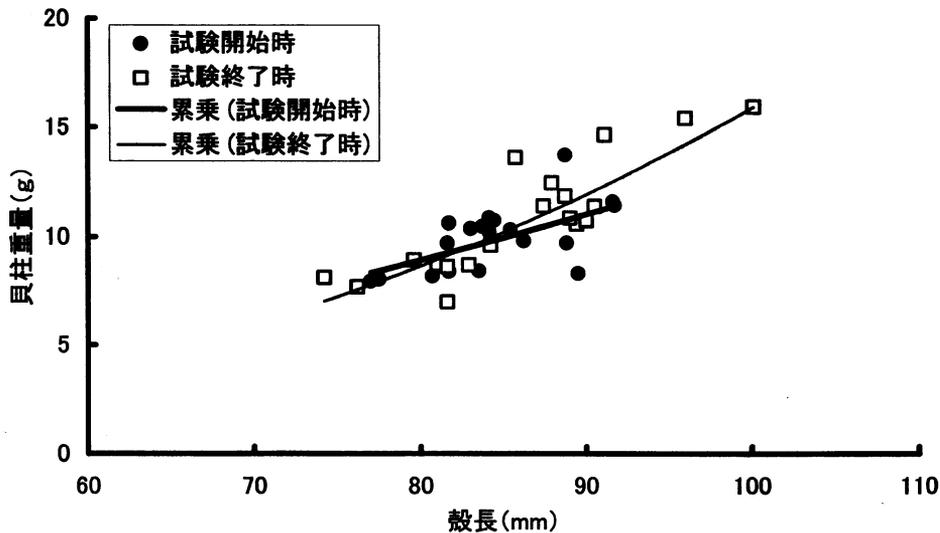


図23 過密養殖干出試験における基本型区の試験開始時と試験終了時の殻長と貝柱重量の関係

軟体部の一部分である中腸腺の重量と殻長の関係を試験開始時と終了時について図24に示したが、同じ殻長でも試験終了時の中腸腺重量が開始時に比べて明らかに軽くなった。軟体部重量が減少した主な理由は、中腸腺重量の減少によるものと考えられた。この中腸腺重量が減少した要因として、中腸腺には胃が含まれているため干出の影響により海水中に戻ってから餌料を摂取することができないため減少したことや海水に戻ってから干出中に受けた障害やストレスから回復するため中腸腺中のエネルギー物質を使ったことが考えられた。

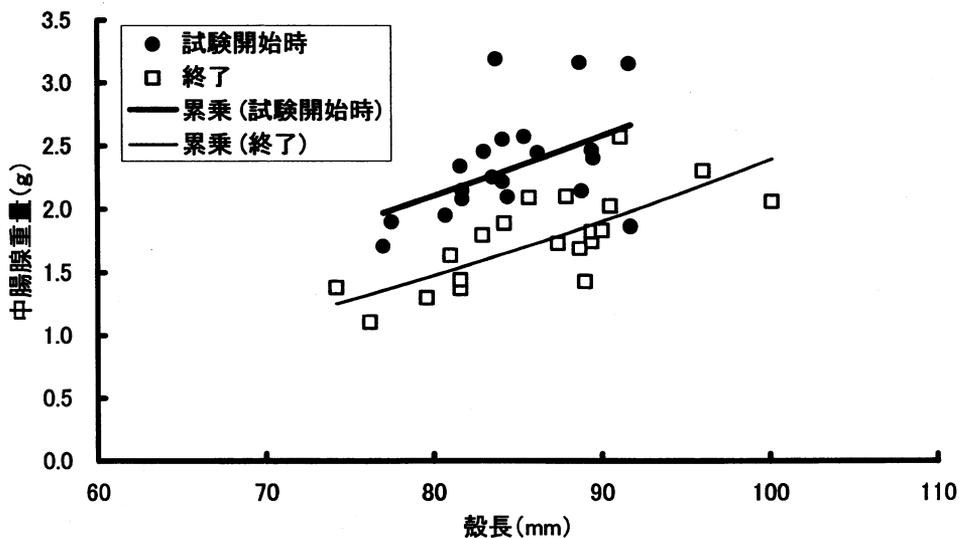


図24 過密養殖干出試験における基本型区の試験開始時と試験終了時の殻長と中腸腺重量の関係

図25に試験開始時と終了時の中腸腺中のエネルギー物質であるトリグリセリド量を示したが、試験終了時に減少する傾向が見られ、このことから干出終了後は海水中に戻ってから干出による障害やストレスから回復するために中腸腺中のエネルギー物質を使ったものと考えられた。また、貝柱のグリコーゲン量を調べ図26に示したが、貝柱重量と同様に試験開始時と終了時には有意な差は見られず、貝柱中のエネルギー物質は今回のような干出による障害やストレスからの回復にはあまり関与していないものと考えられた。

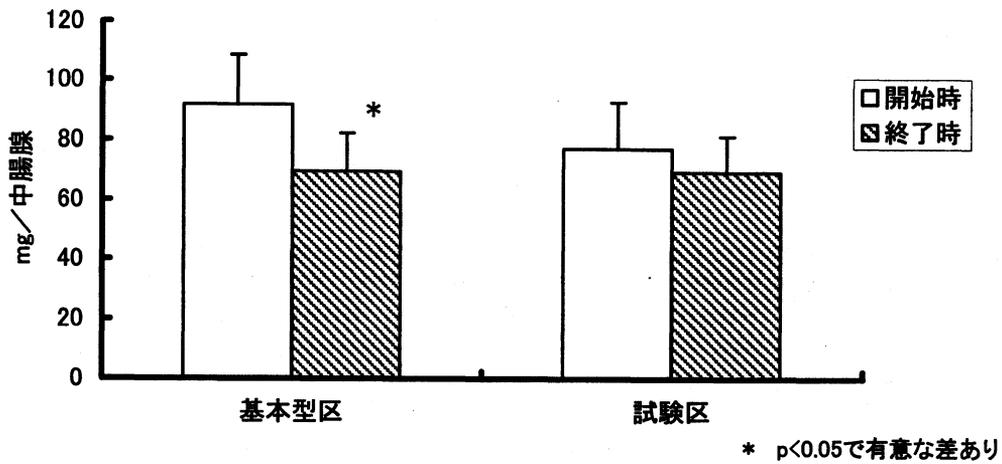


図25 過密養殖干出試験における中腸腺のトリグリセリド量の推移

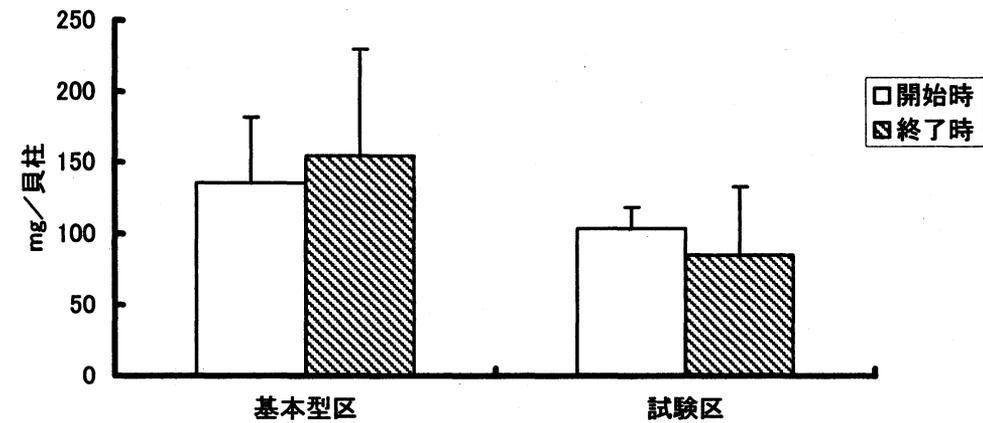


図26 過密養殖干出試験における貝柱のグリコーゲン量の推移

図27に試験開始時、干出直後及び終了時の貝柱のRNA/DNAを示したが、開始時と干出直後は有意な差が見られなかったが、終了時はこれらに比べて有意に大きく、海水に戻ってから干出による障害やストレスからの回復のため、タンパク質の合成能が高くなったものと考えられた。

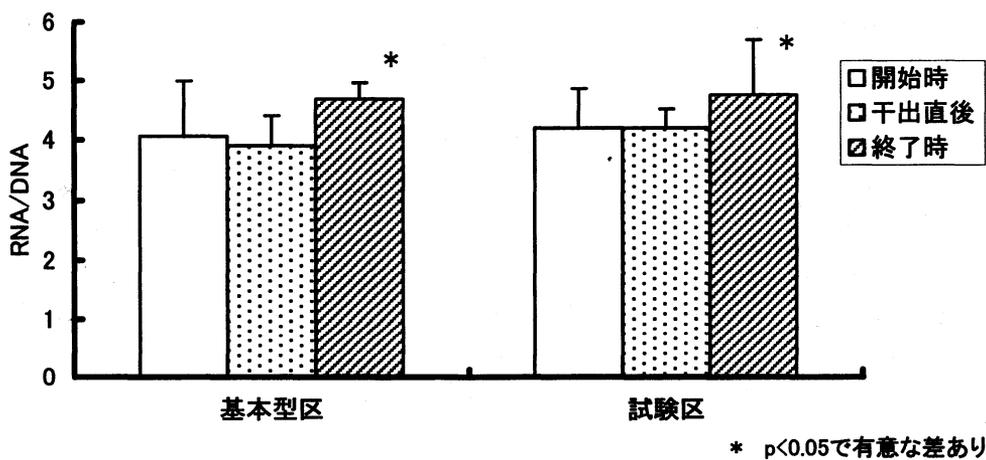


図27 過密養殖干出試験におけるRNA/DNAの推移

(2) 飢餓干出試験

① 飢餓干出予備試験

i) 干出温度等

表12に各区に使用した貝の平均殻長を示したが、27.7~29.7mmの範囲にあり、各区の間で有意な差は見られなかった。

表12 飢餓干出予備試験における各区に使用した貝の平均殻長

干出時間	干出温度			
	10℃	15℃	20℃	25℃
6h	28.06	28.31	28.83	27.97
12h	29.34	29.03	27.66	28.27
18h	29.68	29.07	28.51	29.19
24h	28.88	28.65	29.10	28.75
コントロール	28.11			

単位:mm

24時間の干出温度は、10℃区では9.8~10.5℃の範囲(平均10.0℃)、15℃区では14.4~16.0℃の範囲(平均15.3℃)、20℃区では19.9~21.0℃の範囲(平均20.3℃)、25℃区では22.4~25.0℃の範囲(平均24.9℃)にあった。また、筏に移動した後24時間の平均水温は14.2℃であった。

ii) 生残率

表13及び図28に生残率の推移を示した。10℃区が12時間及び18時間の時点で15℃区より生残率が低い結果ではあったが、他は干出温度が高いほど、干出時間が長いほど生残率が低い傾向があり、25℃区は12時間で、20℃区は24時間で全数がへい死した。このため、飢餓干出試験においては約30%のへい死を見込んで干出温度を25℃、干出時間を6時間に設定することとした。一般に稚貝の方が成貝や半成貝よりも高水温には強いことが知られているが¹¹⁾、今回実施した稚貝を用いて実施した飢餓干出予備試験と半成貝を用いて実施した過密養殖干出予備試験の結果では、稚貝の方が半成貝より同じ干出温度でもへい死する率が高い結果となり、水温と干出温度の違いが与える影響は貝の大きさにより異なる可能性が考えられた。

表13 飢餓干出予備試験における生残率の推移

干出時間	干出温度			
	10℃	15℃	20℃	25℃
0	100	100	100	100
6	100	100	100	65
12	50	90	10	0
18	60	85	5	0
24	55	20	0	0

単位:%

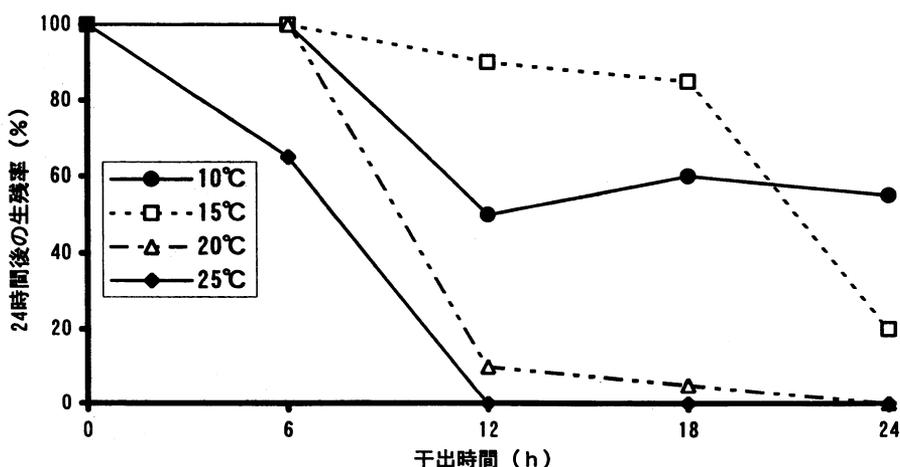


図28 飢餓干出予備試験における生残率の推移

iii) 殻長等

表14に生貝と死貝の殻長の比較を付表16に生貝の全重量等の測定結果を示した。生貝と死貝の殻長を比較すると、10℃区は有意な差は見られなかったが、その他の区では生貝の方が死貝より大きい傾向が見られた。

表14 飢餓干出予備試験における生貝と死貝の平均殻長

	干出時間	干出温度			
		10℃	15℃	20℃	25℃
生貝	6	28.06	28.31	28.83	29.01
	12	29.52	29.13	30.85	—
	18	29.14	29.89	29.70	—
	24	29.96	28.70	—	—
死貝					
	6	—	—	—	24.82
	12	29.15	27.70	27.31	28.27
	18	30.49	24.43	28.45	29.19
	24	27.56	28.64	29.10	28.75
試験開始時		26.86	コントロール		28.11

単位: mm

② 飢餓試験

i) 水温等

図29に水温の推移を示したが、対照区は7.1~15.0℃の範囲、飢餓区は7.6~15.6℃の範囲にあり、ほぼ同様の推移を示した。

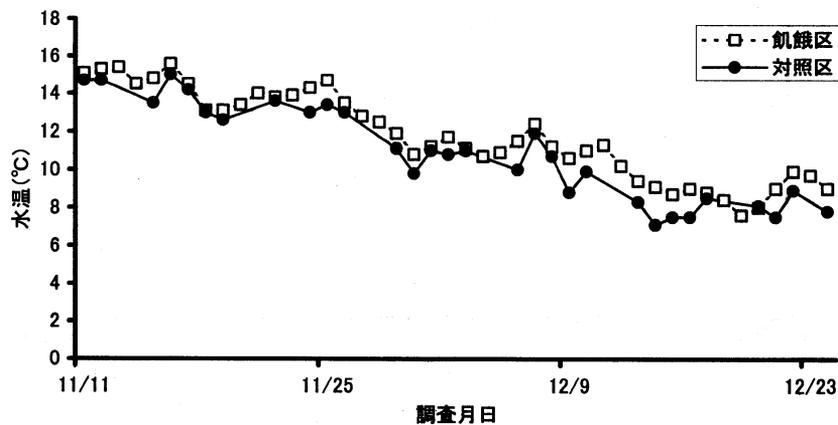


図29 飢餓試験における水温の推移

図30にクロロフィル a 量の推移を示したが、対照区は0.03~0.48mg/m³の範囲で推移したのに対し、飢餓区はほぼ 0 mg/m³で推移した。

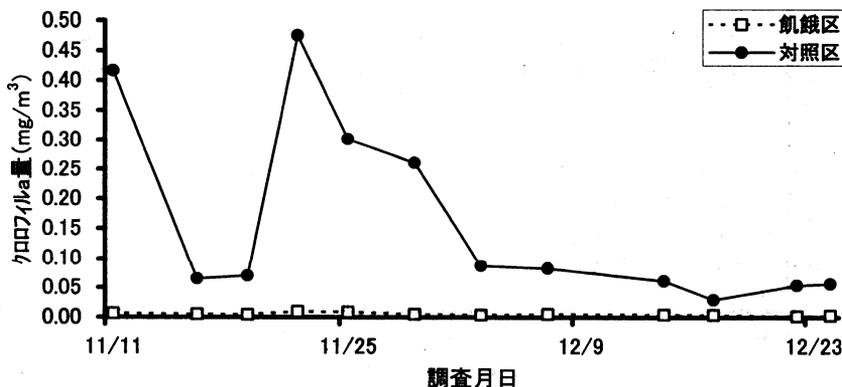


図30 飢餓試験におけるクロロフィル a 量の推移

ii) 生残率等

表15にへい死率及び異常貝出現率の推移を示した。対照区、飢餓区ともにいずれの調査時においても生残率はほぼ100%と良好な値を示し、今回の試験のような飢餓状態ではへい死することはないことが再確認された。異常貝の出現は、飢餓区ではほとんど確認されなかったが、対照区は12月24日の試験終了時に10.4%と高い割合で確認された。これは時化による筏の動揺の影響を受けて貝同士がぶつかり合ったためと考えられた。

表15 飢餓試験のへい死率、異常貝出現率の推移

調査月日	対照区			飢餓区		
	1段収容数 (個体)	生残率 (%)	異常貝出 現率 (%)	1段収容数 (個体)	生残率 (%)	異常貝出 現率 (%)
11月11日 開始	—	—	0.00	—	—	0.00
11月25日 中間	25.0	100.0	0.00	25.0	100.0	0.00
12月24日 終了	25.0	96.0	10.42	25.0	98.0	2.04

iii) 殻長等

付表17に殻長等の測定結果を、付表18に軟体部指数等の結果を、付表19に対照区と飢餓区の平均値の検定結果を、付表20に試験開始時と飢餓区における軟体部指数等の平均値の検定結果を示した。

対照区と飢餓区の成長を比較するため、図31に軟体部重量の推移を示した。対照区は飼育日数に伴い増加したが、飢餓区は減少する傾向があり、両区の間では有意な差が見られた。

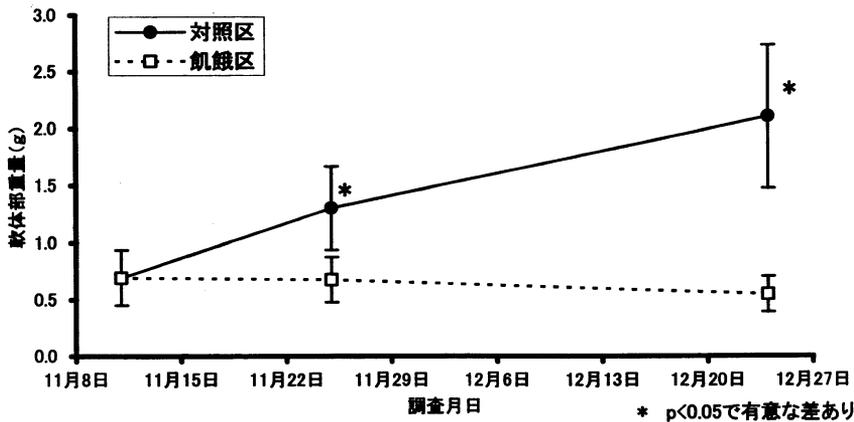


図31 飢餓試験における軟体部重量の推移

飢餓状態での飼育による形態的变化を調べるため、図32に殻長、全重量、軟体部重量及び貝殻重量について試験開始時の値を100とした場合の比率の推移を比較した。殻長、全重量及び貝殻重量は試験開始時に比べて同じ～やや増加傾向にあったのに対し、軟体部重量は減少する傾向が見られた。

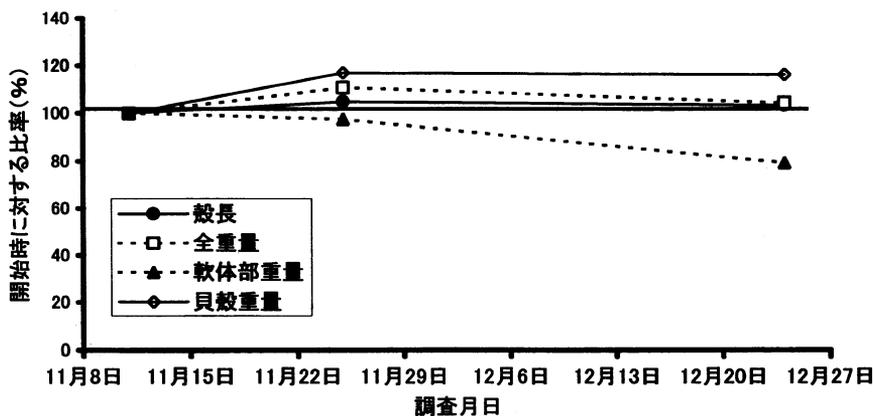


図32 飢餓試験の飢餓区における殻長等の開始時に対する各調査時の比率

このため軟体部重量について、貝柱、中腸腺及びその他の部分の3つに分けて同様の比較を行い、その結果を図33に示した。中腸腺重量が最も減少しており、次いで貝柱重量、その他の部分の重量となっていた。このことから、飢餓状態では中腸腺重量が最も影響を受けることがわかった。

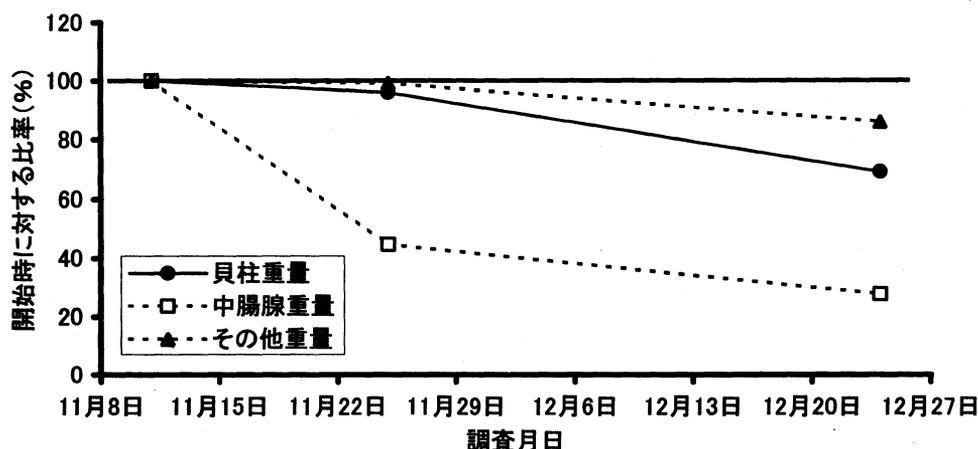


図33 飢餓試験の飢餓区における貝柱重量等の開始時に対する各調査時の比率

付表21に軟体部乾燥重量等の測定及び平均値の検定結果を示した。また、図34に軟体部水分量の推移を示したが、飢餓区の軟体部水分量は飼育に伴い増加し、試験開始時に比べて有意に大きい値であった。体内貯蔵物質は水分に置き換わることが知られており¹²⁾、飢餓区では体内貯蔵物質が飢餓状態となることにより消費されたため、軟体部の水分量が増加したものと考えられた。

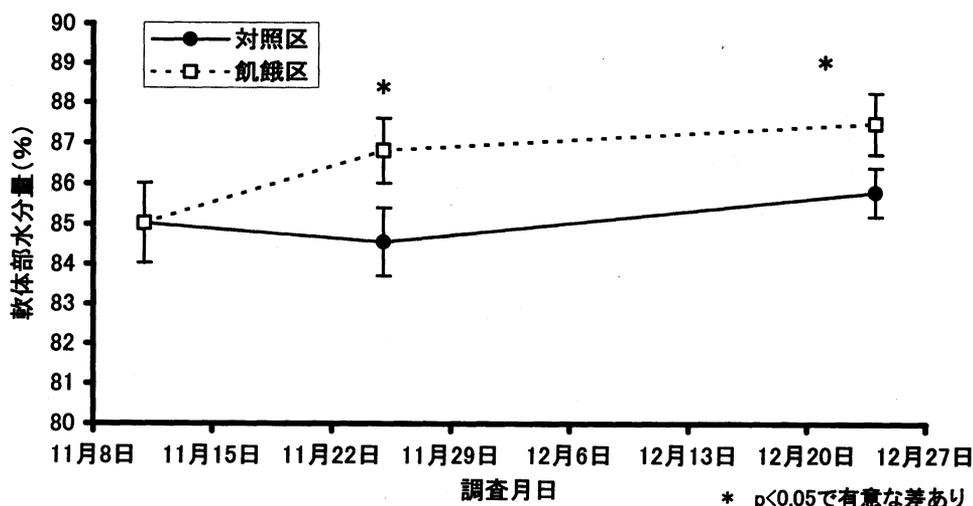


図34 飢餓試験における軟体部水分量の推移

付表22に貝柱部分の分析結果を、付表23にこれらの対照区と飢餓区の平均値の検定結果を、付表24にこれらの試験開始時と飢餓区の平均値の検定結果を示した。全タンパク質量、DNA量、RNA量のいずれも飢餓区では試験開始時や対照区に比べて有意に少ない値であった。図35にはRNA/DNAの推移を示したが、飢餓区は飼育に伴い減少し、試験開始時や対照区に比べて有意に低い値であった。このことから、飢餓状態となることによりタンパク質合成能が低下したものと考えられた。また、図36に中腸腺のトリグリセリド量の推移を示したが、飢餓区は飼育に伴い急激に減少し、11月25日調査時にはほぼ0となったことから、飢餓状態になることにより、中腸腺中の体内貯蔵物質であるトリグリセリドが消費されたものと考えられた。

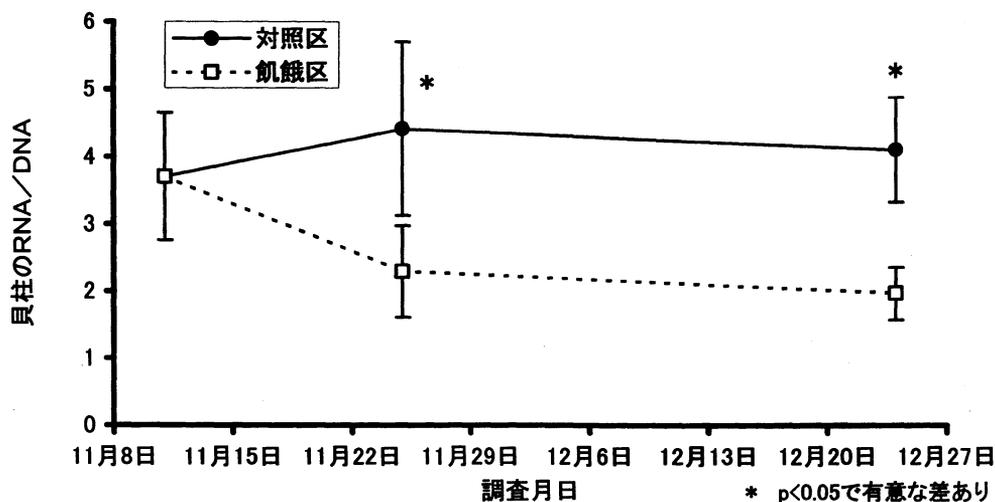


図35 飢餓試験における貝柱のRNA/DNAの推移

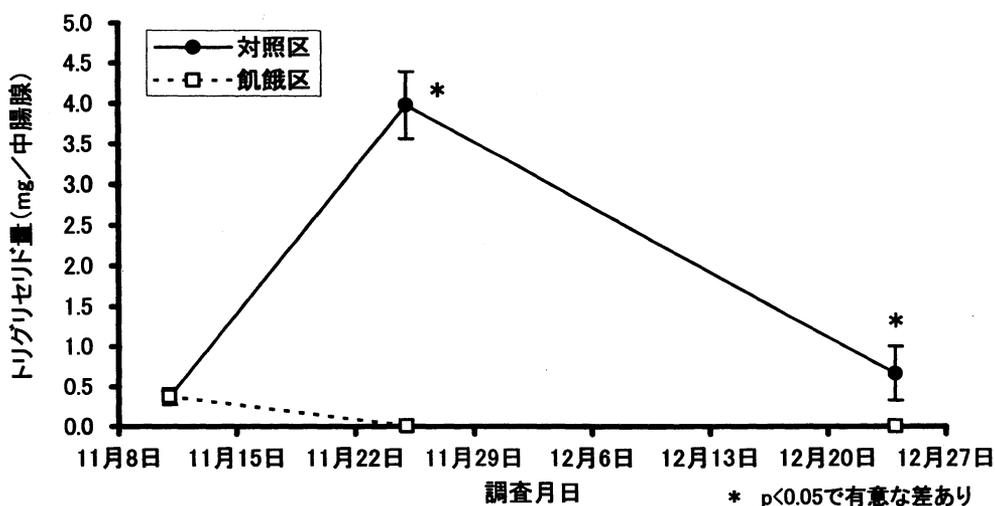


図36 飢餓試験における中腸腺のトリグリセリド量の推移

③飢餓干出試験

i) 生残率等

干出期間の温度は、23.3～26.1℃（平均25.3℃）の範囲にあった。また、干出した後に筏へ移動した時の平均水温は、8.1℃であった。

表16に試験終了時の生残率を示したが、対照区は99.0%とほとんどへい死は見られなかったが、飢餓区は67.7%と明らかに低下し、飢餓状態になることにより「健康度」が低下したものと考えられた。異常貝出現率は、飢餓区は0%であったのに対し、対照区は7.1%と高い値であったが、飢餓試験でも述べたとおり、貝同士のぶつかり合いの影響によるものと考えられた。

表16 飢餓干出試験終了時における生残率及び異常貝出現率

試験区	生貝 (個体)	死貝 (個体)	生残率 (%)	異常貝出現率 (%)
対照区	98	1	98.99	7.14
飢餓区	65	31	67.71	0.00

ii) 殻長等

飢餓区における生貝と死貝の測定及び平均値の検定結果を表17に示した。殻幅比等の貝の形態は有意な差が見られなかったが、殻長及び殻高は死貝の方が生貝より有意に小さい結果であった。半成貝を用いた過密養殖干出試験ではこのような差は見られなかったが、これは飢餓という負荷が過密養殖の負荷より大きかったことや、使用した貝の大きさが違うことによるためと考えられた。

表17 飢餓干出試験終了時における飢餓区の生貝と死貝の測定結果及び平均値の検定結果 (p<0.05)

	個体数	殻長 (mm)	殻高 (mm)	殻幅 (mm)	螺番線 (mm)	殻幅比	殻高/殻長	螺番線/殻長
生貝	65	28.88	29.63	5.98	16.69	0.0928	0.0206	0.5784
死貝	31	27.69	28.37	5.76	16.08	0.0933	0.0240	0.5802
検定結果		*	*	×	×	×	×	×

注)*は生貝>死貝で有意、×は有意な差なし

表18に試験開始時と終了時の測定及び平均値の検定結果を示した。対照区では過密養殖干出試験の結果と同様に試験終了時の方が試験開始時に比べて軟体部重量と中腸腺重量が有意に小さくなっていたが、飢餓区では軟体部重量は有意に小さいものの、中腸腺重量には有意な差は見られなかった。これは飢餓区が干出試験開始の段階で中腸腺内の体内貯蔵物質が消費されてしまっていたため、差が見られなかったものと考えられた。

表18 飢餓干出試験における試験開始時と終了時の生貝の測定結果及び平均値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	貝柱重量 (g)	中腸腺重量 (g)	その他重量 (g)
対 試験開始時	37.41 ±4.29	5.844 ±1.708	2.107 ±0.631	0.472 ±0.162	0.178 ±0.073	1.392 ±0.418
照 試験終了時	38.59 ±3.73	6.038 ±1.500	1.827 ±0.474	0.565 ±0.134	0.126 ±0.026	1.282 ±0.373
区 検定結果	×	×	*	×	*	×
飢 試験開始時	27.83 ±2.50	2.286 ±0.585	0.551 ±0.159	0.111 ±0.036	0.019 ±0.007	0.381 ±0.097
餓 試験終了時	28.88 ±2.68	2.119 ±0.591	0.380 ±0.122	0.138 ±0.040	0.024 ±0.006	0.267 ±0.096
区 検定結果	×	×	*	△	×	*

*は試験開始時>試験終了時で有意、×は有意な差なし、△は試験終了時>試験開始時で有意

表19に試験開始時と終了時の軟体部乾燥重量等の測定及び平均値の検定結果を示した。軟体部乾燥重量は過密養殖干出試験と同様に両区とも試験終了時が小さい値を示したが、これは干出による障害やストレスから回復するために体内貯蔵物質が消費されたことが考えられた。また、軟体部水分量は過密養殖干出試験と違って試験終了時に有意に少ない値となった。稚貝のように小さな個体の場合は、半成貝とは異なり干出により水分が減った後は元に戻るまで時間がかかることも考えられた。

表19 飢餓干出試験における試験開始時と終了時の生貝の軟体部乾燥重量等測定結果平均値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	対照区		飢餓区	
	軟体部 乾燥重量 (g)	軟体部 水分量 (%)	軟体部 乾燥重量 (g)	軟体部 水分量 (%)
試験開始時	0.3026 ±0.0993	85.79 ±0.60	0.0734 ±0.0186	87.48 ±0.76
試験終了時	0.2931 ±0.0753	84.72 ±0.64	0.0559 ±0.0143	84.69 ±1.14
検定結果	×	*	*	*

*は試験開始時>試験終了時で有意、×は有意な差なし、△は試験終了時>試験開始時で有意

付表25に試験開始時と終了時の分析結果を示した。図37に試験開始時と終了時の貝柱部分のRNA/DNAの比較を示した。両区とも過密養殖干出試験と同様に試験終了時の方が高い傾向があり、干出による障害やストレスからの回復のため、タンパク質の合成能が高くなったものと考えられた。

また、図38に試験開始時と終了時の中腸腺のトリグリセリド含有率を示したが、対照区では過密養殖干出試験と同様に試験終了時の方が有意に低い値であったが、飢餓区は試験開始時と終了時の間で有意な差が見られず、飢餓区は中腸腺重量と同様に飢餓試験の段階で中腸腺内のトリグリセリドが消費されてしまったためと考えられた。

今回の飢餓干出試験において、対照区には飢餓試験の段階で貝同士のぶつかり合いが原因と考えられる異常貝の出現が高い割合で確認された。正常貝と異常貝について殻長、全重量等を比較した結果を表20に示したが、殻長、全重量、貝殻重量、軟体部重量のいずれも異常貝は正常貝に比べて有意に小さい値を示した。これは異常貝が成長よりも障害を受けた部分の修復に優先的にエネルギーをまわしているためと考えられた。

表20 飢餓干出試験における対照区の正常貝と異常貝の測定及び検定結果 ($p < 0.05$)

	殻長① (mm)	全重量② (g)	貝殻重量① (g)	軟体部重量② (g)	軟体部指数② (%)
正常貝	38.52 ± 3.56	6.083 ± 1.553	4.137 ± 1.015	2.190 ± 0.574	36.05 ± 2.03
異常貝	35.35 ± 5.01	3.787 ± 1.747	3.329 ± 1.240	1.393 ± 0.711	36.63 ± 4.70
検定結果	*	*	*	*	×

注) *は正常貝 > 異常貝で有意、×は有意な差なし

①は干出試験開始時(正常貝43個、異常貝5個)と干出試験終了時(正常貝91個、異常貝8個)の平均

②干出試験開始時(正常貝43個、異常貝5個)の平均

(3) 健康度について

陸奥湾においては、現在過密養殖が進行しているが、陸奥湾における餌の量は限られていることから、夏場の餌の発生量が少ない時期に餌不足に陥っていることが考えられる。飢餓試験の結果から1カ月程度無給餌での飼育ではへい死することはないものの、この飢餓状態の貝に干出という負荷をかける、つまり複合的な負荷をかけることによって、へい死率が極めて高くなることがわかった。このことから、夏場に餌不足の状態で行われる今回の干出試験における負荷条件とは単純に比較できないものの、高水温や貝同士のぶつかり合いといった複合的な負荷がかかった場合には、大量にへい死することが考えられ、現状は極めて危険な状態にあると言える。また、過密養殖を行った貝は、生化学的に健全ではなく、成長や生残が悪いことが明らかとなっているが、養殖基本型に基づき飼育した貝は、成長・生残が良好で生産効率も高いことが明らかとなっている。今後は一刻も早く適正密度での養殖に是正すべきである。

IV 引用文献

- 1) 工藤敏博ら (1999) : ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究 (平成8年度~10年度報告書). 青森県水産増殖センター, PP1-82.
- 2) 小坂善信ら (1996) : 耳吊りホタテガイの春季へい死原因について. 青水増事業報告, 25, 140-149.
- 3) 小倉大二郎ら (1996) : ホタテガイ稚貝夏季大量へい死対策試験. 青水増事業報告, 25, 150-176.
- 4) 吉田雅範ら (2001) : 平成11年度ホタテガイ天然採苗予報調査. 青水増事業報告, 30, -
- 5) 中野広 (1996) : 種苗性の総合評価, 生産力応用技術開発報告[V] - 放流用マダいの種苗性強化技術開発 -. 日本栽培漁業協会, PP48-55.
- 6) 小坂善信ら (1997) : ホタテガイ優良品種作出試験-III (ホタテガイの雌雄の成長について). 青水増事業報告, 26, 185-189
- 7) 吉田雅範ら (2000) : ホタテガイ垂下養殖実態調査-II (平成10年10月). 青水増事業報告, 29, 136-146.
- 8) 吉田雅範ら (2001) : ホタテガイ垂下養殖実態調査-I (平成11年5月). 青水増事業報告, 30, -
- 9) 吉田雅範ら (2001) : ホタテガイ垂下養殖実態調査-II (平成11年10月). 青水増事業報告, 30, -
- 10) 小坂善信ら (1996) : ホタテガイ優良品種作出試験-III (ホタテガイの成長とその特徴). 青水増事業報告, 25, 130-136.
- 11) 佐藤敦ら (1977) : ホタテガイの環境条件に対する耐忍試験. 青水増事業概要, 6, 47-50.
- 12) 中野広 (1989) : 種苗の質とその評価法⑥. 養殖, 26 (11), 92-96.

付表1 新種苗評価基準の実証試験測定結果

調査月日	試験区	根長	根高	根幅	葉面積	全重量	軟体部重量	根柱重量	中隔重量	生殖巣重量
4月2日	基本型区	76.46 ±3.96	74.13 ±4.23	17.21 ±1.12	38.18 ±3.12	45.607 ±6.824	19.461 ±3.091	5.579 ±1.051	2.068 ±0.309	2.496 ±0.729
	試験区	60.24 ±5.24	58.27 ±4.37	13.84 ±1.33	29.06 ±2.72	23.519 ±5.204	9.978 ±2.380	2.514 ±0.642	0.828 ±0.267	0.718 ±0.354
4月16日	基本型区	77.23 ±4.67	74.58 ±4.53	17.74 ±1.09	38.65 ±2.83	48.828 ±7.956	22.406 ±3.983	6.458 ±1.558	2.200 ±0.594	1.625 ±0.456
	試験区	62.75 ±5.10	60.31 ±5.15	14.82 ±1.16	30.02 ±3.64	27.272 ±6.086	12.445 ±3.172	3.737 ±0.971	1.363 ±0.408	0.792 ±0.375
5月17日	基本型区	78.85 ±4.47	76.14 ±4.53	18.40 ±1.31	38.39 ±2.81	54.636 ±9.121	23.360 ±4.333	8.308 ±1.991	2.011 ±0.458	-
	試験区	68.97 ±3.37	65.21 ±3.49	16.65 ±1.29	31.80 ±2.66	36.210 ±5.464	15.273 ±2.551	5.153 ±0.895	1.444 ±0.254	-
6月21日	基本型区	86.40 ±4.98	81.97 ±6.07	20.30 ±1.31	42.54 ±3.25	69.931 ±10.698	28.319 ±4.452	9.971 ±2.354	1.460 ±0.424	-
	試験区	78.57 ±4.24	74.68 ±4.06	18.78 ±1.27	38.24 ±3.42	50.639 ±7.181	18.848 ±3.091	7.073 ±1.362	1.792 ±0.286	-
8月2日	基本型区	94.63 ±5.45	90.07 ±5.21	22.33 ±1.16	47.85 ±3.60	87.864 ±12.217	35.053 ±4.930	14.631 ±2.081	2.808 ±0.328	-
	試験区	88.28 ±4.31	83.70 ±3.85	21.47 ±1.22	44.41 ±3.70	70.281 ±9.158	26.995 ±4.211	10.579 ±0.978	2.129 ±0.295	-
9月28日	基本型区	94.46 ±4.51	90.64 ±3.91	22.61 ±1.50	47.91 ±3.00	87.743 ±9.832	30.133 ±3.925	12.144 ±1.482	1.676 ±0.302	-
	試験区	88.88 ±4.87	85.14 ±3.79	21.77 ±1.36	46.64 ±3.44	74.557 ±10.005	23.988 ±3.341	9.514 ±1.670	1.354 ±0.279	-
11月8日	基本型区	97.78 ±4.59	94.46 ±5.89	23.63 ±1.37	50.20 ±4.26	98.212 ±11.385	35.227 ±4.255	13.062 ±1.719	1.772 ±0.359	-
	試験区	88.83 ±4.85	85.43 ±4.28	21.57 ±1.40	47.52 ±4.26	73.096 ±10.628	25.303 ±4.216	9.554 ±1.919	1.214 ±0.258	-
11月24日	基本型区	96.11 ±4.53	93.01 ±4.45	23.41 ±1.23	50.11 ±3.24	97.678 ±11.755	35.471 ±5.631	13.459 ±2.444	2.382 ±0.464	-
	試験区	90.33 ±3.85	87.92 ±3.68	22.09 ±1.30	48.58 ±3.38	79.534 ±9.529	28.506 ±4.256	10.134 ±1.107	1.813 ±0.295	-
12月27日	基本型区	102.83 ±4.94	98.60 ±5.31	24.70 ±1.65	52.42 ±3.86	119.774 ±16.454	44.825 ±6.682	15.095 ±1.840	2.516 ±0.132	5.200 ±1.617
	試験区	97.21 ±5.48	93.48 ±5.09	23.70 ±1.60	49.91 ±4.10	97.848 ±14.533	36.995 ±5.705	11.926 ±1.885	2.116 ±0.341	3.684 ±1.188
1月24日	基本型区	108.61 ±4.71	104.14 ±4.32	25.95 ±1.63	54.40 ±3.60	136.019 ±15.478	50.940 ±7.011	13.499 ±1.575	2.444 ±0.227	9.451 ±2.676
	試験区	105.25 ±4.51	100.45 ±4.43	24.99 ±1.43	54.04 ±3.55	119.188 ±11.608	44.455 ±5.045	11.897 ±1.129	1.753 ±0.117	8.093 ±2.007
2月28日	基本型区	113.53 ±6.24	108.93 ±6.01	26.76 ±1.85	57.82 ±4.80	159.172 ±22.944	63.779 ±9.682	16.012 ±3.084	4.932 ±0.656	13.334 ±2.378
	試験区	107.37 ±5.09	102.07 ±5.06	26.61 ±1.71	53.67 ±3.89	137.505 ±14.886	57.197 ±7.064	14.508 ±2.700	4.023 ±0.386	13.053 ±2.808
3月28日	基本型区	116.58 ±5.42	111.37 ±5.48	28.06 ±1.75	58.32 ±3.97	175.390 ±21.577	73.647 ±9.060	23.748 ±3.648	8.484 ±1.340	11.734 ±1.530
	試験区	109.16 ±6.11	104.26 ±6.02	26.90 ±1.93	54.95 ±4.52	146.878 ±20.651	64.948 ±10.050	21.422 ±2.035	7.105 ±1.175	10.085 ±2.643

付表2 新種苗評価基準の実証試験測定結果の比

調査月日	試験区	殻幅比	殻高/殻長	蝶番線/殻長	軟体部指数 %	貝柱指数 %	中腸腺指数 %	生殖巣指数 %
4月2日	基本型区	0.1026 ±0.0046	0.9695 ±0.0223	0.4992 ±0.0280	42.67 ±2.17	27.15 ±2.10	10.12 ±0.77	12.15 ±2.72
	試験区	0.1045 ±0.0052	0.9691 ±0.0371	0.4830 ±0.0284	42.31 ±2.34	26.33 ±2.44	8.53 ±1.32	7.22 ±2.26
4月16日	基本型区	0.1047 ±0.0051	0.9659 ±0.0189	0.5005 ±0.0233	45.82 ±2.80	29.58 ±2.23	10.00 ±1.50	7.50 ±1.51
	試験区	0.1077 ±0.0067	0.9612 ±0.0276	0.4781 ±0.0402	45.36 ±2.52	28.36 ±1.97	10.26 ±1.17	5.85 ±1.80
5月17日	基本型区	0.1062 ±0.0060	0.9657 ±0.0215	0.4869 ±0.0238	42.70 ±2.56	35.62 ±1.98	8.66 ±1.27	-
	試験区	0.1103 ±0.0056	0.9457 ±0.0293	0.4613 ±0.0358	42.15 ±2.66	33.16 ±2.87	9.33 ±1.13	-
6月21日	基本型区	0.1077 ±0.0064	0.9489 ±0.0482	0.4923 ±0.0255	40.53 ±2.03	37.39 ±2.11	8.86 ±1.21	-
	試験区	0.1092 ±0.0056	0.9508 ±0.0234	0.4867 ±0.0358	37.18 ±2.07	37.05 ±2.00	9.44 ±0.68	-
8月2日	基本型区	0.1080 ±0.0060	0.9524 ±0.0325	0.5060 ±0.0287	39.93 ±1.75	40.78 ±3.05	7.88 ±0.89	-
	試験区	0.1110 ±0.0045	0.9486 ±0.0273	0.5033 ±0.0364	38.34 ±2.28	39.26 ±2.05	7.77 ±0.70	-
9月28日	基本型区	0.1090 ±0.0077	0.9600 ±0.0203	0.5076 ±0.0278	34.37 ±2.71	41.00 ±6.81	5.66 ±1.19	-
	試験区	0.1112 ±0.0051	0.9587 ±0.0240	0.5251 ±0.0316	32.28 ±2.80	40.01 ±3.24	5.68 ±0.79	-
11月8日	基本型区	0.1095 ±0.0060	0.9666 ±0.0555	0.5131 ±0.0318	35.91 ±2.19	38.22 ±2.39	5.16 ±0.71	-
	試験区	0.1102 ±0.0053	0.9621 ±0.0213	0.5347 ±0.0342	34.62 ±2.92	36.33 ±3.32	4.63 ±0.67	-
11月24日	基本型区	0.1102 ±0.0054	0.9679 ±0.0188	0.5215 ±0.0241	36.22 ±2.87	36.99 ±2.48	6.56 ±0.85	-
	試験区	0.1103 ±0.0051	0.9737 ±0.0265	0.5379 ±0.0309	35.80 ±2.78	35.41 ±2.75	6.32 ±0.84	-
12月27日	基本型区	0.1093 ±0.0064	0.9589 ±0.0253	0.5097 ±0.0264	37.46 ±2.86	32.59 ±2.58	5.46 ±0.43	11.59 ±4.00
	試験区	0.1106 ±0.0062	0.9620 ±0.0223	0.5134 ±0.0305	37.82 ±2.03	32.67 ±2.54	5.79 ±0.45	10.12 ±2.25
1月24日	基本型区	0.1087 ±0.0058	0.9591 ±0.0228	0.5011 ±0.0292	37.43 ±2.46	27.98 ±6.21	5.03 ±0.86	18.36 ±3.34
	試験区	0.1077 ±0.0078	0.9733 ±0.1307	0.5135 ±0.0265	37.32 ±2.39	26.24 ±2.94	3.86 ±0.27	18.11 ±3.11
2月28日	基本型区	0.1074 ±0.0060	0.9597 ±0.0207	0.5091 ±0.0289	40.09 ±2.48	24.88 ±5.51	7.68 ±1.31	21.48 ±3.19
	試験区	0.1128 ±0.0070	0.9507 ±0.0163	0.4998 ±0.0266	41.59 ±2.40	26.92 ±5.57	7.45 ±1.01	21.88 ±3.70
3月28日	基本型区	0.1097 ±0.0058	0.9554 ±0.0220	0.5001 ±0.0239	42.04 ±2.19	33.26 ±5.42	11.87 ±1.89	15.63 ±1.95
	試験区	0.1120 ±0.0064	0.9554 ±0.0254	0.5033 ±0.0296	44.19 ±2.55	36.36 ±7.29	12.04 ±2.99	15.18 ±3.51

付表3 新種苗評価基準の実証試験測定結果の平均値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	殻長	殻高	殻幅	螺番線	全重量	軟体部重量	貝柱重量	中腸腺重量	生殖巣重量
4月2日	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4月16日	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5月17日	*	*	*	*	*	*	*	*	—
6月21日	*	*	*	*	*	*	*	*	—
8月2日	*	*	*	*	*	*	*	*	—
9月28日	*	*	*	×	*	*	*	*	—
11月8日	*	*	*	*	*	*	*	*	—
11月24日	*	*	*	*	*	*	*	*	—
12月27日	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1月24日	*	*	*	×	*	*	*	*	×
2月28日	*	*	×	*	*	*	×	*	×
3月28日	*	*	*	*	*	*	×	*	*

注) * : 基本型区>試験区で有意な差あり Δ : 試験区>基本型区で有意な差あり × : 有意な差なし

付表4 新種苗評価基準の実証試験測定結果の比の平均値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	殻幅比	殻高／殻長	螺番線／殻長	軟体部指数	貝柱指数	中腸腺指数	生殖巣指数
4月2日	×	×	*	×	×	*	*
4月16日	Δ	×	*	×	×	×	*
5月17日	Δ	*	*	×	*	×	—
6月21日	×	×	×	*	×	×	—
8月2日	×	×	×	*	*	×	—
9月28日	×	×	Δ	*	×	×	—
11月8日	×	×	Δ	*	*	*	—
11月24日	×	×	Δ	×	×	×	—
12月27日	×	×	×	×	×	×	×
1月24日	×	×	Δ	×	×	×	×
2月28日	Δ	*	×	*	×	×	×
3月28日	×	×	×	*	×	×	×

注) * : 基本型区>試験区で有意な差あり Δ : 試験区>基本型区で有意な差あり × : 有意な差なし

付表5 新種苗評価基準の実証試験乾燥重量測定結果

調査月日	試験区	軟体部湿重量 (g)		軟体部乾燥重量 (g)		殻乾燥重量 (g)		軟体部水分量 (%)		軟体部乾燥指数 (%)	
4月2日	基本型区	19.125	±3.088	3.5533	±0.8271	19.5398	±2.5313	81.54	±1.68	15.39	-
	試験区	9.638	±2.254	1.6257	±0.4415	9.9509	±2.1709	83.26	±1.09	14.04	-
4月16日	基本型区	21.873	±3.407	3.8641	±0.5845	20.0333	±3.8500	82.31	±0.65	16.17	-
	試験区	11.718	±3.319	2.0008	±0.5831	12.1980	±2.9060	82.98	±0.66	14.09	-
5月17日	基本型区	22.944	±3.547	4.4553	±0.7599	23.9587	±3.5839	80.60	±0.98	15.68	-
	試験区	16.207	±2.200	3.0689	±0.4938	15.4616	±2.5348	81.12	±0.64	16.56	-
8月2日	基本型区	33.723	±4.687	6.6367	±1.0984	39.5982	±5.3804	80.37	±1.05	14.33	±1.11
	試験区	27.759	±5.510	5.2823	±1.1873	33.2907	±4.7067	81.05	±0.97	13.59	±1.57
9月28日	基本型区	30.280	±4.025	5.6241	±0.7121	42.1247	±4.6447	81.40	±0.81	11.83	±1.40
	試験区	24.291	±2.703	4.2201	±0.5112	35.9057	±4.4891	82.63	±0.67	10.56	±1.02
11月8日	基本型区	36.968	±4.128	5.7852	±0.6999	50.1659	±6.4377	84.34	±0.94	10.41	±1.23
	試験区	24.543	±4.753	3.7021	±0.6808	34.3115	±4.7865	84.88	±0.85	9.72	±0.91
11月24日	基本型区	34.366	±5.223	5.5034	±0.9533	46.8950	±4.6193	84.01	±0.90	10.47	±1.24
	試験区	28.933	±4.499	4.4883	±0.6635	37.8184	±4.5993	84.44	±0.93	10.61	±0.89
12月27日	基本型区	45.402	±7.769	7.4367	±1.2982	52.5614	±8.1865	83.60	±0.81	12.40	±1.07
	試験区	37.842	±4.969	6.0272	±0.7883	43.4196	±5.4686	84.06	±0.70	12.20	±0.89
1月24日	基本型区	50.281	±6.711	8.2980	±1.1799	58.1050	±7.9514	83.50	±0.75	12.55	±1.27
	試験区	45.126	±4.332	7.1692	±0.6540	49.2298	±4.6565	84.09	±0.74	12.75	±1.08
2月28日	基本型区	65.653	±10.189	11.9833	±1.9804	64.8410	±8.5232	81.74	±1.02	15.62	±1.76
	試験区	56.436	±6.742	10.2972	±1.4243	51.7296	±5.6850	81.77	±0.98	16.59	±1.25
3月28日	基本型区	69.962	±9.975	16.3968	±2.9974	65.6840	±9.1607	76.68	±1.66	19.91	±1.82
	試験区	63.820	±8.202	14.3315	±2.5461	57.1385	±6.8310	77.67	±1.66	19.97	±1.95

付表6 新種苗評価基準の実証試験における乾燥重量の平均値の検定結果 (p < 0.05)

調査月日	軟体部 乾燥重量	殺乾燥 重量	軟体部 水分量	軟体部 乾燥指数
4月2日	*	*	△	×
4月16日	*	*	△	—
5月17日	*	*	×	—
8月2日	*	*	△	×
9月28日	*	*	△	*
11月8日	*	*	×	×
11月24日	*	*	×	×
12月27日	*	*	×	×
1月24日	*	*	△	×
2月28日	*	*	×	*
3月28日	*	*	×	×

注) * : 基本型区 > 試験区で有意な差あり △ : 試験区 > 基本型区で有意な差あり × : 有意な差なし

付表7 新種苗評価基準の実証試験分析結果

調査月日	試験区	全タンパク質 (mg/貝柱)		DNA (μ g/貝柱)		RNA (μ g/貝柱)		RNA/DNA		全タンパク質/DNA	
4月2日	基本型区	271.73	± 43.97	2524.69	± 679.45	14781.18	± 2948.33	5.98	± 0.84	110.53	± 15.84
	試験区	131.36	± 29.28	1220.17	± 226.38	7277.98	± 1584.61	6.01	± 0.99	108.09	± 14.66
4月16日	基本型区	270.10	± 77.16	2630.96	± 864.18	13748.98	± 3438.18	5.40	± 0.98	104.49	± 15.35
	試験区	161.91	± 42.78	1397.96	± 316.41	8104.04	± 2048.79	5.83	± 0.82	116.89	± 19.94
5月17日	基本型区	374.68	± 142.51	3441.53	± 1761.54	14059.08	± 5609.28	4.27	± 0.89	115.72	± 27.19
	試験区	259.13	± 37.63	2025.76	± 332.08	10435.99	± 1267.54	5.21	± 0.66	129.96	± 21.47
6月21日	基本型区	514.13	± 79.15	3832.98	± 651.59	15414.54	± 4140.77	4.06	± 0.98	135.20	± 14.84
	試験区	355.85	± 57.94	2680.97	± 498.03	11109.18	± 1806.48	4.20	± 0.70	133.89	± 16.17
8月2日	基本型区	703.22	± 107.64	4500.22	± 996.58	19651.58	± 2684.28	4.47	± 0.65	158.93	± 17.91
	試験区	532.46	± 81.45	3490.10	± 869.18	14302.74	± 1740.45	4.23	± 0.65	156.83	± 28.62
9月28日	基本型区	561.16	± 62.13	4116.11	± 693.20	15716.04	± 2305.31	3.84	± 0.20	137.68	± 10.08
	試験区	480.27	± 106.90	3087.36	± 692.21	12550.77	± 3104.98	4.10	± 0.25	157.90	± 12.74
11月8日	基本型区	878.32	± 98.20	5915.25	± 1351.22	20159.57	± 2831.99	3.52	± 0.63	154.66	± 21.93
	試験区	588.13	± 135.20	3736.83	± 1053.52	14337.08	± 2958.05	3.97	± 0.69	162.25	± 29.09
11月24日	基本型区	845.16	± 134.42	5207.31	± 1105.74	22151.49	± 4822.11	4.27	± 0.38	164.77	± 18.77
	試験区	646.01	± 105.22	4137.79	± 703.08	18248.93	± 2386.05	4.44	± 0.31	157.07	± 16.51
12月27日	基本型区	936.61	± 147.43	5082.94	± 1384.59	22728.34	± 6456.57	4.53	± 0.75	195.19	± 53.44
	試験区	737.07	± 193.91	3901.87	± 637.13	16851.51	± 3069.13	4.32	± 0.44	189.49	± 41.15
1月24日	基本型区	850.53	± 148.48	7198.76	± 993.48	20759.37	± 2770.20	2.89	± 0.22	118.35	± 13.62
	試験区	780.76	± 69.00	6475.88	± 455.27	18519.98	± 1755.49	2.86	± 0.17	120.79	± 9.90
2月28日	基本型区	1003.72	± 210.91	8117.57	± 1501.31	29351.58	± 6458.98	3.61	± 0.37	123.51	± 11.21
	試験区	907.49	± 172.95	7321.85	± 1246.12	27163.79	± 5216.42	3.71	± 0.32	123.96	± 10.06
3月28日	基本型区	1274.91	± 193.48	9727.05	± 1456.93	40728.06	± 8299.60	4.18	± 0.53	131.48	± 11.69
	試験区	1212.50	± 131.31	9339.13	± 885.15	37295.95	± 5305.76	3.99	± 0.34	129.94	± 8.30

付表8 新種苗評価基準の実証試験における分析値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	全タンパク質	DNA	RNA	RNA/DNA	全タンパク質/DNA
4月2日	*	*	*	×	×
4月16日	*	*	*	×	×
5月17日	*	*	*	△	×
6月21日	*	*	*	×	×
8月2日	*	*	*	×	×
9月28日	×	*	*	△	△
11月8日	*	*	*	×	×
11月24日	*	*	*	×	×
12月27日	*	*	*	×	×
1月24日	×	*	*	×	×
2月28日	×	×	×	×	×
3月28日	×	×	×	×	×

注) * : 基本型区>試験区で有意な差あり △ : 試験区>基本型区で有意な差あり × : 有意な差なし

付表9 養殖方法別ホタテガイの健康評価試験測定結果

調査月日	殻長	殻高	殻幅	蝶番線	全重量	軟体部重量	貝柱重量	中腸腺重量	生殖巣重量
	mm	mm	mm	mm	g	g	g	g	g
8月19日	8.17 ±0.93	-	-	-	0.056	-	-	-	-
10月6日	16.82 ±1.78	17.79 ±1.80	3.79 ±0.44	10.66 ±1.09	0.619 ±0.179	0.208 ±0.067	0.040 ±0.014	0.022 ±0.005	-
11月8日	28.47 ±2.63	29.13 ±2.51	5.82 ±0.47	16.49 ±1.58	2.249 ±0.559	0.826 ±0.228	0.140 ±0.041	0.061 ±0.012	-
11月24日	30.67 ±2.25	31.29 ±2.28	6.36 ±0.48	17.34 ±1.50	2.887 ±0.575	1.079 ±0.222	0.265 ±0.048	0.131 ±0.015	-
12月27日	47.18 ±2.78	46.86 ±2.60	9.76 ±0.80	25.84 ±1.89	9.813 ±1.612	3.528 ±0.586	0.971 ±0.192	0.303 ±0.046	0.102 ±0.037
1月24日	54.96 ±2.90	53.63 ±2.73	11.31 ±0.88	28.66 ±1.79	15.108 ±2.226	5.417 ±0.827	1.290 ±0.191	0.422 ±0.066	0.257 ±0.075
2月28日	66.67 ±2.82	64.18 ±2.64	14.16 ±0.96	33.13 ±2.18	29.114 ±3.570	12.377 ±1.627	1.581 ±0.517	3.328 ±0.253	1.524 ±0.153
3月28日	72.54 ±4.29	69.82 ±4.00	15.93 ±0.94	35.59 ±3.05	39.435 ±5.248	17.056 ±2.393	1.624 ±0.391	5.856 ±0.907	2.269 ±0.325

付表10 養殖方法別ホタテガイの健康評価試験測定結果の比

調査月日	殻幅比		殻高/殻長		蝶番線/殻長		軟体部指数 %		貝柱指数 %		中腸腺指数 %		生殖巣指数 %	
8月19日	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10月6日	0.0988	±0.0056	1.0582	±0.0252	0.6347	±0.0279	33.40	±2.76	19.81	±4.44	11.40	±1.97	-	-
11月8日	0.0920	±0.0046	1.0238	±0.0217	0.5794	±0.0252	36.59	±2.81	18.05	±2.68	8.05	±0.63	-	-
11月24日	0.0931	±0.0046	1.0206	±0.0242	0.5653	±0.0239	37.42	±2.71	23.38	±2.98	11.59	±0.86	-	-
12月27日	0.0940	±0.0050	0.9937	±0.0201	0.5476	±0.0238	35.99	±2.29	25.55	±1.81	8.01	±0.59	2.88	±0.87
1月24日	0.0943	±0.0054	0.9762	±0.0285	0.5216	±0.0239	36.03	±3.88	23.60	±1.78	7.71	±0.66	4.47	±1.08
2月28日	0.0976	±0.0049	0.9628	±0.0190	0.4968	±0.0218	42.53	±2.52	33.37	±2.07	12.93	±0.65	12.29	±3.44
3月28日	0.087901	±0.0061	0.962821	±0.0240	0.4906	±0.0304	43.24676	±2.19	33.41	±2.23	14.57	±1.19	9.09	±1.76

付表11 養殖方法別ホタテガイの健康評価試験乾燥重量測定結果

調査月日	軟体部湿重量 (g)		軟体部乾燥重量 (g)		軟体部水分量 (%)	
10月6日	0.213	±0.076	0.0281	±0.0104	86.85	±0.86
11月8日	0.764	±0.213	0.0981	±0.0267	87.10	±1.04
11月24日	1.030	±0.195	0.1520	±0.0312	85.27	±0.56
12月27日	3.534	±0.623	0.4997	±0.0912	85.86	±0.58
1月24日	5.417	±0.827	0.7086	±0.1178	85.94	±0.60
2月28日	12.144	±1.955	2.2908	±0.4240	81.21	±0.87
3月28日	16.773	±2.719	3.7091	±0.6559	77.92	±0.77

付表12 養殖方法別ホタテガイの健康評価試験分析結果

調査月日	全外ハク質 (mg/貝柱)	DNA (μ g/貝柱)	RNA (μ g/貝柱)	RNA/DNA	全外ハク質/DNA
10月6日	4.58 ±1.29	39.33 ±18.39	100.97 ±37.91	2.88 ±1.08	139.89 ±74.27
11月8日	11.77 ±2.75	101.44 ±17.86	346.37 ±89.29	3.41 ±0.57	116.02 ±16.27
11月24日	19.00 ±3.07	173.93 ±27.70	829.01 ±190.69	4.76 ±0.71	110.11 ±13.41
12月27日	66.30 ±13.14	515.78 ±108.81	3080.38 ±636.69	5.98 ±0.29	129.64 ±14.98
1月24日	82.07 ±13.15	617.26 ±119.32	3700.41 ±640.09	6.02 ±0.37	134.74 ±19.35
2月28日	220.63 ±24.72	2332.91 ±240.91	12219.05 ±1228.00	5.25 ±0.29	95.12 ±11.18
3月28日	318.36 ±46.48	3255.24 ±503.25	16602.31 ±2491.70	5.12 ±0.38	98.60 ±12.18

付表13 過密養殖干出予備試験における生貝の全重量等の測定結果

全重量 (g)	干出時間	干出温度			
		5°C	10°C	15°C	20°C
	6	55.09	56.27	56.64	53.74
	12	58.00	54.63	53.65	54.18
	18	53.03	53.02	53.07	54.11
	24	52.07	53.27	51.43	—
	試験開始時	57.46		コントロール	49.85
軟体部重量 (g)	干出時間	干出温度			
		5°C	10°C	15°C	20°C
	6	22.50	22.35	22.13	20.85
	12	23.39	20.75	21.62	20.17
	18	21.41	21.41	20.27	19.65
	24	19.20	19.90	20.06	—
	試験開始時	22.01		コントロール	19.89
軟体部指数 (%)	干出時間	干出温度			
		5°C	10°C	15°C	20°C
	6	40.79	39.78	38.98	38.70
	12	40.19	37.82	40.28	37.04
	18	40.33	40.39	38.26	36.20
	24	36.69	37.22	39.01	—
	試験開始時	38.29		コントロール	39.83

付表14 過密養殖干出試験における測定結果

項目	試験区	試験開始時	干出直後	試験終了時		コントロール
				生貝	死貝	
殻長 (mm)	基本型区 試験区	86.40 ±4.98 78.57 ±4.24	84.05 ±4.24 76.70 ±6.92	86.36 ±4.59 78.08 ±4.80	87.73 ±3.89 78.53 ±4.08	85.70 ±6.12 77.60 ±4.36
殻高 (mm)	基本型区 試験区	81.97 ±6.07 74.68 ±4.06		82.60 ±4.70 73.95 ±4.06	83.43 ±3.72 74.46 ±3.33	
殻幅 (mm)	基本型区 試験区	20.30 ±1.31 18.78 ±1.27		20.51 ±1.26 18.86 ±1.55	20.93 ±1.43 19.25 ±1.03	
螺番線 (mm)	基本型区 試験区	42.54 ±3.25 38.24 ±3.42		42.25 ±3.59 38.91 ±3.69	43.70 ±2.31 36.96 ±4.14	
殻幅比	基本型区 試験区	0.1077 ±0.0064 0.1092 ±0.0056		0.1083 ±0.0049 0.1103 ±0.0067	0.1089 ±0.0048 0.1118 ±0.0051	
殻高/殻長	基本型区 試験区	0.9489 ±0.0482 0.9508 ±0.0234		0.9565 ±0.0265 0.9479 ±0.0295	0.9513 ±0.0203 0.9488 ±0.0236	
螺番線/殻長	基本型区 試験区	0.4923 ±0.0255 0.4867 ±0.0358		0.4890 ±0.0292 0.4983 ±0.0364	0.4983 ±0.0187 0.4710 ±0.0506	
全重量 (g)	基本型区 試験区	69.931 ±10.698 50.639 ±7.181	60.388 ±8.132 44.021 ±10.004	67.806 ±9.798 47.187 ±8.133		68.921 ±11.847 49.143 ±7.867
軟体部重量 (g)	基本型区 試験区	28.319 ±4.45 18.848 ±3.09	24.214 ±3.60 17.126 ±4.33	25.838 ±4.04 16.292 ±3.20		28.852 ±5.52 19.261 ±3.47
軟体部指数 (%)	基本型区 試験区	40.53 ±2.03 37.18 ±2.07	40.07 ±2.20 38.59 ±3.33	38.11 ±2.15 34.44 ±2.26		41.81 ±2.72 39.12 ±1.93
軟体部乾燥重量 (g)	基本型区 試験区	6.8230 ±1.3619 4.0370 ±0.9089	6.0172 ±1.2001 3.8528 ±1.0939	6.3948 ±1.1948 3.6514 ±1.0218		
軟体部水分量 (%)	基本型区 試験区	76.56 ±2.40 78.64 ±1.53	74.95 ±2.35 78.41 ±2.31	75.41 ±2.08 78.17 ±2.05		
貝柱重量 (g)	基本型区 試験区	9.9710 ±1.4598 7.0726 ±1.3620	10.1002 ±1.3821 6.1259 ±1.8960	10.8486 ±2.5625 6.4120 ±0.9953		
中腸腺重量 (g)	基本型区 試験区	2.3543 ±0.4238 1.7919 ±0.2863	2.3623 ±0.3379 1.5827 ±0.5042	1.7671 ±0.3648 1.3577 ±0.2457		
その他重量 (g)	基本型区 試験区	14.3466 ±2.2075 10.1834 ±1.7744	12.3150 ±1.4736 8.4051 ±2.2981	13.3297 ±2.4860 8.0334 ±1.2474		
貝柱指数 (%)	基本型区 試験区	37.39 ±2.11 37.05 ±2.00	40.72 ±2.34 37.84 ±2.91	41.62 ±3.53 40.61 ±2.69		
中腸腺指数 (%)	基本型区 試験区	8.86 ±1.21 9.44 ±0.68	9.53 ±0.75 9.77 ±0.98	6.84 ±0.91 8.58 ±0.86		
その他指数 (%)	基本型区 試験区	53.75 ±2.62 53.51 ±2.33	49.75 ±2.65 52.39 ±2.81	51.54 ±3.89 50.80 ±2.92		

付表15 過密養殖干出試験における分析結果

項目	試験区	試験開始時		干出直後		試験終了時 生貝	
全タンパク (mg/貝柱)	基本型区	514.13	±79.15	513.10	±69.59	513.10	±69.59
	試験区	355.85	±57.94	304.33	±100.45	304.33	±100.45
DNA量 (μg/貝柱)	基本型区	3832.98	±618.15	3706.58	±730.27	4388.55	±995.95
	試験区	2883.57	±827.52	2232.76	±789.74	2896.39	±717.73
RNA量 (μg/貝柱)	基本型区	15414.54	±3928.28	14282.76	±2223.69	20639.62	±5035.57
	試験区	11109.18	±1713.78	10104.64	±3376.51	12191.22	±2472.52
RNA/ DNA	基本型区	4.06	±0.93	3.91	±0.50	4.69	±0.27
	試験区	4.20	±0.67	4.20	±0.31	4.75	±0.94
グリコーゲン量 (mg/貝柱)	基本型区	135.70	±46.17			154.66	±75.19
	試験区	103.73	±14.84			85.16	±47.94
トリグリセリド量 (mg/中腸腺)	基本型区	91.75	±16.86			69.56	±12.80
	試験区	77.36	±15.48			69.50	±12.08

付表16 飢餓干出予備試験における生貝の全重量等の測定結果

全重量 (g)	干出時間	干出温度			
		10°C	15°C	20°C	25°C
	6	2.40	2.52	2.63	2.50
	12	2.73	2.63	2.74	—
	18	2.15	2.54	2.20	—
	24	2.45	2.04	—	—
	試験開始時	2.21		コントロール	2.49
軟体部重量 (g)	干出時間	干出温度			
		10°C	15°C	20°C	25°C
	6	0.79	0.87	0.88	0.77
	12	0.88	0.86	0.94	—
	18	0.66	0.79	0.63	—
	24	0.81	0.64	—	—
	試験開始時	0.87		コントロール	0.90
軟体部指数 (%)	干出時間	干出温度			
		10°C	15°C	20°C	25°C
	6	32.34	34.76	33.29	30.94
	12	31.97	32.39	33.84	—
	18	30.56	31.08	28.78	—
	24	32.71	31.38	—	—
	試験開始時	39.08		コントロール	36.09

付表17 飢餓試験測定結果

調査月日	試験区	殻長 (mm)	全重量 (g)	軟体部重量 (g)	貝殻重量 (g)	貝柱重量 (g)	中腸腺重量 (g)	その他重量 (g)
11月11日	試験開始時	26.94 ±3.26	2.189 ±0.724	0.695 ±0.242	1.494 ±0.492	0.161 ±0.072	0.070 ±0.027	0.443 ±0.152
11月25日	対照区	31.77 ±2.80	3.416 ±0.855	1.303 ±0.366	2.113 ±0.516	0.293 ±0.092	0.139 ±0.065	0.786 ±0.256
	飢餓区	28.23 ±3.14	2.424 ±0.706	0.678 ±0.199	1.746 ±0.518	0.154 ±0.044	0.031 ±0.012	0.440 ±0.129
12月24日	対照区	37.41 ±4.29	5.844 ±1.708	2.107 ±0.631	3.737 ±1.099	0.472 ±0.162	0.178 ±0.073	1.392 ±0.418
	飢餓区	27.83 ±2.50	2.286 ±0.585	0.551 ±0.159	1.735 ±0.441	0.111 ±0.036	0.019 ±0.007	0.381 ±0.097

付表18 飢餓試験測定値の比の結果

調査月日	試験区	軟体部指 数(%)	貝柱指数 (%)	中腸腺指数 (%)	その他重量比 (%)
11月11日	試験開始時	31.60 ±2.50	23.43 ±2.94	10.26 ±1.46	66.32 ±3.06
11月25日	対照区	37.86 ±3.72	24.33 ±2.01	10.83 ±0.26	64.84 ±2.56
	飢餓区	27.98 ±2.26	24.86 ±2.73	5.00 ±0.13	70.14 ±3.21
12月24日	対照区	36.11 ±2.37	22.88 ±2.76	8.57 ±0.42	68.56 ±3.36
	飢餓区	23.99 ±2.31	21.52 ±3.02	3.82 ±0.10	74.79 ±2.98

付表19 飢餓試験における対照区と飢餓区の測定値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	殻長	全重量	軟体部 重量	貝殻重量	貝柱重量	中腸腺 重量	その他重量	軟体部指数	貝柱指数	中腸腺指数	その他重量比
11月25日	*	*	*	*	*	*	*	*	×	*	△
12月24日	*	*	*	*	*	*	*	*	×	*	△

注) * : 対照区>飢餓区で有意な差あり △ : 飢餓区>対照区で有意な差あり × : 有意な差なし

付表20 飢餓試験における試験開始時と飢餓区の測定値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	殻長	全重量	軟体部 重量	貝殻重量	貝柱重量	中腸腺 重量	その他重量	軟体部指数	貝柱指数	中腸腺指数	その他重量比
11月25日	△	×	×	△	×	*	×	*	×	*	△
12月24日	×	×	*	△	*	*	×	*	×	*	△

注) * : 試験開始時>飢餓区で有意な差あり △ : 飢餓区>試験開始時で有意な差あり × : 有意な差なし

付表21 飢餓試験乾燥重量測定結果及び平均値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	試験区	軟体部乾燥重量 (g)		軟体部水分量 (%)	
11月11日	試験開始時	0.1003	±0.0348	85.03	±0.99
11月25日	対照区	0.1976	±0.0462	84.55	±0.85
	飢餓区	0.0942	±0.0265 *1、×	86.81	±0.80 Δ1、Δ2
12月24日	対照区	0.3026	±0.0993	85.79	±0.60
	飢餓区	0.0734	±0.0186 *1、*2	87.48	±0.76 Δ1、Δ2

注) *1: 対照区>飢餓区で有意な差あり Δ1: 飢餓区>対照区で有意な差あり

*2: 試験開始時>飢餓区で有意な差あり Δ2: 飢餓区>試験開始時で有意な差あり ×: 有意な差なし

付表22 飢餓試験分析結果

調査月日	試験区	全タンパク質 (mg/貝柱)	DNA (μg/貝柱)	RNA (μg/貝柱)	RNA/DNA	トリグリセリド (mg/中腸腺)	トリグリセリド 含有率 (%)
11月11日	試験開始時	14.95 ±6.38	112.67 ±48.16	447.78 ±286.10	3.70 ±0.94	0.38 ±0.10	0.50 ±0.10
11月25日	対照区	14.99 ±3.71	204.35 ±57.76	913.88 ±357.27	4.41 ±1.29	3.98 ±0.42	1.96 ±0.24
	飢餓区	8.79 ±2.12	113.95 ±31.09	261.45 ±102.46	2.29 ±0.68	0.01 ±0.01	0.03 ±0.01
12月24日	対照区	24.29 ±8.65	282.25 ±103.62	1181.63 ±524.61	4.12 ±0.78	0.67 ±0.34	0.37 ±0.20
	飢餓区	5.54 ±1.57	74.09 ±23.24	147.51 ±58.38	1.98 ±0.39	0.01 ±0.00	0.03 ±0.01

注) 分析部位: 全タンパク、DNA、RNAは貝柱、トリグリセリドは中腸腺

付表23 飢餓試験における対照区と飢餓区の測定値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	全卵ハク質	DNA	RNA	RNA/DNA	トリグリセリド	トリグリセリド含有率
11月25日	*	*	*	*	*	*
12月24日	*	*	*	*	*	*

注) * : 対照区>飢餓区で有意な差あり Δ : 飢餓区>対照区で有意な差あり × : 有意な差なし

付表24 飢餓試験における試験開始時と飢餓区の測定値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	全卵ハク質	DNA	RNA	RNA/DNA	トリグリセリド	トリグリセリド含有率
11月25日	*	×	*	*	*	*
12月24日	*	*	*	*	*	*

注) * : 試験開始時>飢餓区で有意な差あり Δ : 飢餓区>試験開始時で有意な差あり × : 有意な差なし

付表25 飢餓干出試験における干出開始時と終了時の生貝の分析結果

調査月日	全卵ハク質 (mg/貝柱)	DNA (μg/貝柱)	RNA (μg/貝柱)	RNA/DNA	トリグリセリド (mg/中腸腺)	トリグリセリド含有率 (%)
対 試験開始時	24.29 ± 8.65	282.25 ± 103.62	1181.63 ± 524.61	4.12 ± 0.78	0.81 ± 0.12	0.45 ± 0.13
照 試験終了時	51.30 ± 10.72	387.20 ± 57.17	1925.02 ± 386.82	4.94 ± 0.35	0.29 ± 0.11	0.26 ± 0.09
区						
飢 試験開始時	5.54 ± 1.57	74.09 ± 23.24	147.51 ± 58.38	1.98 ± 0.39	0.01 ± 0.00	0.03 ± 0.01
餓 試験終了時	12.13 ± 2.39	128.22 ± 29.86	295.49 ± 69.41	2.33 ± 0.38	0.01 ± 0.00	0.04 ± 0.01
区						