

ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究

工藤 敏博・三戸 芳典・青山 宝蔵・川村 要

近年、採苗直後の稚貝～半成貝のへい死が頻発し、その一因として種苗の質が問題となっている。

現状では種苗の質の評価は、へい死率、異常・奇形貝の出現比率、成長（殻長）等により判定されてきたが、本研究は生化学的手法での質的評価法を開発するとともに、現状の評価法と比較・検討を行い、これを基に形態測定等の現場で簡便にできる評価基準を見出すことを目的として実施した。

なお、本研究は水産庁の平成8～10年度の国庫補助事業として実施した。このため、種苗には大きく分けると「養殖用種苗」と「地まき放流用種苗」の2つがあるが、ここでは「養殖用種苗」のみを対象とした。

また、中野は、良い放流用種苗とは「成長と発達（発育）が順調」で「機能的に十分に発達」し、「基礎代謝量が低く」「種として特徴的な行動をする」種苗であるとし、この観点から、種苗の「形態的・生理・生化学的健全性」を「健苗性」、「健苗」であり、種の特徴的な行動生態とそのための機能が十分発達した種苗の質を「種苗性」と定義しており^{1)~8)}、本研究で対象とした養殖用の種苗の質は本定義によると「健苗性」にあたるが、ここでは便宜上、用語を「種苗性」に統一した。

I 採苗器の投入時期の違いによる稚貝採取率等の検討

種苗性を評価する前提として、稚貝採取の段階で適正サイズの個体を必要数量確保できることが必要条件となる。このため、採苗器の投入時期の違いによるホタテガイの付着数、成長を調査し、最も効率的な採苗器投入時期を検討した。

また、非常に多くのホタテガイが採苗器に付着した場合に行われる間引き作業について、その効果を調査した。

1 材料と方法

試験は、図1に示した陸奥湾内の久栗坂及び川内の実験漁場で実施した。

久栗坂実験漁場には平成9年3月13日、4月3日、4月14日、5月1日、5月7日、5月21日の6回に分けて採苗器を投入し（各3～10連、1連10段、流網の重量70g）、川内実験漁場には平成9年3月14日、4月3日、4月14日、4月30日、5月7日、5月27日の6回に分けて採苗器を投入した（以下「時期別投入採苗器」とする）。これらの採苗器は、平成9年6月3日及び7月1日にそれぞれの中層に投入されたものを1袋ずつ引き揚げ、10%ホルマリンで固定した後、ホタテガイ、ムラサキイガイ、キヌマトイガイの付着数を調査するとともにホタテガイの殻長を測定した（いずれも間引き作業を行わない採苗器を調査）。また、久栗坂実験漁場には平成9年3月17日から7月1日にかけて、川内実験漁場には平成9年3月18日から7月1日にかけて原則として毎週、採苗器を設置・回収し（以下「毎週投入採苗器」⁹⁾とする）、ホタテガイ、ムラサキイガイ、キヌマトイガイの付着数を調査したが、これらの採苗器に付着していたホタテガイ等の数を時期別投入採苗器の投入期間にあわせて積算し、時期別投入採苗器に付着していた付着数の比較を行った。

川内実験漁場では非常に多くのホタテガイが採苗器に付着したため、平成9年4月30日投入区採苗器及び5月7日投入区採苗器の一部について6月25日に間引き作業を実施し、間引きの際に玉ねぎ袋と流し網に付着していたホタテガイ等の割合を調査するとともに、間引き前と間引き後の付着数の比較を行なった。また、平成9年5月7日投入区の採苗器について、間引きを行った採苗器と行わなかった採苗器を平成9年7月1日と7月14日に測定し、ホタテガイの成長を比較した。

なお、いずれの採苗器もホタテガイ稚貝を食害するヒトデの付着は確認されなかった。

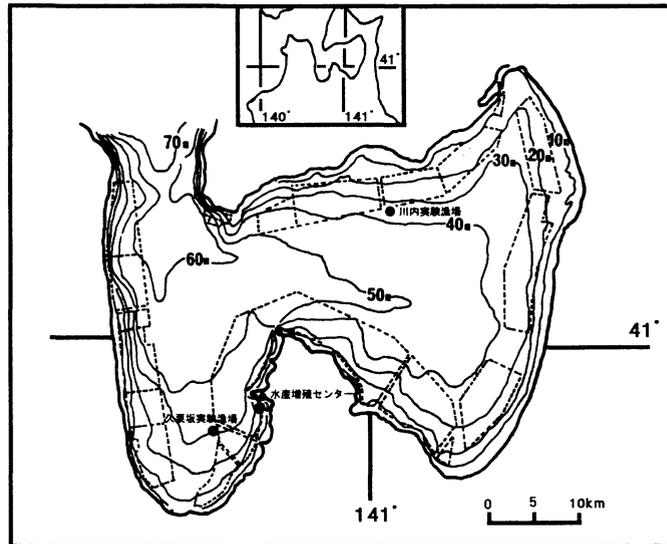


図1 調査地点図

2 結果と考察

(1) ホタテガイ等の付着状況

表1及び2に久栗坂及び川内実験漁場に設置した時期別投入採苗器のホタテガイ等の付着数の推移を示した。また、表3及び4に久栗坂及び川内実験漁場に設置した時期別投入採苗器と毎週投入採苗器へのホタテガイ付着数の積算値の比較を示した。

久栗坂実験漁場での時期別採苗器へのホタテガイの付着数は、6月3日の調査時点では、4月3日投入区が最も多く、次いで5月1日投入区、4月14日投入区、3月13日投入区、5月7日投入区、5月21日投入区の順となった。

稚貝採取時の利用状況の目安となる7月1日調査時では、4月14日投入区が最も多く、次いで5月1日投入区、5月7日投入区、3月13日投入区、4月3日投入区、5月21日投入区の順となり、昨年同様¹⁰⁾に、早く投入した採苗器に必ずしも多くのホタテガイが付着しているわけではないことがわかった。また、7月1日調査時における毎週採苗器への付着数の積算値との比較では、4月14日～5月21日投入区は82.6～97.9%の付着が見られたのに対し、3月13日、4月3日投入区は32.4及び30.9%と少なく、早く投入した採苗器は、かなりのホタテガイ稚貝が脱落しているものと考えられた。ホタテガイの平均殻長は4月14日投入区が最も大きく、次いで5月1日投入区、5月7日投入区、4月3日投入区、5月21日投入区、3月13日投入区の順となっており、ホタテガイの付着数と同様に早く投入した採苗器のホタテガイの平均殻長が必ずしも大きいわけではないことがわかった。一方ムラサキイガイやキヌマトイガイの付着数は、早く投入した採苗器ほど付着数が多い傾向が見られた。

川内実験漁場でも、久栗坂実験漁場とほぼ同様の結果となっており、7月1日調査時に最もホタテガイの付着数が多かったのは5月7日投入区で、次いで4月30日投入区、ホタテガイの平均殻長が最も大きかったのは4月30日投入区で次いで5月7日投入区であった。

浮遊幼生の出現状況から見た採苗器投入適期（200 μ m以上の個体が50%を越えた時期）は久栗坂実験漁場（St.1）では4月21日前後、川内実験漁場（St. K1～3）では4月28日～5月6日前後であったことから⁹⁾、採苗投入適期に投入した採苗器が最も付着数が多く、ホタテガイの平均殻長も最も大きく、ムラサキイガイ、キヌマトイガイの付着数もある程度少ないことから、200 μ m以上の個体が50%を越えた時期に採苗器を投入するのが最も効率的に稚貝採取ができるものと考えられた。

表1 時期別投入採苗器へのホタテガイ等の付着状況（久栗坂）

投入区	6月3日調査時				7月1日調査時			
	ホタテガイ		ムラサキガイ	キヌマトイガイ	ホタテガイ		ムラサキガイ	キヌマトイガイ
	付着数	平均殻長	付着数	付着数	付着数	平均殻長	付着数	付着数
3月13日	23,936	980.9	31,386	32,128	16,064	1,679.0	27,309	41,345
4月3日	33,792	1,161.9	26,304	28,288	15,264	1,819.0	13,585	11,619
4月14日	31,936	1,407.2	7,469	10,432	44,032	2,889.0	32,584	19,814
5月1日	32,768	860.4	2,176	2,560	34,048	2,802.5	8,172	4,086
5月7日	19,328	800.0	2,432	768	22,592	2,399.0	2,711	9,489
5月21日	11,968	587.6	832	192	10,784	1,697.5	4,750	755

単位：付着数 個/袋、平均殻長 μm

表2 時期別投入採苗器へのホタテガイ等の付着状況（川内）

投入区	6月3日調査時				7月1日調査時			
	ホタテガイ		ムラサキガイ	キヌマトイガイ	ホタテガイ		ムラサキガイ	キヌマトイガイ
	付着数	平均殻長	付着数	付着数	付着数	平均殻長	付着数	付着数
3月14日	244,224	759.5	200,264	280,208	177,152	938.0	295,844	449,966
4月3日	135,168	671.7	110,592	177,152	110,336	1,248.0	196,398	296,804
4月14日	311,296	776.3	155,648	212,992	176,640	1,432.0	116,582	309,120
4月30日	360,448	959.5	104,448	129,024	254,976	1,645.6	111,397	180,711
5月7日	140,288	898.6	29,696	47,616	628,736	1,474.5	191,086	388,337
5月27日	5,152	422.0	927	5,100	3,904	1,126.0	2,080	9,760

単位：付着数 個/袋、平均殻長 μm、採苗器はすべて間引きなし

表3 時期別投入採苗器と毎週投入採苗器へのホタテガイ付着数の比較（久栗坂）

投入区	6月3日調査時			7月1日調査時		
	付着数①	週間採苗器の 同期間積算値②	①/②*100	付着数①	週間採苗器の 同期間積算値②	①/②*100
3月13日	23,936	48,783	49.1	16,064	49,533	32.4
4月3日	33,792	48,580	69.6	15,264	49,330	30.9
4月14日	31,936	46,584	68.6	44,032	47,334	93.0
5月1日	32,768	34,032	96.3	34,048	34,782	97.9
5月7日	19,328	26,592	72.7	22,592	27,342	82.6
5月21日	11,968	10,416	114.9	10,784	11,166	96.6

単位：個/袋

表4 時期別投入採苗器と毎週投入採苗器へのホタテガイ付着数の比較（川内）

投入区	6月3日調査時			7月1日調査時		
	付着数①	週間採苗器の 同期間積算値②	①/②*100	付着数①	週間採苗器の 同期間積算値②	①/②*100
3月14日	244,224	657,998	37.1	177,152	660,038	26.8
4月3日	135,168	657,890	20.5	110,336	659,930	16.7
4月14日	311,296	656,400	47.4	176,640	658,440	26.8
4月30日	360,448	631,360	57.1	254,976	633,400	40.3
5月7日	140,288	577,344	24.3	628,736	579,384	108.5
5月27日	5,152	3,648	141.2	3,904	5,688	68.6

単位：個/袋

(2) 間引きの効果

表5に川内実験漁場での間引き作業時のホタテガイ等の付着状況を示した。

採苗器の玉ネギ袋と流網へのホタテガイの付着は、4月30日投入区が玉ネギ袋に113,664個(36.0%)、流網に201,856個(64.0%)、5月7日投入区が玉ネギ袋に114,872個(43.2%)、流網に184,320個(56.2%)となり、採苗器への付着数の約4割が玉ネギ袋に、約6割が流網に付着していた。また、玉ネギ袋と流網へ付着したホタテガイの平均殻長は、4月30日投入区では玉ネギ袋が1.37mm、流網が1.60mm、5月7日投入区では玉ネギ袋が1.32mm、流網が1.64mmとなっていて、いずれも流網に付着していたホタテガイの方が大きい傾向にあった。これは、採苗器投入直後は、玉ネギ袋と流網へ一定の割合でホタテガイ稚貝が付着するが、時期を経るに従って玉ネギ袋が汚れて目詰まりを起こし、玉ネギ袋の中の流網へ付着する割合が減少するため(後期に付着する小型の稚貝は玉ネギ袋に多く付着する)と考えられた。いずれにしる、間引きを行うことによって、ホタテガイの平均殻長は間引き前よりも大きくなることがわかった。

間引き後のホタテガイ、ムラサキイガイ、キヌマトイガイの残存率は、5月7日投入区のキヌマトイガイを除くといずれも約2割ほどであった。

図2に5月7日投入区採苗器の間引きしたものと間引きしないものの平均殻長を比較したが、間引きなしでは7月1日調査時に1.48mm、7月14日調査時に1.95mmであったのに対し、間引きを行った採苗器は、7月1日調査時に1.94mm、7月14日調査時に2.51mmと明らかに大きく、間引きを行うことによってホタテガイの成長を停滞させないことが再確認された。

表5 川内実験漁場に設置した採苗器の間引き時のホタテガイ等付着状況(6/25調査)

投入時期	ホタテガイ		ムラサキイガイ		キヌマトイガイ 付着数 (個)
	付着数 (個)	平均殻長 (mm)	付着数 (個)	平均殻長 (mm)	
4月30日間引き前	315,520	1.52	121,122	0.60	127,713
うち玉ネギ袋	113,664 (36.0)	1.37	30,689 (25.3)	0.61	36,372 (28.5)
うち流網	201,856 (64.0)	1.60	90,433 (74.7)	0.60	91,341 (71.5)
間引き後	60,544 (19.2)	1.56	21,190 (17.5)	0.63	26,337 (20.6)
5月7日間引き前	328,192	1.50	51,666	0.61	119,043
うち玉ネギ袋	143,872 (43.8)	1.32	27,336 (52.9)	0.63	61,146 (51.4)
うち流網	184,320 (56.2)	1.64	24,330 (47.1)	0.59	57,897 (48.6)
間引き後	65,536 (20.0)	1.58	12,452 (24.1)	0.61	15,729 (13.2)

注) ()内は間引き前全体の付着数に対する%

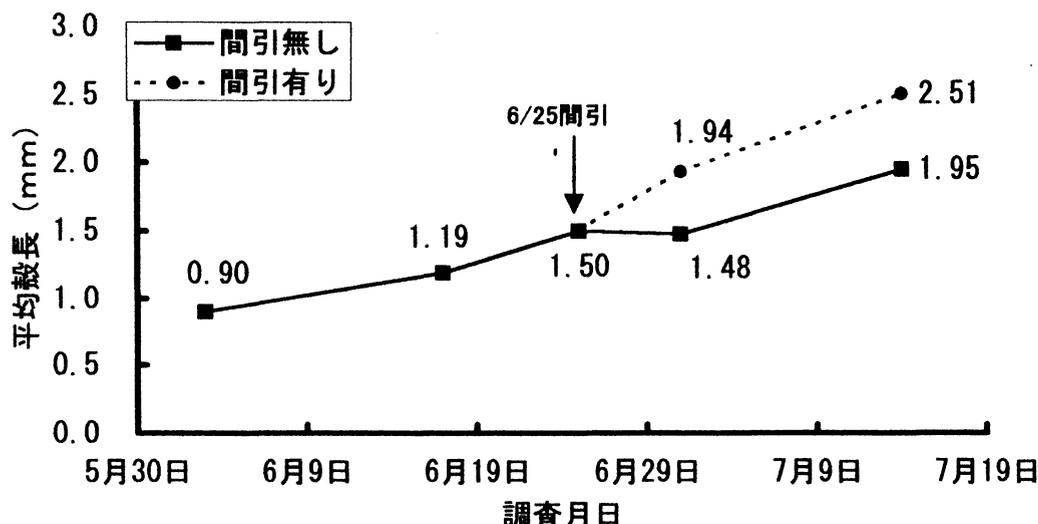


図2 川内実験漁場5/7投入採苗器の平均殻長の推移

II 収容密度の違いによる種苗性の比較

魚介類の発育は、遺伝子（内的要因）と環境（外的要因）の両面の影響を受けるため¹¹⁾、本来種苗評価法の開発に向けてはこの両面から調査を行う必要があるが、本研究では同じ由来の種苗を用いて環境面の影響に絞って比較試験を行い、種苗評価基準を見いだすこととした。

環境面の影響については、これまでの試験結果から高密度で飼育した貝は低密度で飼育した貝に比べてへい死率・異常貝出現率が高く、成長が悪くなることが明らかとなっており^{12) - 16)}、このことから密殖した貝は種苗性が低いと考えられる。ここでは低密度で飼育した貝を良い種苗、高密度で飼育した区を悪い種苗と仮定して、殻長の比較や生残率の調査といった現状の基準での評価を行うとともに、これらを生化学的な手法で調査し、種苗の評価基準の検討を行った。

また、現場で手軽に行える評価基準を開発するため、貝の形態を今までより精密に測定し、これらの結果との関連性を検討した。

なお、本試験において貝に影響を与えている要因としては、貝のぶつかり合い、ストレス、餌料環境等が想定される。

1 材料と方法

試験設定内容を表6に示した。

5月1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7月23日に1.8分の篩を用いて選別した後、1.5分目のパールネットに低密度区は50個/段、中密度区は100個/段、高密度区は200個/段収容し、連の間隔を1mにして飼育を開始した。これらの稚貝は、10月7日に低密度区は10個/段、中密度区は20個/段、高密度区は40個/段になるように2.0分目のパールネットに分散を行い、3月5日まで飼育を継続した。

サンプリングは1ヶ月に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、殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部湿重量（以上測定個数50個）、貝柱重量、中腸腺重量（以上低密度区と高密度区について測定個数20個）を測定した。これらの測定値から、殻幅比を殻幅÷（殻長+殻高+殻幅）、殻高/殻長を殻高÷殻長、軟体部指数を軟体部重量÷全重量×100、貝柱指数を貝柱重量÷軟体部重量×100、中腸腺指数を中腸腺重量÷軟体部重量×100として求め、比較を行った。また、各試験区とも20個体について軟体部乾燥重量、殻乾燥重量（60℃で8時間、105℃で7時間乾燥）を測定し、軟体部水分量を（軟体部湿重量-軟体部乾燥重量）÷軟体部湿重量×100、軟体部乾燥指数を軟体部乾燥重量÷（軟体部乾燥重量+殻乾燥重量）×100として求め、比較を行った。

低密度区と高密度区は20個体について、貝柱部分の核酸（DNA量及びRNA量、STS法で分析）、全タンパク質（Lowry法で分析）を分析し、RNA/DNAをRNA量÷DNA量、タンパク/DNAを全タンパク質量÷DNA量として求め、比較を行った。

軟体部乾燥重量、殻乾燥重量、全タンパク質量については、日間成長量及び日間成長率を比較したが、日間成長量は $(W_2 - W_1) \div (t_2 - t_1)$ として、日間成長率は $(\ln W_2 - \ln W_1) \div (t_2 - t_1) \times 100$ として求めた（ある時点 t_1 の時の重量又はタンパク質量を W_1 、ある時点 t_2 の時の重量又はタンパク質量を W_2 とする）。

貝殻の形態の変化を調査するため、7月23日に久栗坂実験漁場で採取した稚貝150個体を10月9日（便宜上、稚貝分散の時期とした）に当センターに運搬し、殻長、殻高、殻幅、全重量を測定するとともに番号を記載したプラスチック紙を殻に瞬間接着剤で接着してナンバーリングを行い、2.0分目のパールネットに15個/段で収容してセンター前の筏に垂下した。これらの稚貝については2月18日（便宜上、耳吊り種苗とした）に同様の項目について測定を行い、同一個体の形態の変化を追跡調査した。

表6 収容密度の違いによる比較試験設定内容

試験区	設定内容			
	7月23日 (稚貝採取)		10月7日 (分散)	
	1段収容数 (枚/段)	幹綱1m当り収容数 (枚/m)	1段収容数 (枚/段)	幹綱1m当り収容数 (枚/m)
低密度区	50	500	10	100
中密度区	100	1000	20	200
高密度区	200	2000	40	400

2 結果と考察

(1) へい死率及び異常貝出現率

表7にへい死率及び異常貝出現率の推移を示したが、各試験区間に顕著な違いは見られなかった。昨年度実施した試験（分散時：低密度区20個/段、高密度区40個/段）においても同様の結果が得られていることから、分散時にパールネット1段当り40枚程度の収容密度では、それだけが原因でへい死を引き起こしたり異常貝を出現させることはないものと考えられた。しかし、ホタテガイのへい死の原因は連同士や貝同士のぶつかり合いに関係が深いものと考えられており^{17)、18)}、1段当りの収容数が多くなるほど強い潮流等の影響を受けた場合にもぶつかり合う確率が高くなることから、高密度で収容することは危険であると考えられた。

表7 収容密度の違いによる健苗性比較試験のへい死率、異常貝出現率の推移

調査月日	低密度区			中密度区			高密度区		
	1段収容数 (枚)	へい死率 (%)	異常貝出 現率 (%)	1段収容数 (枚)	へい死率 (%)	異常貝出 現率 (%)	1段収容数 (枚)	へい死率 (%)	異常貝出 現率 (%)
7月23日	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00
8月26日	38.3	0.52	0.00	56.7	0.53	0.00	90.0	0.78	0.00
10月1日	36.4	1.37	0.00	47.3	0.42	0.00	78.5	0.64	0.00
10月23日	9.0	1.23	2.00	20.0	3.00	0.00	40.1	3.49	0.00
11月25日	10.3	4.50	2.00	19.9	0.00	0.00	37.5	5.07	2.00
12月15日	9.8	2.04	0.00	20.2	10.89	0.00	38.9	5.91	0.00
1月21日	9.4	8.51	0.00	19.7	3.55	0.00	40.2	2.74	0.00
3月5日	9.9	3.03	0.00	19.8	3.03	0.00	38.8	6.70	0.00

(2) 殻長、全重量等

表8に殻長等の測定結果とこれらから求めた軟体部指数等を、表9に低密度区と高密度区についての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に殻長と貝柱重量の関係を、図5に軟体部指数の推移を、図6に中腸腺指数とクロロフィルa量の推移を示した。

形態の実測値である、殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部重量は、試験期間中はいずれの試験区も飼育日数に伴い増加する傾向にあったが、試験区ごとに比較すると8月26日の軟体部重量を除きすべて低密度>中密度>高密度の順となり、低密度区と高密度区の間で平均値の検定を行ったところすべて低密度区>高密度区で有意な差が見られた。また、貝柱重量、中腸腺重量も飼育日数に伴い増加する傾向にあったが、低密度区と高密度区の間では低密度区>高密度区で有意な差があり、低密度区は同じ殻長でも高密度区に比べて貝柱が重い傾向が見られた。このことから、これらの差は、収容密度の影響によるものと考えられた。

表8 収容密度の違いによる比較試験測定結果

調査月日	試験区	殻長 mm	殻高 mm	殻幅 mm	全重量 g	軟体部重量 g	貝柱重量 g	中腸腺重量 g	殻幅比	殻高/殻長	軟体部指数 %	貝柱指数 %	中腸腺指数 %
7月23日	試験開始時	8.43 ±1.28	8.77 ±1.34	1.73 ±0.23	0.059 ±0.029				0.0917 ±0.0599	1.0392 ±0.0196			
8月26日	低密度区	18.53 ±2.11	19.18 ±1.97	3.87 ±0.40	0.790 ±0.221	0.225 ±0.082			0.0932 ±0.0047	1.0365 ±0.0230	30.59 ±2.43		
	中密度区	18.45 ±1.47	19.00 ±1.43	3.81 ±0.31	0.748 ±0.144	0.233 ±0.056			0.0924 ±0.0045	1.0303 ±0.0189	30.78 ±3.38		
	高密度区	17.45 ±1.98	18.01 ±1.85	3.62 ±0.37	0.665 ±0.197	0.225 ±0.077			0.0927 ±0.0043	1.0332 ±0.0264	31.24 ±3.06		
10月1日	低密度区	25.99 ±1.73	26.97 ±1.70	5.82 ±0.41	2.203 ±0.400	0.737 ±0.146	0.1566 ±0.0349	0.0680 ±0.0162	0.0991 ±0.0048	1.0383 ±0.0238	33.47 ±2.78	20.52 ±2.27	8.97 ±1.44
	中密度区	25.65 ±2.73	26.51 ±2.51	5.63 ±0.51	2.084 ±0.548	0.715 ±0.209			0.0977 ±0.0061	1.0349 ±0.0273	34.19 ±4.03		
	高密度区	24.83 ±2.02	25.65 ±2.01	5.32 ±0.46	1.839 ±0.412	0.605 ±0.143	0.1289 ±0.0432	0.0659 ±0.0217	0.0954 ±0.0048	1.0338 ±0.0216	32.95 ±2.61	20.77 ±4.05	10.62 ±1.71
10月23日	低密度区	34.60 ±1.95	35.44 ±1.93	7.60 ±0.49	4.596 ±0.702	1.662 ±0.314	0.4271 ±0.0972	0.1683 ±0.0300	0.0980 ±0.0052	1.0247 ±0.0233	36.09 ±3.49	26.83 ±3.77	10.66 ±1.37
	中密度区	31.96 ±2.08	32.71 ±2.17	7.15 ±0.61	3.687 ±0.702	1.372 ±0.247			0.0995 ±0.0049	1.0238 ±0.0208	37.43 ±7.27		
	高密度区	31.60 ±2.76	32.29 ±2.65	6.90 ±0.52	3.562 ±0.710	1.315 ±0.275	0.3182 ±0.0499	0.1329 ±0.0233	0.0977 ±0.0073	1.0224 ±0.0229	36.94 ±3.44	23.23 ±2.32	9.69 ±1.11
11月25日	低密度区	48.58 ±2.91	48.82 ±2.46	10.59 ±0.66	11.362 ±1.547	4.522 ±0.662	1.1686 ±0.2029	0.3698 ±0.0606	0.0981 ±0.0054	1.0057 ±0.0247	39.89 ±3.35	25.93 ±3.78	8.18 ±0.98
	中密度区	44.73 ±2.89	44.60 ±2.33	9.85 ±0.68	8.985 ±1.419	3.581 ±0.605			0.0993 ±0.0048	0.9986 ±0.0385	39.87 ±2.83		
	高密度区	42.62 ±2.78	42.39 ±2.71	9.12 ±0.67	7.539 ±1.241	2.988 ±0.556	0.6216 ±0.1496	0.2282 ±0.0363	0.0969 ±0.0051	0.9949 ±0.0199	39.58 ±2.65	21.57 ±3.06	8.04 ±1.17
12月15日	低密度区	54.01 ±2.99	53.94 ±2.56	11.84 ±0.81	15.110 ±2.233	5.930 ±0.965	1.4778 ±0.2644	0.4074 ±0.0616	0.0989 ±0.0059	0.9996 ±0.0263	39.23 ±2.60	25.09 ±2.14	6.94 ±0.56
	中密度区	51.87 ±2.86	51.28 ±2.51	11.14 ±1.55	13.360 ±1.971	5.220 ±0.806			0.0974 ±0.0127	0.9892 ±0.0212	39.15 ±2.58		
	高密度区	46.74 ±3.68	46.19 ±3.38	10.22 ±0.85	10.079 ±2.024	3.895 ±0.822	0.8893 ±0.2612	0.2526 ±0.0631	0.0991 ±0.0043	0.9890 ±0.0229	38.62 ±2.41	23.05 ±2.13	6.64 ±0.63
1月21日	低密度区	66.13 ±3.64	64.95 ±2.90	14.44 ±0.91	27.281 ±3.171	11.391 ±1.347	2.8159 ±0.4188	1.0643 ±0.1672	0.0993 ±0.0052	0.9830 ±0.0240	41.81 ±2.26	24.83 ±2.68	9.38 ±1.05
	中密度区	61.48 ±3.47	60.58 ±3.17	13.47 ±0.80	22.492 ±3.185	9.384 ±1.459			0.0994 ±0.0044	0.9858 ±0.0220	41.68 ±2.37		
	高密度区	54.50 ±4.48	53.03 ±4.23	11.97 ±0.95	15.799 ±3.340	6.351 ±1.401	1.4006 ±0.3300	0.5169 ±0.3300	0.1003 ±0.0053	0.9735 ±0.0240	40.15 ±2.54	23.12 ±2.06	8.58 ±1.46
3月5日	低密度区	75.05 ±3.51	73.23 ±3.65	17.06 ±1.03	45.611 ±5.621	22.247 ±3.033	6.0853 ±0.8236	2.3756 ±0.3813	0.1032 ±0.0053	0.9759 ±0.0261	48.76 ±2.24	27.74 ±2.39	10.81 ±1.11
	中密度区	71.98 ±3.30	69.97 ±3.11	15.87 ±1.05	38.831 ±4.845	18.682 ±2.768			0.1006 ±0.0053	0.9723 ±0.0184	48.04 ±2.81		
	高密度区	62.34 ±4.23	60.71 ±4.10	13.89 ±1.03	26.063 ±5.024	12.527 ±2.633	3.7029 ±0.6399	1.4532 ±0.2925	0.1015 ±0.0054	0.9742 ±0.0256	47.95 ±2.63	26.80 ±1.81	10.49 ±1.13

表9 収容密度の違いによる比較試験における低密度区と高密度区の平均値の検定結果 (P<0.05)

調査月日	殻長	殻高	殻幅	全重量	軟体部重量	貝柱重量	中腸腺重量	殻幅比	殻高/殻長	軟体部指数	貝柱指数	中腸腺指数
8月26日	*	*	*	*	×	—	—	×	×	×	—	—
10月1日	*	*	*	*	*	*	×	*	×	×	×	△
10月23日	*	*	*	*	*	*	*	×	×	×	*	*
11月25日	*	*	*	*	*	*	*	×	*	×	*	×
12月15日	*	*	*	*	*	*	*	×	*	×	*	×
1月21日	*	*	*	*	*	*	*	×	*	×	*	*
3月5日	*	*	*	*	*	*	*	×	×	×	×	×

注) * : 低密度区>高密度区で有意な差あり △ : 高密度区>低密度区で有意な差あり × : 有意な差なし

実測値から算出した軟体部指数については試験期間中はいずれの試験区も飼育日数に伴い増加したが、収容密度の差による違いは見られず、低密度区と高密度区の間では調査期間を通して有意な差は見られなかった。貝柱指数は、10月23日調査時から1月21日調査時までは低密度区の方が高密度区に比べて有意に高い値であったが、3月5日調査時は有意な差が見られなくなった。1～3月は生殖巣が発達する時期であり、貝柱指数に3月時点で有意な差が見られなくなったのは成熟の影響があったものと考えられたが、今後も検討が必要と考えられる。中腸腺指数の推移を見ると、10月1日調査時から12月15日調査時にかけて減少し、12月15日以降は増加する傾向が見られた。これはクロロフィルa量の推移と類似しており、中腸腺指数は餌料環境に影響を受けているようにも見られたが、成熟の影響も考えられ今後も検討が必要と考えられた。しかし低密度区と高密度区を比較しても一定の傾向は見られなかった。

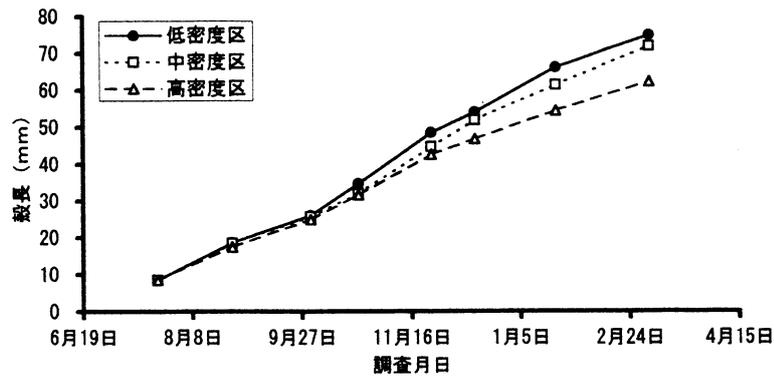


図3 収容密度の違いによる比較試験における殻長の推移

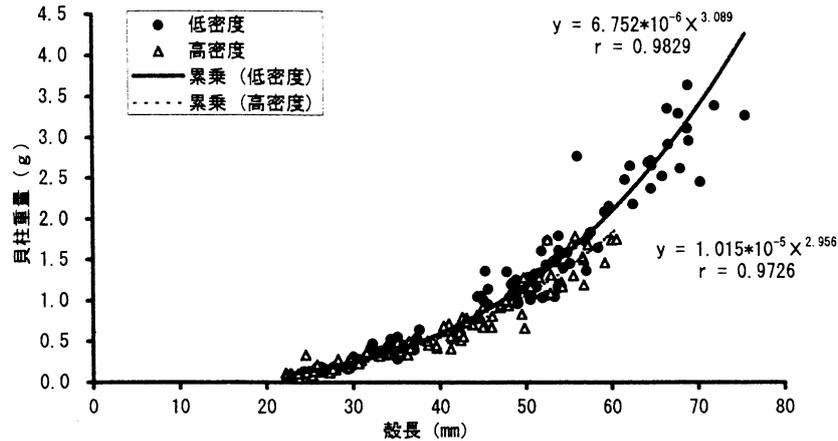


図4 収容密度の違いによる比較試験における殻長と貝柱重量の関係

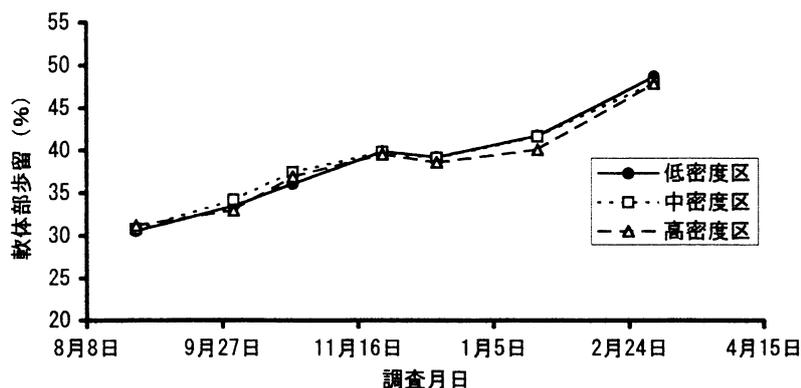


図5 収容密度の違いによる比較試験における軟体部指数の推移

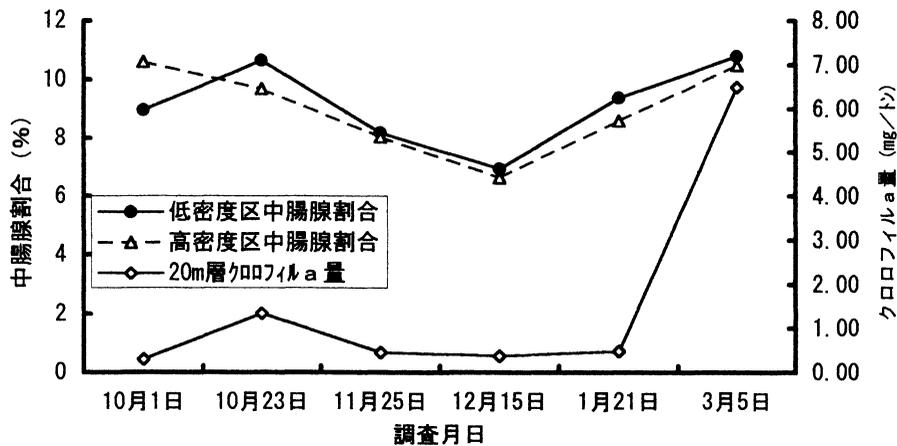


図6 収容密度の違いによる比較試験における中膵腺指数とクロロフィルa量(久栗坂20m層)の推移

(3) 軟体部乾燥重量等

表10に軟体部乾燥重量等の測定結果を、表11に低密度区と高密度区についてのこれらの平均値の検定結果を、図7に軟体部乾燥重量の推移を、図8に殻乾燥重量の推移を、図9に殻長と軟体部乾燥重量の関係を、図10に殻長と殻乾燥重量の関係を示した。

いずれの試験区も軟体部乾燥重量、殻乾燥重量とも飼育日数に伴い増加する傾向にあったが、試験区ごとに比較すると10月23日以降、低密度>中密度>高密度の順となっており、低密度区と高密度区の間では10月1日以降に低密度区>高密度区で有意な差が見られた。また、殻長と軟体部乾燥重量の関係を見ると、高密度区は同じ殻長でも低密度区、中密度区に比べて軽い傾向にあったが、殻長と殻乾燥重量の関係を見ると同じ殻長であればいずれの試験区もほぼ同じ重量であることがわかった。

軟体部乾燥指数は11月25日調査時以降に低密度>中密度>高密度の順となり、低密度区と高密度区の間では低密度区の方が有意に高い結果であった。湿重量から求めた軟体部指数ではいずれの調査時にも有意な差が見られていないことから、軟体部乾燥指数の方が軟体部指数よりも検出力が高いものと考えられ、これは軟体部を乾燥することによって体内貯蔵物質量の差が顕著に表われるため^{7)、19)}と考えられた。軟体部水分量は、昨年度の試験ではすべての調査時において高密度区の方が低密度区に比べて有意に多いという結果であったが、今年度は平均値で見るとすべての調査時において高密度区の方が低密度区に比べて多い傾向があり、有意な差が見られる時期もあった。

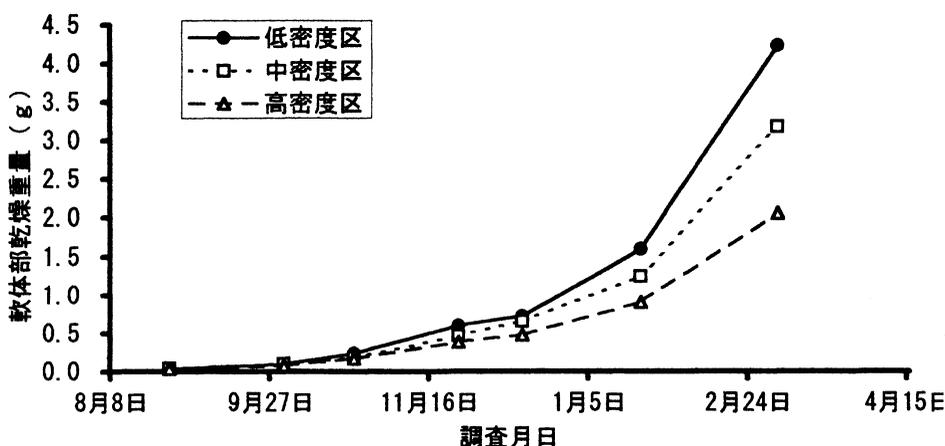


図7 収容密度の違いによる比較試験における軟体部乾燥重量の推移

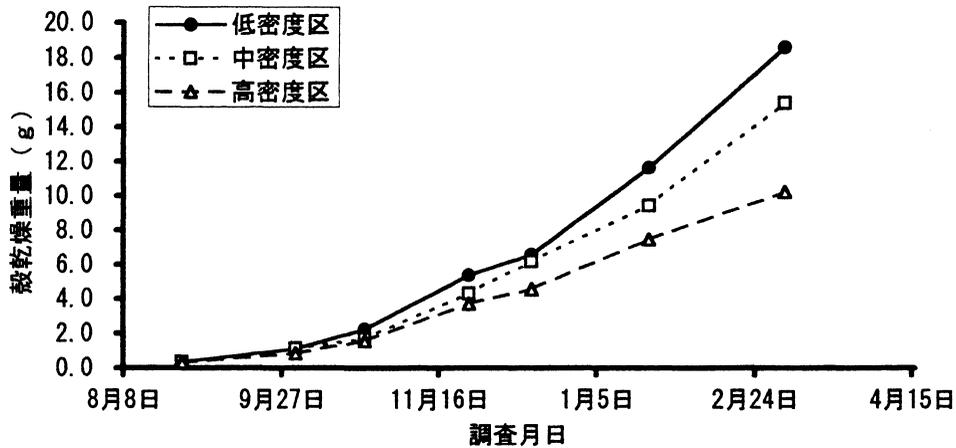


図8 収容密度の違いによる比較試験における殻乾燥重量の推移

表10 収容密度の違いによる比較試験における乾燥重量測定結果

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 (%)
8月26日	低密度区	0.225 ±0.082	0.0394 ±0.0148	0.3671 ±0.1301	82.25 ±2.35	9.74 ±1.22
	中密度区	0.233 ±0.056	0.0421 ±0.0093	0.3735 ±0.0734	81.83 ±1.24	10.16 ±1.35
	高密度区	0.225 ±0.077	0.0387 ±0.0123	0.3416 ±0.1104	82.57 ±1.51	10.19 ±0.91
10月1日	低密度区	0.737 ±0.146	0.0975 ±0.0157	1.1130 ±0.2223	86.98 ±1.15	8.14 ±0.80
	中密度区	0.715 ±0.209	0.1042 ±0.0217	1.1337 ±0.2695	86.58 ±0.79	8.50 ±0.80
	高密度区	0.605 ±0.143	0.0781 ±0.0186	0.8515 ±0.1962	87.02 ±0.68	8.43 ±0.78
10月23日	低密度区	1.662 ±0.314	0.2422 ±0.0409	2.2459 ±0.3937	85.43 ±1.15	9.77 ±0.77
	中密度区	1.372 ±0.247	0.1870 ±0.0364	1.7362 ±0.3698	85.82 ±1.01	9.76 ±0.63
	高密度区	1.315 ±0.275	0.1751 ±0.0477	1.5836 ±0.3841	85.91 ±1.29	9.87 ±1.24
11月25日	低密度区	4.522 ±0.662	0.6069 ±0.0838	5.3724 ±0.7529	86.89 ±0.94	10.16 ±0.54
	中密度区	3.581 ±0.605	0.4689 ±0.0747	4.3124 ±0.6353	87.06 ±0.80	9.81 ±0.59
	高密度区	2.988 ±0.556	0.3907 ±0.0458	3.7453 ±0.5109	87.48 ±0.72	9.49 ±0.63
12月15日	低密度区	5.930 ±0.965	0.7309 ±0.1028	6.5666 ±0.8776	87.35 ±0.59	10.02 ±0.63
	中密度区	5.220 ±0.806	0.6642 ±0.0977	6.1769 ±0.9072	87.62 ±0.43	9.73 ±0.69
	高密度区	3.895 ±0.822	0.4841 ±0.0887	4.5637 ±0.7762	87.57 ±0.78	9.58 ±0.51
1月21日	低密度区	11.391 ±1.347	1.6001 ±0.1560	11.6700 ±1.2205	85.77 ±0.84	12.08 ±0.71
	中密度区	9.384 ±1.459	1.2492 ±0.1641	9.4394 ±1.1650	85.88 ±0.50	11.69 ±0.67
	高密度区	6.351 ±1.401	0.9115 ±0.1845	7.4698 ±1.4292	86.43 ±1.22	10.89 ±1.00
3月5日	低密度区	22.247 ±3.033	4.2296 ±0.6594	18.6174 ±2.1605	81.48 ±0.85	18.48 ±1.40
	中密度区	18.682 ±2.768	3.1663 ±0.6413	15.4304 ±2.0297	82.62 ±1.43	16.92 ±1.97
	高密度区	12.527 ±2.633	2.0510 ±0.5112	10.2473 ±2.1430	82.55 ±0.98	16.58 ±1.48

表11 収容密度の違いによる比較試験における乾燥重量等の平均値の検定結果 (p<0.05)

調査月日	軟体部乾燥重量	殻乾燥重量	軟体部水分量	軟体部乾燥指数
8月26日	×	×	×	×
10月1日	*	*	×	×
10月23日	*	*	×	×
11月25日	*	*	△	*
12月15日	*	*	×	*
1月21日	*	*	△	*
3月5日	*	*	△	*

注) * : 低密度区>高密度区で有意な差あり △ : 高密度区>低密度区で有意な差あり × : 有意な差なし

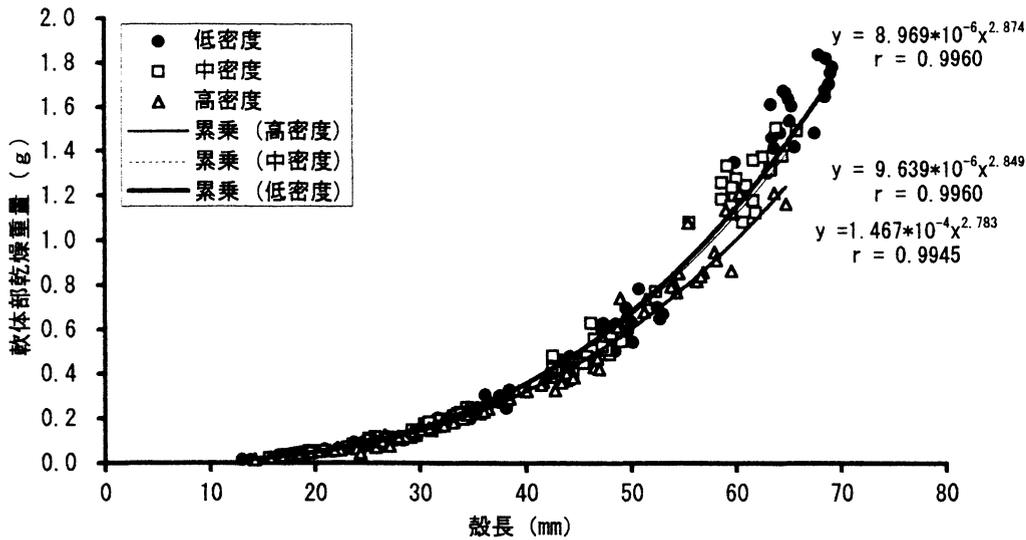


図9 収容密度の違いによる比較試験における殻長と軟体部乾燥重量の関係

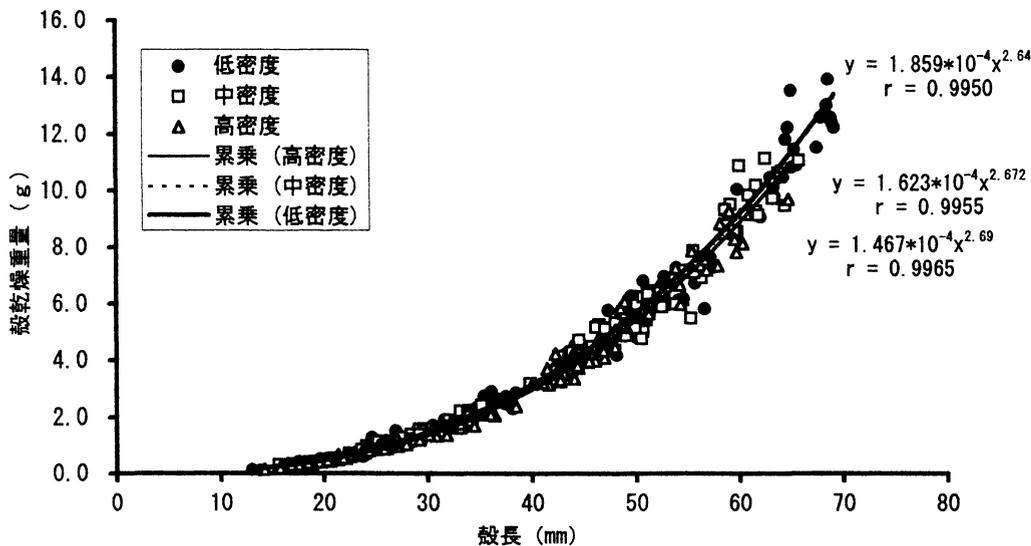


図10 収容密度の違いによる比較試験における殻長と殻乾燥重量の関係

(4) 生化学分析 (タンパク質、核酸) ^{11), 19) -21)}

表12に分析結果を、表13に分析値の検定結果を、図11に全タンパク質量の推移を、図12に殻長と全タンパク質量の関係を、図13にDNA量の推移を、図14にRNA量の推移を、図15にRNA/DNAの推移を、図16に全タンパク質量/DNA量の関係を示した。

全タンパク質量は低密度区、高密度区ともに飼育日数に伴い増加する傾向にあったが、低密度区と高密度区を比較するとすべての調査時において低密度区>高密度区で有意な差が見られた。また、同じ殻長でも低密度区の方が高密度区より全タンパク質量が多い傾向にあった。

細胞数の指標として用いられるDNA量及びタンパク質合成能の指標として用いられるRNA量も、両区とも飼育日数に伴い増加する傾向にあり、10月23日調査時以降に低密度区>高密度区で有意な差が見られた。このことから低密度区の方が高密度区より細胞数が多く、タンパク質合成能が高いものと考えられた。

細胞当たりのタンパク質合成能の指標となるRNA/DNAは飼育日数に伴い両区ともわずかに増加する傾向にあったが、低密度区が高密度区よりも高く、低密度区の方が高密度区よりも細胞当たりのタンパク質合成能が高いものと考えられた。

細胞の大きさの指標となる全タンパク/DNAも低密度区が高密度区よりも高く、低密度区の方が高密度区よりも細胞の大きさが大きいものと考えられた。

以上のことから、低密度区は高密度区に比べて細胞数が多く（組織機能が発達している）、細胞も大きく、タンパク質合成能も高く、さらにタンパク質量も多いことから、生化学的に健全であるものと考えられた。

表12 収容密度の違いによる比較試験分析結果

調査月日	試験区	全タンパク質量 (mg/貝柱)	DNA量 (μ g/貝柱)	RNA量 (μ g/貝柱)	全タンパク/DNA	RNA/DNA
10月1日	低密度区	15.09 \pm 2.67	81.97 \pm 20.24	491.17 \pm 91.23	191.14 \pm 43.81	6.18 \pm 1.27
	高密度区	13.26 \pm 2.97	93.12 \pm 23.34	435.21 \pm 121.76	149.43 \pm 46.41	4.85 \pm 1.53
10月24日	低密度区	34.80 \pm 7.23	252.42 \pm 33.17	1432.15 \pm 318.61	138.66 \pm 25.67	5.70 \pm 1.11
	高密度区	26.49 \pm 3.36	198.06 \pm 30.42	1069.81 \pm 200.16	135.95 \pm 22.16	5.48 \pm 1.13
11月25日	低密度区	99.02 \pm 14.98	519.39 \pm 106.48	3234.67 \pm 518.54	195.86 \pm 35.99	6.43 \pm 1.35
	高密度区	56.64 \pm 15.39	443.63 \pm 135.69	1730.22 \pm 457.38	133.08 \pm 30.01	4.08 \pm 0.96
12月15日	低密度区	117.70 \pm 23.51	645.84 \pm 210.76	4388.02 \pm 620.96	194.96 \pm 58.30	7.34 \pm 2.08
	高密度区	61.78 \pm 17.18	381.37 \pm 105.99	2373.00 \pm 620.75	164.71 \pm 35.10	6.45 \pm 1.64
1月21日	低密度区	202.22 \pm 37.02	1419.20 \pm 336.58	9827.33 \pm 2750.49	146.71 \pm 26.45	7.05 \pm 1.55
	高密度区	104.79 \pm 24.67	800.74 \pm 153.40	4574.99 \pm 1388.62	136.29 \pm 25.07	5.98 \pm 1.61

表13 収容密度の違いによる比較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/DNA
10月1日	*	×	×	*	*
10月23日	*	*	*	×	×
11月25日	*	*	*	*	*
12月15日	*	*	*	×	*
1月21日	*	*	*	*	×

注) * : 低密度区>高密度区で有意な差あり △ : 高密度区>低密度区で有意な差あり × : 有意な差なし

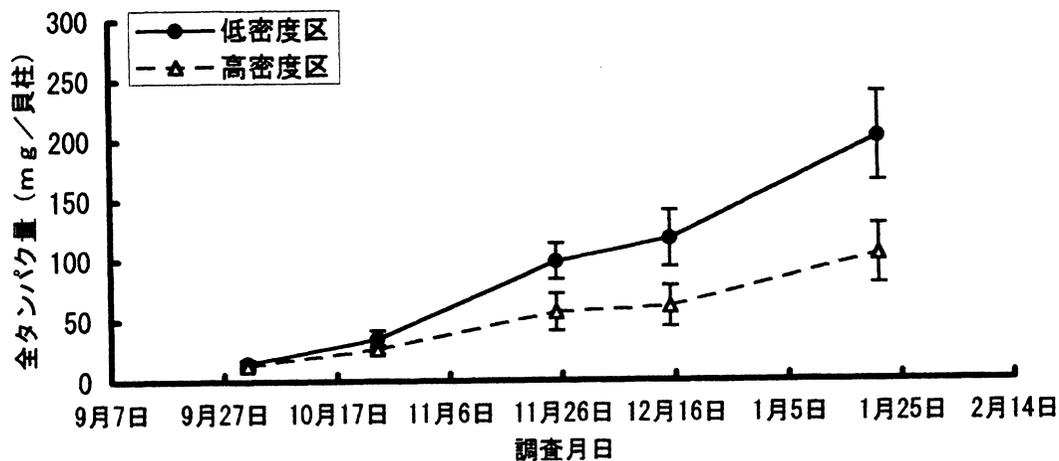


図11 収容密度の違いによる比較試験における貝柱の全タンパク量の推移

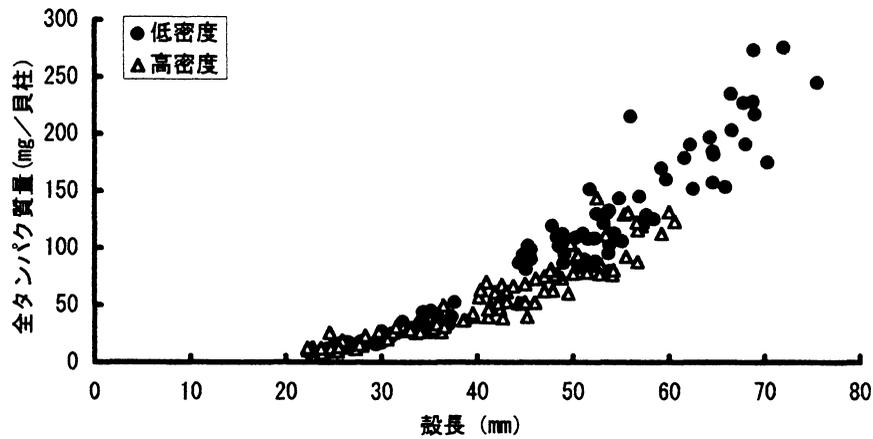


図12 収容密度の違いによる比較試験における殻長と全タンパク質量の関係

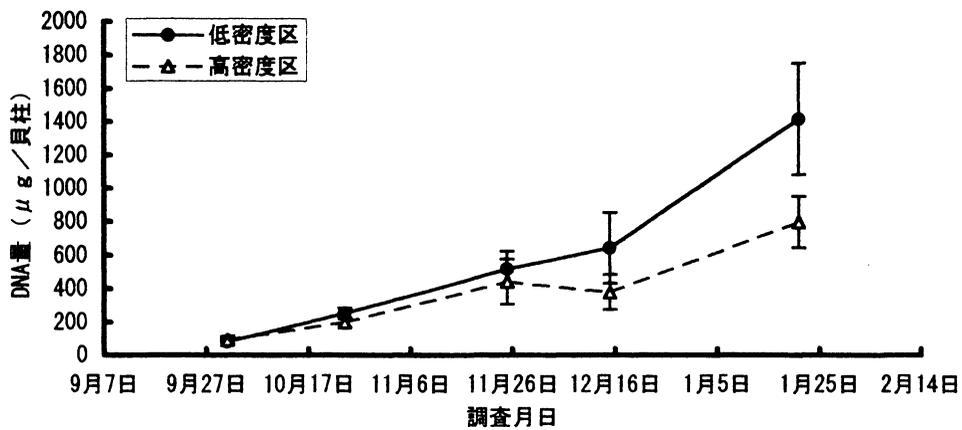


図13 収容密度の違いによる比較試験における貝柱中のDNA量の推移

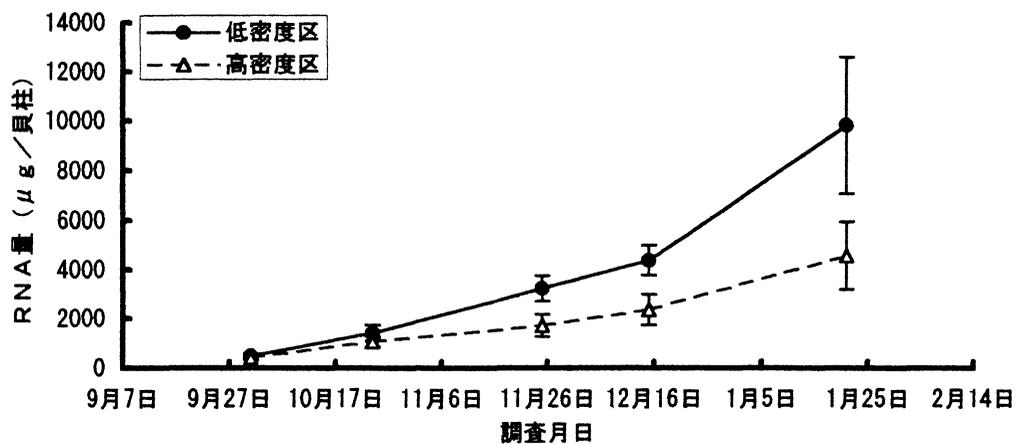


図14 収容密度の違いによる比較試験における貝柱中のRNA量の推移

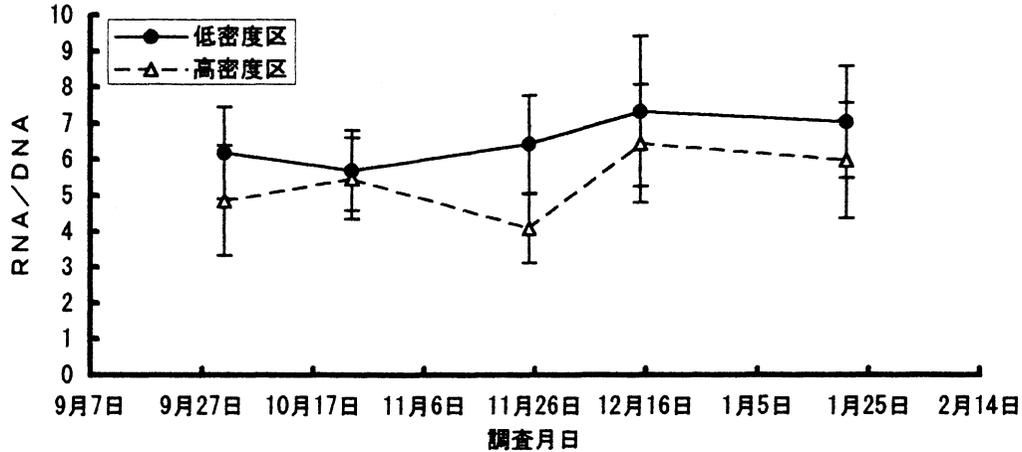


図15 収容密度の違いによる比較試験における貝柱のRNA/DNAの推移

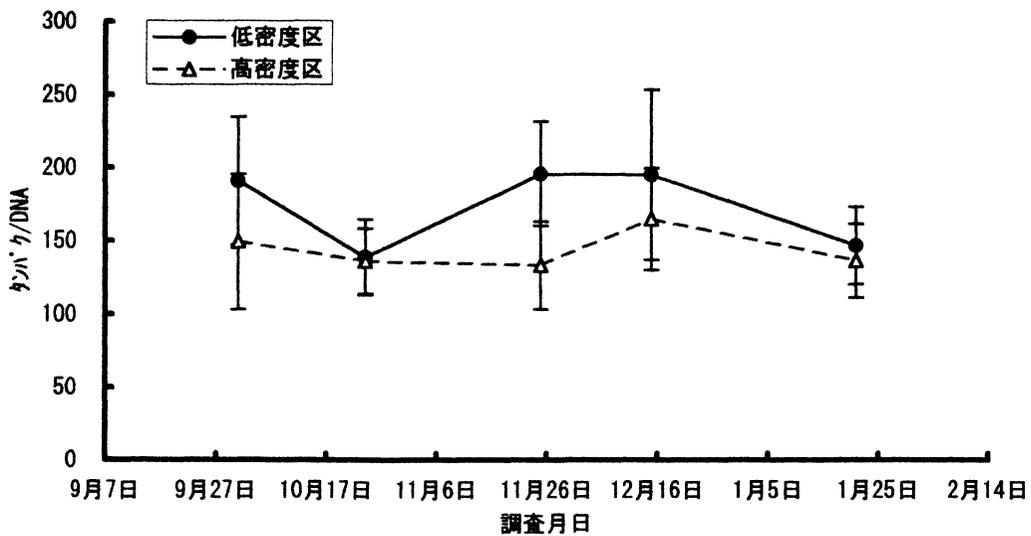


図16 収容密度の違いによる比較試験における全タンパク質量/DNAの推移

(5) 日間成長量及び率

表14に軟体部乾燥重量、殻乾燥重量、貝柱の全タンパク質量の日間成長率及び日間成長量を示したが、11月25日～12月15日の軟体部乾燥重量の日間成長率を除いてすべて低密度区で高密度区を上回っていて、低密度区が高密度区より成長が良いことが確認できた。

時期により、殻と軟体部の成長率を比較するため、殻乾燥重量の成長率と軟体部乾燥重量の成長率の比を求め（数値が1より大きければ殻の成長率が軟体部の成長率を上回り、1より小さければ軟体部の成長率が殻の成長率を上回る）、その結果を図17に示した。8月26日～10月1日の間は殻の成長率が軟体部の成長率を上回った。この時期は水温が高かったため軟体部の成長率が相対的に低かったものと考えられる。10月1日～10月23日の間は、軟体部の成長率が殻の成長率を上回ったが、これは水温が低下して軟体部の成長率が上がったことと、10月7日に分散作業を行ったために貝に衝撃等が加わり殻の成長率が下がったことが考えられた。その後10月23日～12月15日の間は、殻の成長率と軟体部の成長率がほぼ同じに推移したが、12月15日～3月5日の間は軟体部の成長率が殻の成長率を上回った。これは成熟による影響があったものと考えられた。

表14 収容密度の違いによる比較試験における日間成長率等の比較

項目	試験区	8/26~10/1	10/1~10/23	10/23~11/25	11/25~12/15	12/15~1/21	8/26~3/5
軟体日間成長率 (%)	低密度区	2.52	4.14	2.78	0.93	2.12	2.45
	高密度区	1.95	3.67	2.43	1.07	1.71	2.08
乾燥日間成長量 (g/日)	低密度区	0.0016	0.0066	0.0111	0.0062	0.0235	0.0219
	高密度区	0.0011	0.0044	0.0065	0.0047	0.0116	0.0105
殻日間成長率 (%)	低密度区	3.08	3.19	2.64	1.00	1.55	2.06
	高密度区	2.54	2.82	2.61	0.99	1.33	1.78
乾燥殻日間成長量 (g/日)	低密度区	0.0207	0.0515	0.0947	0.0597	0.1379	0.0956
	高密度区	0.0142	0.0333	0.0655	0.0409	0.0785	0.0519
タタキ日間成長率 (%)	低密度区	—	3.63	3.27	0.86	1.46	2.32 *
	高密度区	—	3.01	2.38	0.43	1.43	1.85
パク日間成長量 (mg/日)	低密度区	—	0.86	2.01	0.93	2.28	1.67
	高密度区	—	0.58	0.94	0.26	1.16	0.82

注) *タパクは10/1~1/21 日間成長率 = (LnW2-LnW1)/(t2-t1)*100

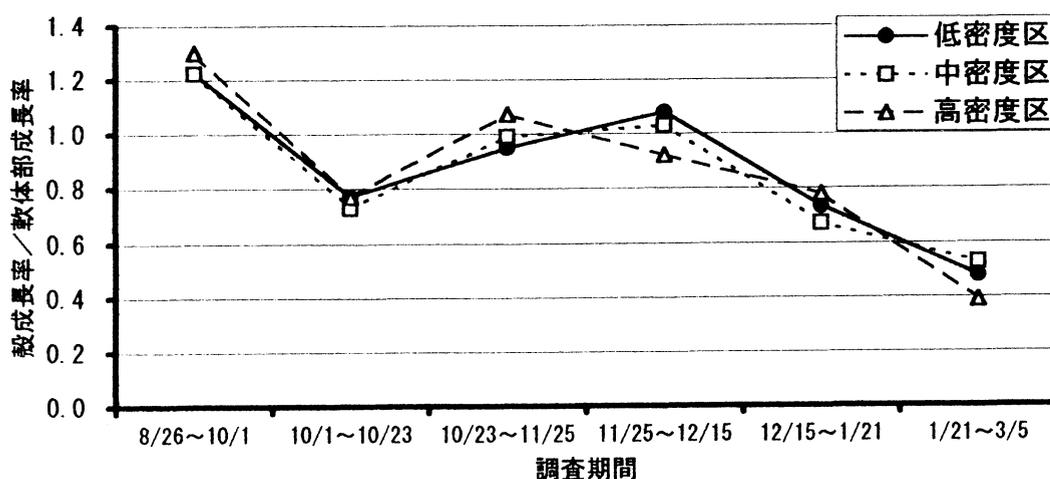


図17 収容密度の違いによる比較試験における殻と軟体部乾燥重量の日間成長率の比の推移

(6) 稚貝の形態

小坂は、ホタテガイの成長に伴う量的形質の解析と把握を行い、殻長と殻幅比の間には相関が無く、貝柱密度 (貝柱重量 ÷ (殻長 × 殻高 × 殻幅)、貝殻の体積に対する貝柱重量の割合) と殻幅比の間には正の相関があり、産業的には貝柱の割合の大きい貝が良い貝ということになるので、殻幅比の大きい貝を選別することにより、出荷時に良い貝を生産できることを報告している²²⁾。本研究においても低密度区 (良い種苗) の殻幅比が高密度区 (悪い種苗) より有意に大きく、生化学分析等の結果と相関があれば、種苗評価基準として使え、現場ではより簡便に良い種苗を選別できる可能性がある。

このため、殻幅比を算出し、図18、表8及び9にその結果を示したが、昨年同様収容密度の違いによる明確な差は確認できなかった。

しかし、表15、図19に示したように、同一個体について殻幅比を比較したところ、10月時点 (分散時) での殻幅比と2月時点 (耳吊りの時期) での殻幅比は正の相関があった (有意水準1%で有意)。1月 (耳吊りの時期) から7月 (早期出荷の時期) まで同様の試験を行った結果でも同様の結果が出ている²³⁾ ことから、殻幅比を用いて分散段階で選別をすることにより、出荷段階で貝柱密度の高い個体を出荷できる可能性が示唆された。

また、これらのことから、殻幅比は収容密度の違いといった環境の影響よりも、個体が持っている遺伝的要因に影響を受けているのではないかと考えられたが、今後も検討する必要があるものと考えられた。

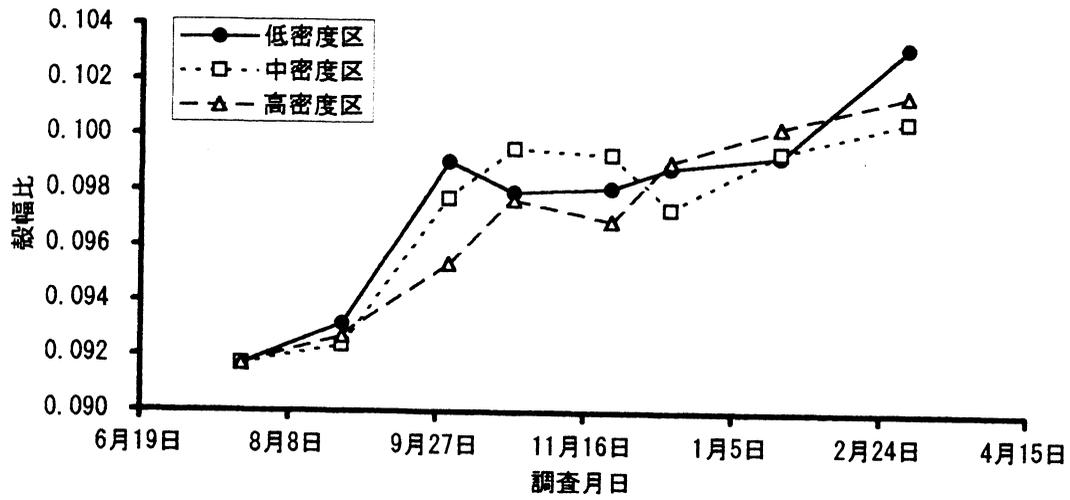


図18 収容密度の違いによる比較試験における殻幅比の推移

図15 同一個体の分散時と耳吊り作業時の形態の比較

項目	試験開始時 (n=150)	試験終了時 (n=54)
調査月日	平成9年10月9日	平成10年2月18日
殻長 (mm)	27.54 ± 2.28	56.25 ± 5.85
殻高 (mm)	28.68 ± 2.21	56.50 ± 5.38
殻幅 (mm)	6.23 ± 0.52	13.14 ± 1.33
全重量 (g)	2.602 ± 0.575	20.631 ± 5.563
軟体部重量 (g)		8.745 ± 2.652
殻幅比	0.0998 ± 0.0049	0.1045 ± 0.0059

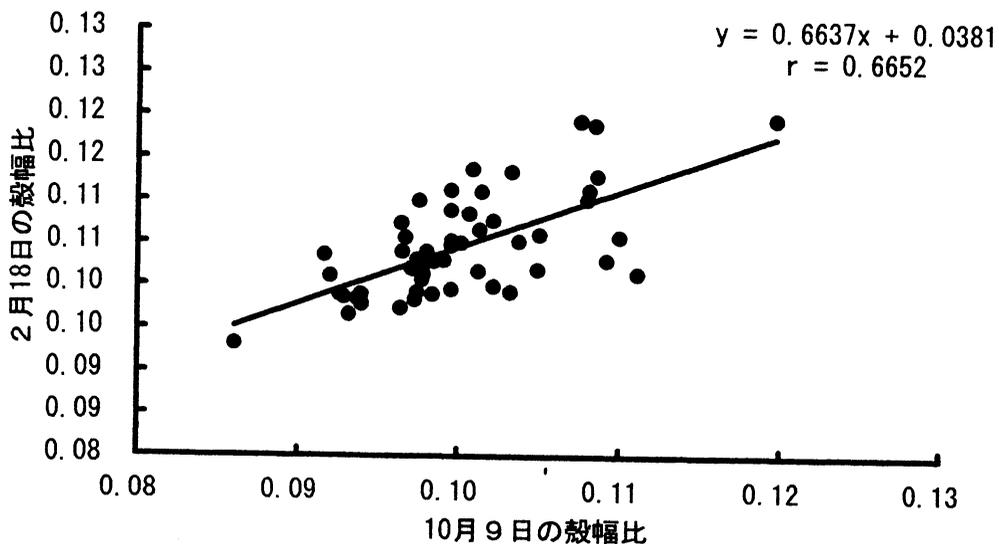


図19 同一個体の10月時点（分散時）と2月時点（耳吊り種苗）の殻幅比の関係

図20に殻長と（殻高／殻長）の関係を示した（1より大きい場合は殻高が殻長より大きいことを、1より小さい場合は殻長が殻高より大きいことを示す）。

稚貝採取後、分散時までは殻高の方が殻長よりも大きく、各試験区ともほぼ一定の割合で差は見られなかったが、その後は同じ殻長でも収容密度の高い区ほど殻長の割合が高くなることがわかった。これは、パールネット内で収容密度が高くなるに従って、貝同士またはパールネットにぶつかりあう確率が高くなるためと考えられ、昨年度の調査でも同様の結果が得られていることから、密殖（貝同士のぶつかり合い）の判定に使えるものと考えられた。

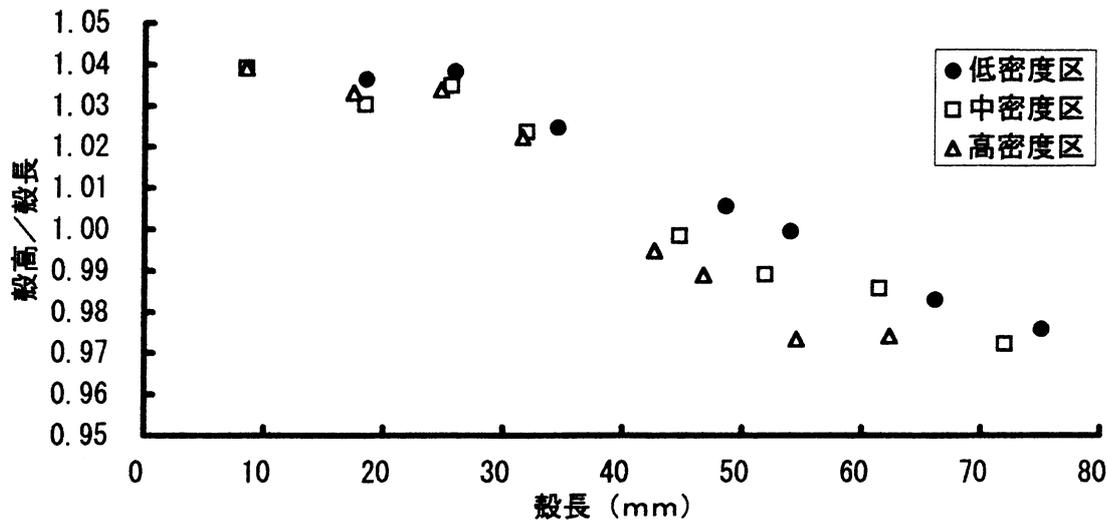


図20 収容密度の違いによる比較試験における殻長と（殻高／殻長）の関係

Ⅲ 飢 餓 試 験

収容密度の違いによる比較試験において、貝に影響を与えている要因は、貝のぶつかり合い、ストレス、餌料環境等が考えられるが、ここでは、餌料環境の極端な差によりどのような影響を与えるかを調べるため、本試験を実施した。

1 材 料 と 方 法

試験に使用した稚貝は「収容密度の違いによる比較試験」における中密度区と同じものを用いたが、これらの稚貝を平成9年12月17日に当センターに運搬し、2.0分目のパールネット3段に1段当たり20個収容して筏に垂下したものを対照区、縦60cm×横37cm×深さ15cmの水槽に60個収容し、3μのフィルターでろ過した海水で飼育したものを飢餓区として試験を開始した。これらの貝は平成9年1月5日までの19日間継続飼育し、試験終了時に殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量、軟体部乾燥重量、殻乾燥重量、全タンパク質、DNA、RNAを測定し（分析方法等は「収容密度の違いによる比較試験」に準じた）、比較を行った。

水温は、休日を除く毎日午前9時に当センター前の防波堤先端で表面航走採水器により採水し、棒状水銀温度計で測定した。

2 結 果 と 考 察

期間を通しての水温は6.5～9.4℃の範囲にあった。

表16 飢餓試験測定結果及び試験終了時の平均値の検定結果 (P<0.05)

試験区	殻長 mm	殻高 mm	殻幅 mm	全重量 g	軟体部重量 g	貝柱重量 g	中腸腺重量 g	軟体部指数 %	貝柱指数 %	中腸腺指数 %
試験開始時	51.87 ±2.86	51.28 ±2.51	11.14 ±1.55	13.359 ±1.971	5.223 ±0.806	1.1675 ±0.183	0.3072 ±0.053	39.15 ±2.58	23.24 ±2.09	6.11 ±0.61
試験終了時 対照区	51.95 ±3.60	51.73 ±3.32	11.31 ±0.83	13.698 ±2.498	5.291 ±1.062	1.3156 ±0.341	0.4197 ±0.110	38.58 ±2.55	24.76 ±2.11	7.91 ±0.82
飢餓区	49.84 ±3.53	49.67 ±3.30	10.84 ±0.82	11.978 ±2.218	4.149 ±0.854	1.0430 ±0.243	0.1724 ±0.044	34.58 ±2.43	24.49 ±2.02	4.07 ±0.72
検定結果	*	*	*	*	*	*	*	*	×	*

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

表17 飢餓試験分析結果及び試験終了時の平均値の検定結果 (P<0.05)

	軟体部乾燥重量 (g)	軟体部水分量 (%)	殻乾燥重量 (g)	全タンパク質量 (mg/貝柱)	DNA (μg/貝柱)	RNA (μg/貝柱)	RNA/DNA
試験開始時	0.6642 ±0.098	87.62 ±0.43	6.1769 ±0.907	85.24 ±16.83	517.52 ±116.04	3152.33 ±636.52	6.26 ±1.65
試験終了時 対照区	0.7184 ±0.121	86.06 ±0.75	6.2296 ±1.032	99.82 ±21.58	733.83 ±304.31	3789.62 ±887.38	5.64 ±1.52
飢餓区	0.4838 ±0.102	87.76 ±0.79	5.2486 ±1.040	77.53 ±16.54	548.92 ±142.71	2141.50 ±569.49	4.00 ±0.88
検定結果	*	Δ	*	*	*	*	*

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

注) 分析部位 : 貝柱

試験終了時の生残率は、対照区が90.2%、飢餓区が100%、異常貝出現率は対照区が0%、飢餓区が1.5%であり、対照区の生残率が飢餓区よりも低かった。これは時化により対照区を垂下した筏が動揺した影響と考えられた。

表16に殻長等の測定結果及び試験終了時の平均値の検定結果を、表17に核酸等の分析結果及び試験終了時の平均値の検定結果を示した。

試験終了時の測定・分析結果を比較してみると、殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量、軟体部指数、中腸腺指数、軟体部乾燥重量、殻乾燥重量、全タンパク質量、DNA量、RNA量、RNA/DNAは対照区の方が飢餓区に比べて有意に大きく、軟体部水分量は飢餓区の方が対照区に比べて有意に大きい結果であった。

しかし、試験開始時の殻長よりも試験終了時の飢餓区の殻長が小さくなっており、殻長が小さくなることは考えられないことから、試験開始時のサンプリングに誤差があったものと考えられた。このため、対照区と飢餓区の殻長と各測定・分析値等の関係（図21～図34）を比較してみたが、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量、全タンパク質量、RNA量、軟体部指数、中腸腺指数、RNA/DNAが同じ殻長でも対照区が飢餓区より大きな値であり、特に軟体部乾燥重量、中腸腺重量、RNA量、中腸腺指数、RNA/DNAで大きな差が見られた。飢餓区ではRNA量やRNA/DNAが小さいことから体内のエネルギーが成長に回らないことを、軟体部乾燥重量、中腸腺重量、中腸腺指数が小さいことから体内貯蔵物質を消費していること（供給がない）を示しており、個体維持のためだけにエネルギーを使っているものと考えられた。

また、軟体部水分量はこれとは逆に同じ殻長でも飢餓区の方が対照区よりも明らかに高い値を示したが、体内のエネルギー物質の大半を個体維持のため消費したために相対的に水分の割合が高くなった（一般的に脂質と水分は置き換わることが知られている⁷⁾）ものと考えられた。

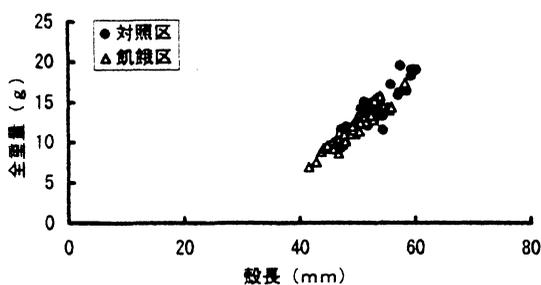


図21 飢餓試験における殻長と全重量の関係

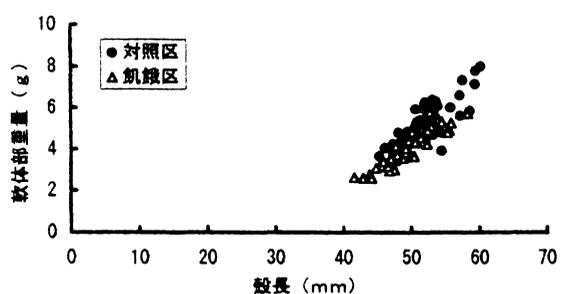


図22 飢餓試験における殻長と軟体部重量の関係

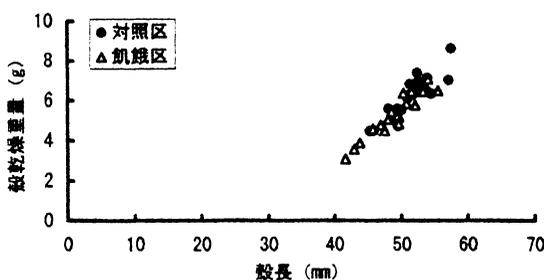


図23 飢餓試験における殻長と殻乾燥重量の関係

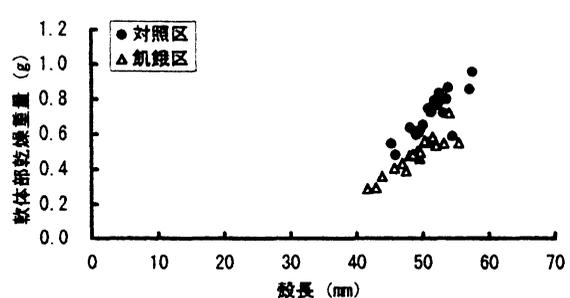


図24 飢餓試験における殻長と軟体部乾燥重量の関係

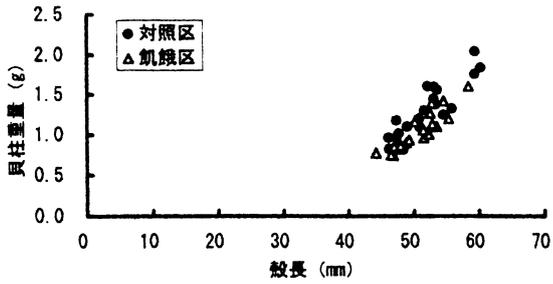


図25 飢餓試験における殻長と貝柱重量の関係

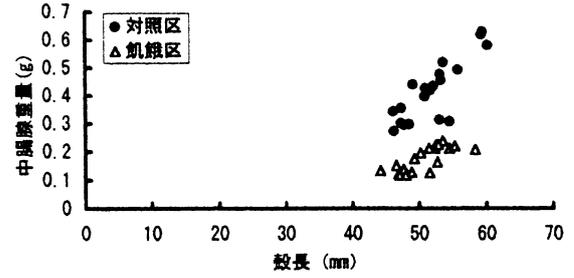


図26 飢餓試験における殻長と中腸腺重量の関係

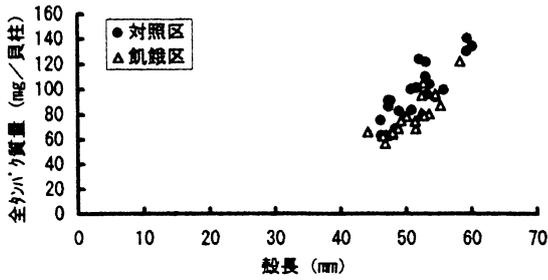


図27 飢餓試験における殻長と貝柱全タンパク質量の関係

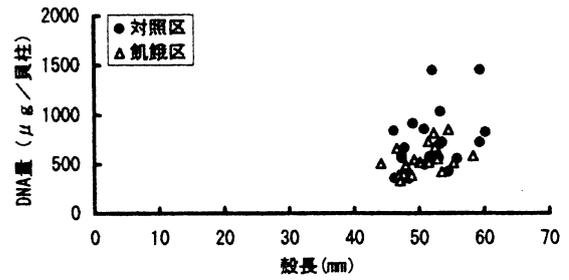


図28 飢餓試験における殻長とDNA量の関係

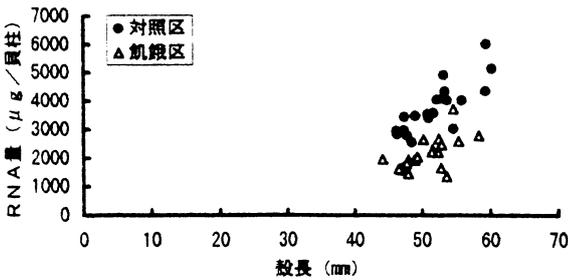


図29 飢餓試験における殻長とRNA量の関係

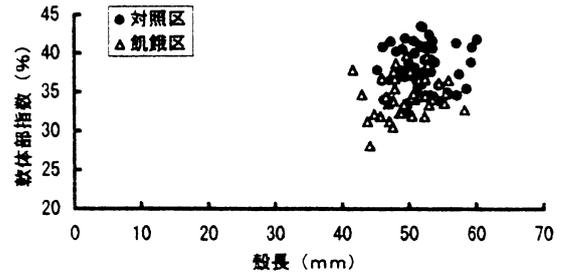


図30 飢餓試験における殻長と軟体部指数の関係

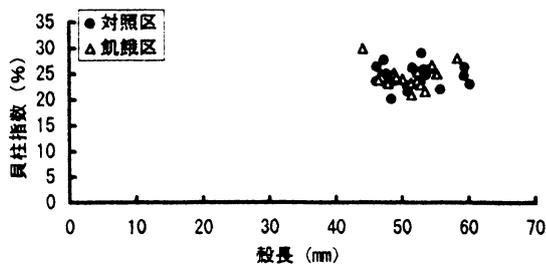


図31 飢餓試験における殻長と貝柱指数の関係

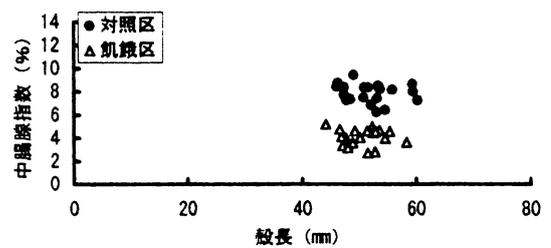


図32 飢餓試験における殻長と中腸腺指数の関係

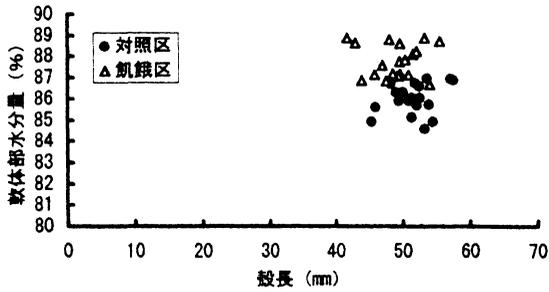


図33 飢餓試験における殻長と軟体部水分量の関係

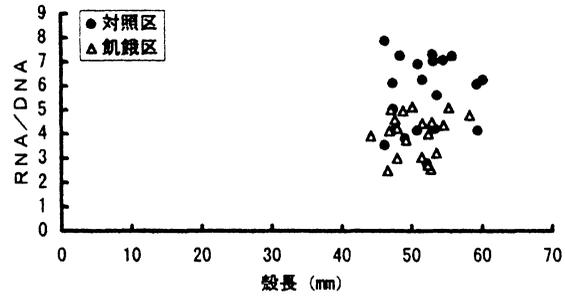


図34 飢餓試験における殻長とRNA/DNAの関係

Ⅳ 後期群採苗試験

陸奥湾では採苗器投入適期を200 μ m以上の浮遊幼生を占める割合が50%を越した時期としているため、採苗器投入以降の付着期間が長く、付着時期の異なる稚貝が混在する。このため、稚貝採取時に大きな稚貝は、付着後の経過日数が長いのために大きいのか、成長が良いために大きいのかはわからない。

しかし、後期に採苗器を投入した場合、付着期間の異なる稚貝が混在する割合が低くなるために稚貝採取時に大きな稚貝は付着後の経過日数が長いだけでなく、成長が良いため大きい（遺伝的に成長が良い）可能性が高くなる。

このため、付着後期に投入した採苗器から、大きな稚貝と小さな稚貝を選別し、飼育を継続して種々の比較を行った。

1 材料と方法

平成9年5月21日に投入した採苗器から、平成9年7月29日に稚貝採取を行い、2.3分の篩で止まったものを大型区、2.3分から落ちて、さらに2.0分からも落ち、1.5分で止まったものを小型区とし、1.5分目のパールネットに1段当たり50個収容して久栗坂実験漁場で飼育した。これらの貝は、10月7日にパールネット1段当たり15個収容して平成10年5月20日まで飼育を継続した。

サンプリングは、7月29日、10月7日、12月9日、5月20日に行い、殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量、軟体部乾燥重量、全タンパク質量、DNA量、RNA量を測定し（分析方法等は収容密度の違いによる比較試験に準じた）、比較を行った。

なお、浮遊幼生の出現状況は「平成9年度ホタテガイ天然採苗予報調査」⁹⁾として調査を行った。

2 結果と考察

図35に久栗坂実験漁場におけるホタテガイ浮遊幼生の出現状況を示した。付着直前の260 μ m以上の個体は平成9年3月4日調査時から確認され（13個/トン）、平成9年4月30日調査時に501個/トンでピークを向かえた後徐々に減少し、平成9年6月16日調査時に25個/トンとなった後は確認されなくなった。3月13日調査時から6月16日までの260 μ m以上の個体の積算値は1,809個/トンで、採苗器を投入した5月21日以降の積算値は64個/トンと調査期間を通しての積算値の3.5%であった。

12月9日調査時の生残率は、大型区が98.6%、小型区が95.8%、翌年の5月20日調査時の生残率は両区とも100%と良好な値であった。また、異常貝はいずれの調査時にも確認されなかった。

表18に殻長等の測定結果とこれらから求めた軟体部指数等の値を、表19にこれらの平均値の検定結果を、図36に殻長の推移を、表20に分析結果と平均値の検定結果を示した。

殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量、軟体部乾燥重量、全タンパク質

量、DNA量、RNA量は、いずれの調査時も大型区の方が小型区に比べて有意に大きい結果であり、軟体部指数、RNA/DNAも大きい傾向にあった。しかし、貝柱指数、中腸腺指数、軟体部水分量は一定の傾向が見られなかった。

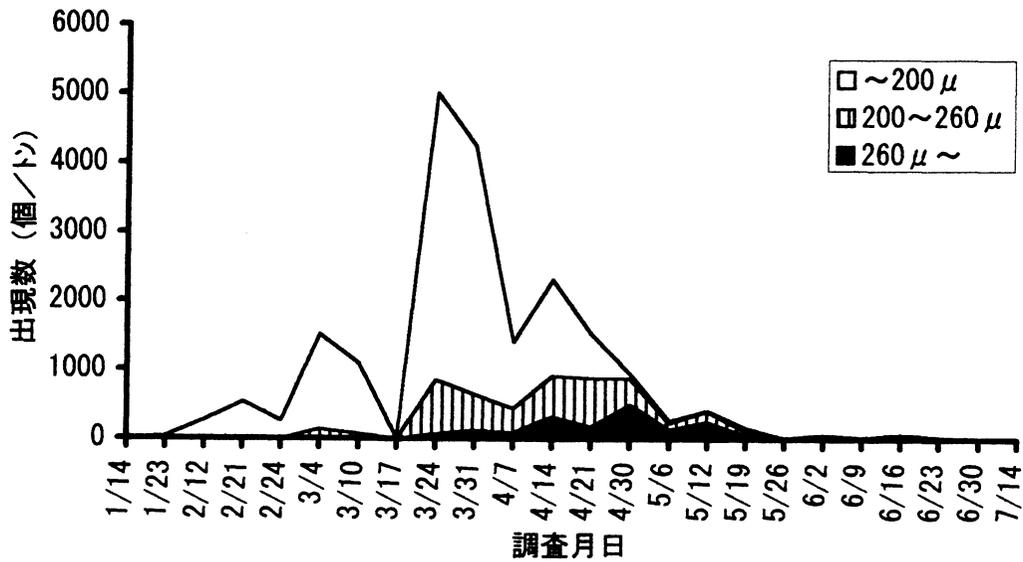


図35 ホタテガイラーバの出現状況 (久栗坂)

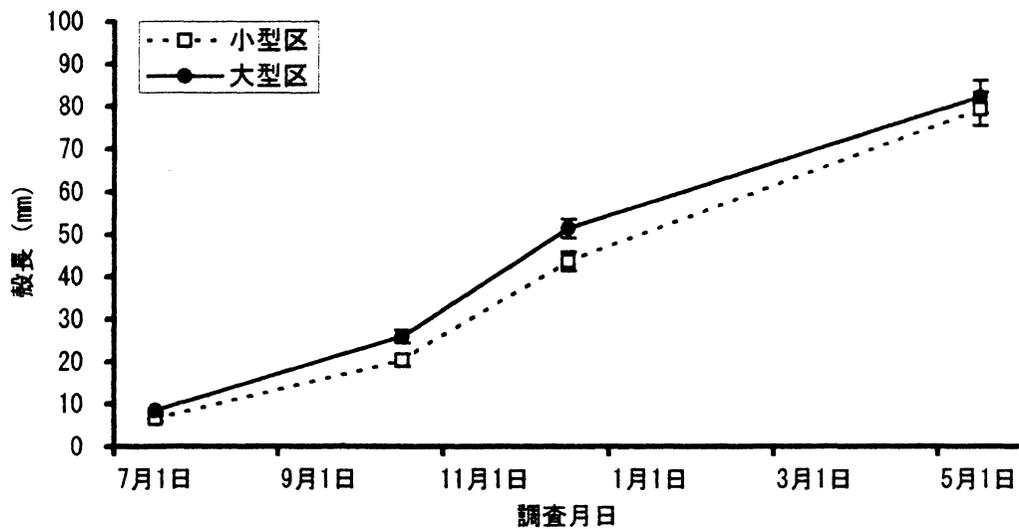


図36 後期群採苗試験における殻長の推移

表18 後期群採苗試験測定結果

調査月日	試験区	殻長 mm	殻高 mm	殻幅 mm	全重量 g	軟体部重量 g	貝柱重量 g	中腸腺重量 g	殻幅比	殻高/殻長	軟体部指数 %	貝柱指数 %	中腸腺指数 %
7月29日	大型区	8.51 ±0.54	8.81 ±0.58	1.73 ±0.15	0.054	—	—	—	0.0956 ±0.0054	1.0351 ±0.0215	—	—	—
	小型区	6.65 ±0.62	6.89 ±0.67	1.45 ±0.14	0.029	—	—	—	0.0972 ±0.0051	1.0349 ±0.0198	—	—	—
10月7日	大型区	25.98 ±1.52	27.21 ±1.25	5.73 ±0.34	2.066 ±0.299	0.655 ±0.110	0.1386 ±0.0284	0.0687 ±0.0105	0.0974 ±0.0043	1.0485 ±0.0281	31.68 ±2.76	21.14 ±2.02	10.60 ±1.26
	小型区	20.37 ±1.52	21.58 ±1.49	4.66 ±0.33	1.069 ±0.195	0.330 ±0.069	0.0685 ±0.0206	0.0328 ±0.0079	0.1001 ±0.0055	1.0601 ±0.0191	30.85 ±2.95	20.52 ±2.91	10.00 ±1.50
12月9日	大型区	51.55 ±2.21	51.22 ±2.14	10.86 ±0.61	12.804 ±1.425	4.982 ±0.653	1.1751 ±0.1860	0.3849 ±0.0677	0.0956 ±0.0046	0.9939 ±0.0221	38.91 ±2.61	23.28 ±1.95	7.63 ±0.90
	小型区	43.85 ±2.26	44.14 ±2.43	9.47 ±0.68	8.214 ±1.150	3.084 ±0.502	0.7367 ±0.1317	0.2539 ±0.0336	0.0972 ±0.0051	1.0066 ±0.0190	37.53 ±2.97	23.65 ±2.42	8.24 ±1.19
5月20日	大型区	82.41 ±3.89	79.58 ±3.88	19.03 ±1.05	58.258 ±6.613	24.694 ±3.289	8.5994 ±1.2337	1.8792 ±0.2767	0.1052 ±0.0056	0.9659 ±0.0245	42.35 ±2.31	34.62 ±2.57	7.57 ±0.67
	小型区	79.60 ±3.91	77.49 ±3.94	18.55 ±1.08	54.014 ±7.088	21.958 ±3.227	7.4026 ±0.9847	1.4748 ±0.1721	0.1057 ±0.0050	0.9737 ±0.0254	40.64 ±2.52	36.28 ±2.60	7.25 ±0.63

表19 後期群採苗試験における大型区と小型区の測定値の検定結果 (P<0.05)

調査月日	殻長	殻高	殻幅	全重量	軟体部重量	貝柱重量	中腸腺重量	殻幅比	殻高/殻長	軟体部指数	貝柱指数	中腸腺指数
7月29日	*	*	*	—	—	—	—	×	△	—	—	—
10月7日	*	*	*	*	*	*	*	△	△	×	×	×
12月9日	*	*	*	*	*	*	*	△	△	*	×	×
5月20日	*	*	*	*	*	*	*	×	×	*	△	×

注) * : 大型区>小型区で有意な差あり △ : 小型区>大型区で有意な差あり × : 有意な差なし

表20 後期群採苗試験分析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 (%)	全タンパク質量 (mg/貝柱)	DNA (μg/貝柱)	RNA (μg/貝柱)	RNA/DNA
10月7日	大型区	0.0871 ±0.0120	86.23 ±0.85	10.88 ±1.32	141.27 ±30.34	470.43 ±93.59	3.43 ±0.80
	小型区	0.0451 ±0.0074	86.14 ±1.03	6.56 ±1.52	93.77 ±28.81	233.40 ±73.93	2.49 ±0.25
	検定結果	*	×	*	*	*	*
12月9日	大型区	0.6371 ±0.0703	86.81 ±0.67	80.42 ±11.88	820.59 ±253.40	3490.85 ±490.29	4.61 ±1.43
	小型区	0.4229 ±0.0695	86.67 ±0.67	53.31 ±7.80	633.05 ±147.00	2422.74 ±390.90	3.94 ±0.71
	検定結果	*	×	*	*	*	×

注) * : 大型区>小型区で有意な差あり △ : 小型区>大型区で有意な差あり × : 有意な差なし

V 種苗性評価基準に関する考察

同じ種苗を用いて収容密度の違いという環境条件の違いで比較した「収容密度の違いによる比較試験」、同じく環境条件の餌料の有無で比較した「飢餓試験」、そして環境条件を同じにして試験開始時の種苗の大きさの差（遺伝的要因）で比較した「後期群採苗試験」の3つの試験結果から、種苗評価基準について考察してみることにした。

「収容密度の違いによる比較試験」では低密度区を良い種苗、高密度区を悪い種苗と、「飢餓試験」では対照区を良い種苗、飢餓区を悪い種苗と、「後期群採苗試験」では大型群を良い種苗、小型群を悪い種苗と仮定し、比較試験を実施したが、いずれの試験でも試験期間中は実測した殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量、軟体部乾燥重量、殻乾燥重量、全タンパク質量、DNA量、RNA量とも良い種苗が悪い種苗より有意に大きく（成長が良く）、仮説が間違っていないものと考えられた。

しかし、これらの実測値の比である軟体部指数、貝柱指数、中腸腺指数、軟体部水分量、軟体部乾燥指数、RNA/DNAはすべての試験で良い種苗が悪い種苗を上回っていたわけではなく、「収容密度の違いによる比較試験」では成熟期以前の貝柱指数、軟体部水分量、軟体部乾燥指数、RNA/DNAが、「飢餓試験」では軟体部指数、中腸腺指数、軟体部水分量、RNA/DNAが（軟体部乾燥指数は調査せず）、「後期群採苗試験」では軟体部指数、RNA/DNAが（軟体部乾燥指数は調査せず）上回る傾向にあった。

貝のぶつかり合い、ストレス、餌料環境の差の影響が考えられる「収容密度の違いによる比較試験」では、低密度区と高密度区の間には軟体部指数、中腸腺指数は有意な差が見られなかったが、純粋に餌料環境の極端な差を比較した「飢餓試験」では対照区と飢餓区ではこれらに有意な差が見られたことから、軟体部指数、中腸腺指数は餌料環境の指標となるものと考えられた。また、「収容密度の違いによる比較試験」における分散時点でのパールネット1段当たり収容数が10個（低密度区）と40個（高密度区）の差は餌料環境にさほど影響を及ぼすものではなく、この試験で影響を及ぼした主な要因は、貝のぶつかり合いやストレスであったと考えられた。

環境条件を同一とし、違う種苗を用いた「後期群採苗試験」では軟体部水分量は有意な差が見られなかったが、環境条件の違いがある「収容密度の違いによる比較試験」や「飢餓試験」では有意な差が見られたことから、軟体部水分量は貝のぶつかり合い、ストレス、餌料環境の差といった環境条件の指標となるものと考えられた。

タンパク質の合成能の指標となるRNA/DNAは、いずれの試験でも良い種苗が悪い種苗に対して高い傾向を示し、種苗の評価基準となるものと考えられたが、今後はどの程度の環境条件等の差によって差が見られるのかをタンパク質の代謝を含めて検討する必要があるものと考えられた。

貝殻の形態については、殻幅比を用いて稚貝分散時に選別を行うことの有効性が示唆され、殻高/殻長は収容密度の指標となるものと考えられたが、今後も引き続き検討する必要があると考えられた。

参 考 文 献

- 1) 中野広 (1996): 種苗性強化技術開発の背景について, 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, PP1-3.
- 2) 中野広 (1989): 種苗の質とその評価法①. 養殖, 26 (6), 109-111.
- 3) 中野広 (1989): 種苗の質とその評価法②. 養殖, 26 (7), 138-141.
- 4) 中野広 (1989): 種苗の質とその評価法③. 養殖, 26 (8), 70-74.
- 5) 中野広 (1989): 種苗の質とその評価法④. 養殖, 26 (9), 116-120.
- 6) 中野広 (1989): 種苗の質とその評価法⑤. 養殖, 26 (10), 82-84.
- 7) 中野広 (1989): 種苗の質とその評価法⑥. 養殖, 26 (11), 92-96.
- 8) 中野広 (1989): 種苗の質とその評価法⑦. 養殖, 26 (12), 80-83.
- 9) 工藤敏博ほか (1999): 平成9年度ホタテガイ天然採苗予報調査. 青水増事業報告, 28, 79-116.
- 10) 工藤敏博ほか (1998): ホタテガイ種苗の種苗性評価及び改善に関する研究. 青水増事業報告, 27, 210-228.
- 11) 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.
- 12) 横山勝幸 (1977): ホタテガイ養殖調査事業—ホタテガイ健苗育成試験—. 青水増事業概要, 8, 92-99.
- 13) 青山禎夫ほか (1982): ホタテガイ種苗性の確立に関する研究 (中間報告). 青水増事業概要, 11, 124-125.
- 14) 青山禎夫ほか (1984): ホタテガイ種苗性の確立に関する研究, 青水増事業報告, 13, 144-152.
- 15) 榊昌文ほか (1989): 低密度収容によるホタテガイ養殖試験. 青水増事業報告, 18, 115-122.
- 16) 工藤敏博ほか (1996): ホタテガイ養殖管理工程の改善に関する研究 (平成5~7年度報告書). 青森県・北海道, PP6-53.
- 17) 小坂善信ほか (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.
- 18) 小倉大二郎ほか (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.
- 19) 中野広 (1996): 種苗性判定手法の開発, 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, PP15-23.
- 20) 中野広 (1993): 増養殖研究における生化学的手法の利用. 日本海ブロック試験研究集録, 27, 115-119.
- 21) 中野広 (1991): 魚類行動の生化学的背景. 漁業資源研究会議録, 27, 31-44
- 22) 小坂善信 (1997): 陸奥湾におけるホタテガイ養殖に関する遺伝学的研究. 青水増研報, 8, 15-42.
- 23) 小坂善信ほか (1998): 高品質ホタテガイの安定生産技術開発研究—I. 青水増事業報告, 27, 175-184.