

ホタテガイ優良品種作出試験－Ⅰ

小坂 善信・田中 俊輔・永峰 文洋・相坂 幸二・鹿内 満春

Ⅰ. 室内飼育試験

1. 目的

近年、ホタテガイの生産量は採苗技術及び養殖技術の発達により目覚ましい発展を遂げている。しかし、今後より効率的な生産及び質的改善を行うためには、優良な品種を作り出す必要がある。天然貝の混入を防いで目的の品種及び系統の種苗を得るためには室内での人工採苗によらなければならない。また、品種改良のための素材を他地区から導入するには防疫及び貝毒の観点から、室内でホタテガイを隔離して飼育する技術が必要とされる。さらには、目的の品種及び系統の母貝から確実にF₁を得るとともに計画的な交配実験を行うためには産卵制御の技術が必要とされる。

ホタテガイの種苗生産に関する研究は昭和43年から当センターにおいて実施されたが、その後天然採苗により種苗が必要量確保されるようになったので、これまで室内でのホタテガイの飼育に関する研究は断絶していた。一部、カナダ¹⁾において日本のホタテガイの種苗生産に関する研究が行われているが、室内での飼育は浮遊幼生の段階だけである。

このため、本研究ではホタテガイを室内で隔離して飼育するための基礎的データを得るとともに室内での産卵制御の方法について検討した。

2. 材料及び方法

(1) 稚貝の餌料捕捉率

今回の試験では1mm稚貝及び9mm稚貝の捕捉率を調べた。1mm稚貝は川内沖においてホタテガイ採苗器に付着していたホタテガイ稚貝を平成4年6月21日に採取したものを供試貝（平均殻長 1.34 ± 0.17 mm）として用いた。2ℓガラスビーカーに餌料（*Pavlova lutheri*）の濃度が5,000 cells/㎖から40,000 cells/㎖になるように調整し、その中に稚貝1,000個体ずつ収容して、水温を11℃、16℃に保ち軽く通気しながら暗条件下で飼育した。捕捉率を算出するために、Coulter Counter（industrial D）を用いて30分後、1時間後、2時間後、4時間後にビーカー内の残餌量を測定した。9mm稚貝は青森市久栗坂沖においてホタテガイ採苗器に付着していたホタテガイ稚貝を平成4年8月10日に採取したものを供試貝（平均殻長 9.0 ± 0.56 mm）として用いた。27ℓ水槽に餌料（*Pavlova lutheri*）の濃度が10,000 cells/㎖から30,000 cells/㎖になるように調整し、その中に9mm稚貝を30個体ずつ収容して、水温を12℃、16℃に保ち軽く通気しながら暗条件下で飼育した。捕捉率を算出するために、Coulter Counter（industrial D）を用いて1時間から2時間ごとに10時間、水槽内の残餌量を測定した。なお、1mm稚貝、9mm稚貝ともに、試験開始前日は1mmフィルターでろ過した海水で飼育し、絶食状態にした。

また、捕捉率は次の式に従って算出した。

$$F = \frac{V}{t \cdot d} (\ln C_{\text{cont.}} - \ln C_{\text{exp.}})$$

F：単位時間・1個体当りの捕捉率

V：実験用いた溶液の体積

t : 実験時間

d : 個体数

Ccont. : 実験開始時の餌料濃度

Cexp. : 測定時の餌料濃度

(2) 1mm稚貝における餌料濃度別の成長

供試貝には青森市久栗坂沖においてホタテガイ採苗器に付着していたホタテガイ稚貝を平成4年6月7日に採取したものをを用いた。稚貝のサイズを揃えるため、採苗器からふり落とされた稚貝は1.5mmのフルイで大きい稚貝を取り除き、さらに1mmのフルイを通して、1mmのフルイに残った稚貝（平均殻長 $1.49 \pm 0.14\text{mm}$ ）を使用した。得られた稚貝は2ℓガラスビーカーに1,000個体ずつ収容し、餌料（*Pavlova lutheri*）の濃度が5,000cells/ℓから40,000cells/ℓになるように調整して、午前9時、午後6時に1日2回投与した。飼育期間中は1μmのフィルターでろ過した海水を使用して毎日飼育水を全換水し、水温は11℃、16℃、20℃に保ち、暗条件下で軽く通気しながら10日間飼育した。成長を比較するため実験開始時と終了時に各試験区の稚貝の殻長を200個体ずつ測定した。

(3) 1mm稚貝における投餌回数別の成長

供試貝は川内沖においてホタテガイ採苗器に付着していたホタテガイ稚貝を平成4年6月21日に採取したものをを用いた。採苗器からふり落とされた稚貝は1.5mmのフルイで大きい稚貝を取り除き、さらに1mmのフルイを通して、1mmのフルイに残った稚貝（平均殻長 $1.34 \pm 0.17\text{mm}$ ）を使用した。得られた稚貝は2ℓガラスビーカーに1,000個体及び2,000個体ずつ収容し、餌料（*Pavlova lutheri*）の濃度が10,000cells/ℓから60,000cells/ℓになるように調整して、朝9時、午後1時、午後5時に1日2～3回投与した。飼育期間中は1μmのフィルターでろ過した海水を使用して毎日飼育水を全換水し、水温は16℃に保ち、暗条件下で軽く通気しながら10日間飼育した。成長を比較するため実験開始時と終了時に各試験区の稚貝の殻長を200個体ずつ測定した。さらに、毎日朝9時における各試験区の残餌量をCoulter Counter（industrial D）で測定した。

(4) 9mm稚貝における水温別の成長

供試貝には青森市久栗坂沖においてホタテガイ採苗器に付着していたホタテガイ稚貝を平成4年8月17日に採取したものをを用いた。採取した稚貝（平均殻長 $9.04 \pm 50\text{mm}$ ）は、27ℓ水槽に30個体ずつ収容し、その中に1μmのフィルターでろ過した海水を20ℓ入れて飼育した。餌料（*Pavlova lutheri*）は餌料濃度が30,000cells/ℓ及び40,000cells/ℓになるように調整して、午前9時と午後6時に1日2回投与した。飼育期間中は1μmのフィルターでろ過した海水を使用して毎日飼育水を全換水した。飼育水温は16℃、18℃、20℃に保ち、暗条件下で軽く通気しながら10日間飼育した。成長を比較するため実験開始時と終了時に各試験区の稚貝の殻長を測定した。

(5) 9mm稚貝における餌料別の成長

Zhou²⁾ は Bay scallop の母貝飼育には粉末の *Spirulina* が有効であると報告していたので、今回の試験では稚貝の飼育における粉末の *Spirulina* の有効性を検討した。供試貝には青森市久栗坂沖においてホタテガイ採苗器に付着していたホタテガイ稚貝を平成4年9月2日に採取したものをを用いた。採取した稚貝（平均殻長 $9.21 \pm 0.53\text{mm}$ ）は27ℓ水槽に30個体ずつ収容し、その中に1μmのフィルターでろ過した海水を20ℓ入れて飼育した。粉末 *Spirulina*（大日本インキ化学工

業製)の餌料としての有効性を比較するために、*Pavlova lutheri*と粉末Spirulina投与区及びその混合した区における成長量を比較した。実験開始前に*Pavlova lutheri*とSpirulinaの平均粒径をCoulter Multisizerで測定して、水槽内の餌料濃度が*Pavlova lutheri*で40,000cells/㎖になるように、粉末Spirulinaは*Pavlova lutheri*と同等の体積比になるように餌料濃度を調整して1日2回投与した。飼育期間中は1μmのフィルターでろ過した海水を使用して毎日飼育水を全換水した。飼育水温は16℃に保ち、暗条件下で軽く通気しながら10日間飼育した。成長を比較するため実験開始時と終了時に各試験区の稚貝の殻長を測定した。

(6) ホタテガイ母貝の餌料捕捉量

供試貝には青森市久栗坂沖において丸籠で飼育された平成3年産陸奥湾産ホタテガイの1令貝(平均殻長約10cm)を用いた。飼育装置はFig.1に示したが、供試貝を27ℓ水槽に5個ずつ収容し、収容する前には供試貝が水槽壁面に衝突して損傷しないように、供試貝の右殻には鉛の重りをアロンアルファで接着した。飼育水槽内の水温は6℃、9℃に保ち、軽く通気を行った。水槽内は暗条件とするために、水槽には蓋をした。餌料は*Pavlova lutheri*と*Chaetoceros gracilis*を混合し、餌濃度が $4 \sim 13 \times 10^4$ cells/㎖となるように、1μmのフィルターでろ過した海水を加えて餌料濃度を調整して与えた。捕捉量を求めるためには、排水の餌料濃度が安定してから1時間ごとに注水と排水の餌料濃度をCoulter Counter (industrial D)で測定して、4回の測定値の平均値を求めた。

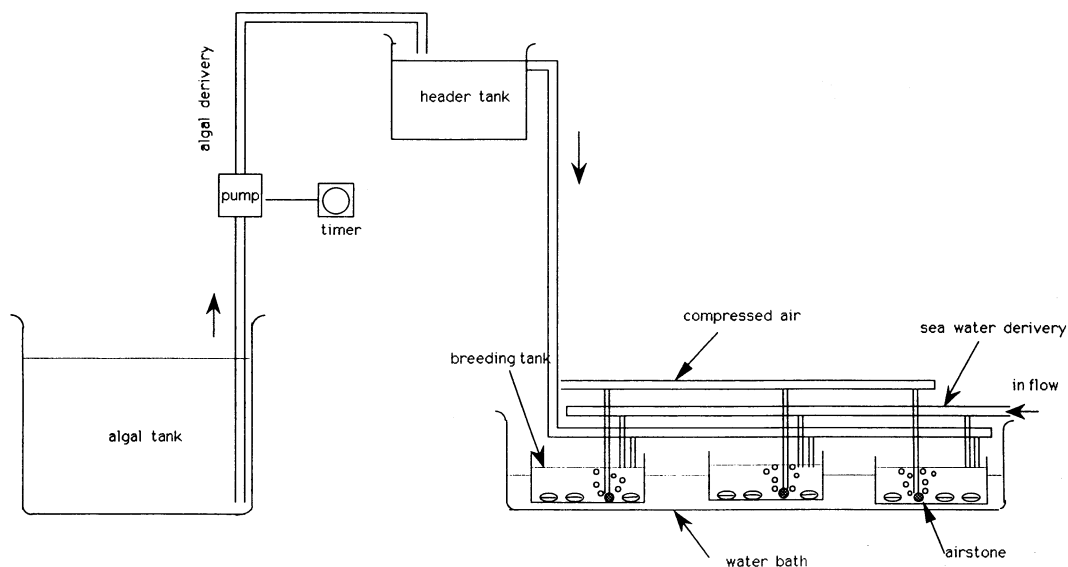


Fig.1 Diagram of breeding system for adult scallops

(7) 室内飼育によるホタテガイの成熟促進

供試貝は前述の実験と同様の貝を用い、飼育方法も前述と同様な方法で行った。餌料は *Pavlova lutheri* と *Chaetoceros gracilis* を混合した餌料を餌料濃度 0 cells/ml、 $4 \sim 5 \times 10^4$ cells/ml、 $8 \sim 9 \times 10^4$ cells/ml に調整し、毎分 200 ml 与えた。水槽内の水温は 6℃、9℃ に保ち、1992 年 11 月 19 日から翌年 2 月 1 日まで飼育した。なお、水質の悪化を防ぐため、排泄物は定期的に取り去った。産卵誘発は、15℃ の紫外線殺菌海水に飼育貝を浸漬し、1 月 18 日から 2 月 1 日までに 1 週間ごとに 3 回行った。

また、飼育開始前と試験終了時に供試貝の殻長、殻高、殻幅、全重量を測定した。終了時にはさらに配偶子を放出しなかった個体の軟体部重量、生殖腺重量を測定した。なお、供試貝との比較のために、飼育開始前には同じ丸籠で飼育されていた貝の軟体部重量、生殖腺重量も測定した。

3. 結果及び考察

(1) 稚貝の餌料捕捉率

Fig. 2 及び Fig. 3 に水温 11℃ と 16℃ における 1 mm 稚貝の餌料濃度別の残餌量を示した。水温 16℃ においては 4 時間後に全ての区で 90% 以上の餌料が捕捉されたが、11℃ においては 30,000 cells/ml 以上の餌料濃度では 20% 程度の餌料が捕捉されずに残った。

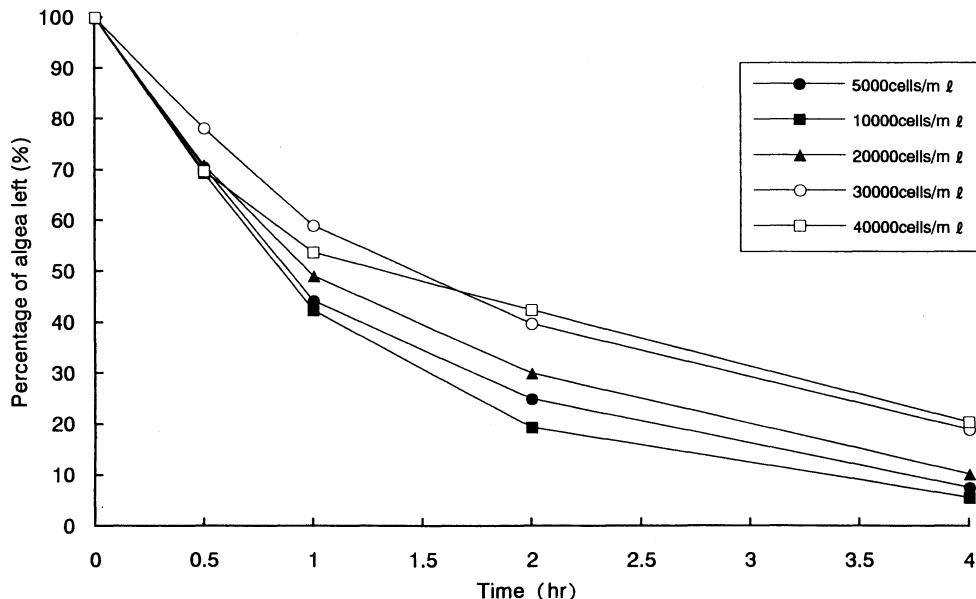


Fig.2 Change of algae left by 1mm shell length juvenile scallops at 11℃

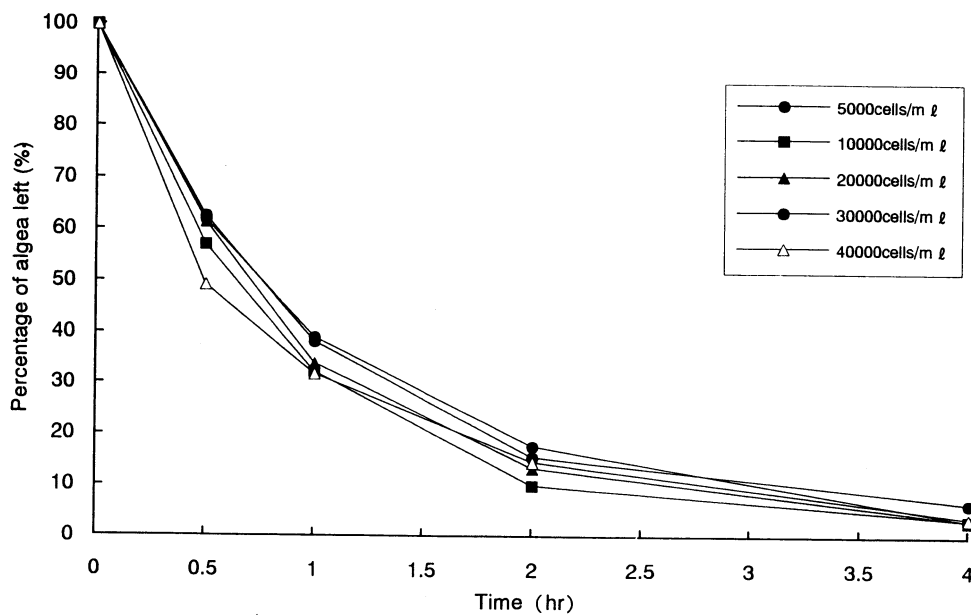


Fig.3 Change of alga left by 1mm shell length juvenile scallops at 16°C

また、各時間帯における捕捉率をFig. 4、Fig. 5 及び Table 1 に示した。水温11°Cにおいては1.44mℓ/hから0.48mℓ/hの範囲にあり、10,000cells/mℓで最も捕捉率が高かった。16°Cにおいては2.81mℓ/hから0.86mℓ/hの範囲にあり、11°Cよりも捕捉率が高い傾向にあるが、11°Cと同様に10,000cells/mℓで最も捕捉率が高かった。また、変異係数 (cv) は8.6から44.8の範囲にあるが、11°Cよりも16°Cのほうが変動が大きい傾向がある。

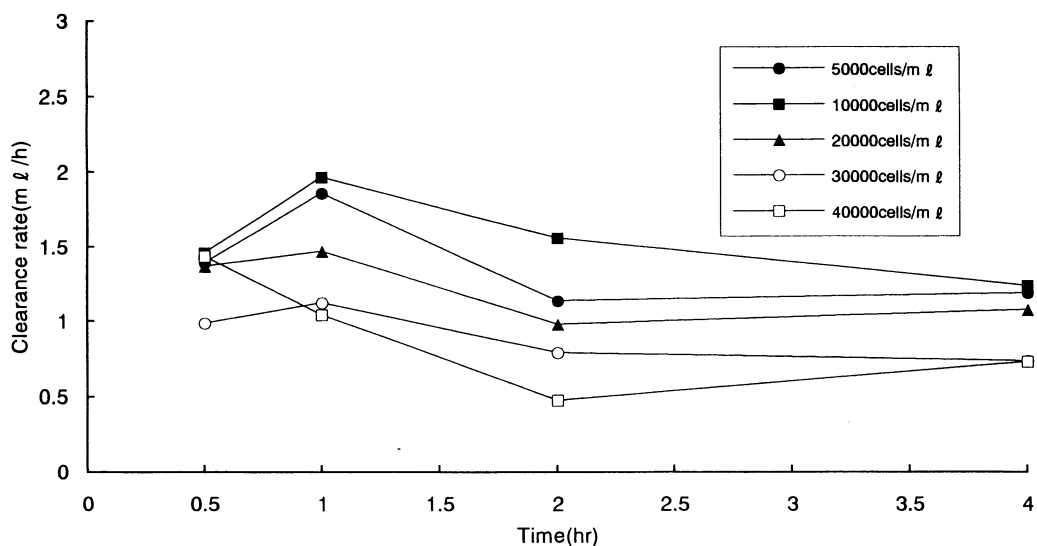


Fig.4 Clearance rate at different algal concentration at 11°C (1mm shell length juvenile scallop)

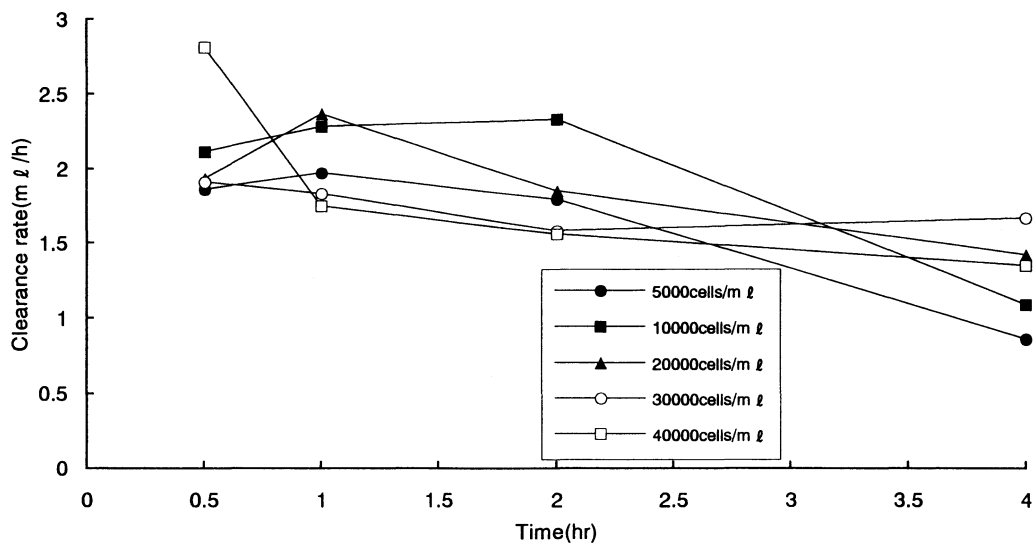


Fig.5 Clearance rate at different algal concentration at 16°C (1mm shell length juvenile scallop)

Table 1 Clearance rate at different algal concentration in 1mm shell length juvenile scallops (m l /hr)

W.T. (°C)	Algal conc. (cells/m l)	Time (hr)						
		0.5h	1h	2h	4h	Mean	SD	CV
11	5000	1.398	1.866	1.140	1.194	1.400	0.330	23.6
	10000	1.464	1.968	1.566	1.242	1.560	0.304	19.5
	20000	1.374	1.476	0.984	1.080	1.229	0.234	19.0
	30000	0.990	1.128	0.792	0.738	0.912	0.180	19.8
	40000	1.440	1.044	0.480	0.732	0.924	0.414	44.8
16	5000	1.866	1.974	1.794	0.858	1.623	0.515	31.8
	10000	2.118	2.286	2.334	1.086	1.956	0.587	30.0
	20000	1.938	2.370	1.854	1.416	1.895	0.391	20.6
	30000	1.914	1.836	1.584	1.668	1.751	0.151	8.6
	40000	2.814	1.752	1.560	1.344	1.868	0.653	34.9

Fig. 6 及び Fig. 7 に水温12℃と16℃における9mm稚貝の餌料濃度別の残餌量を示した。16℃においては8時間後には全ての区で90%以上捕捉されたが、12℃においては8時間たっても全ての区で10%以上の餌料が残っていた。特に30,000cells/mℓ区においては10時間たっても22%も餌料が残っていた。

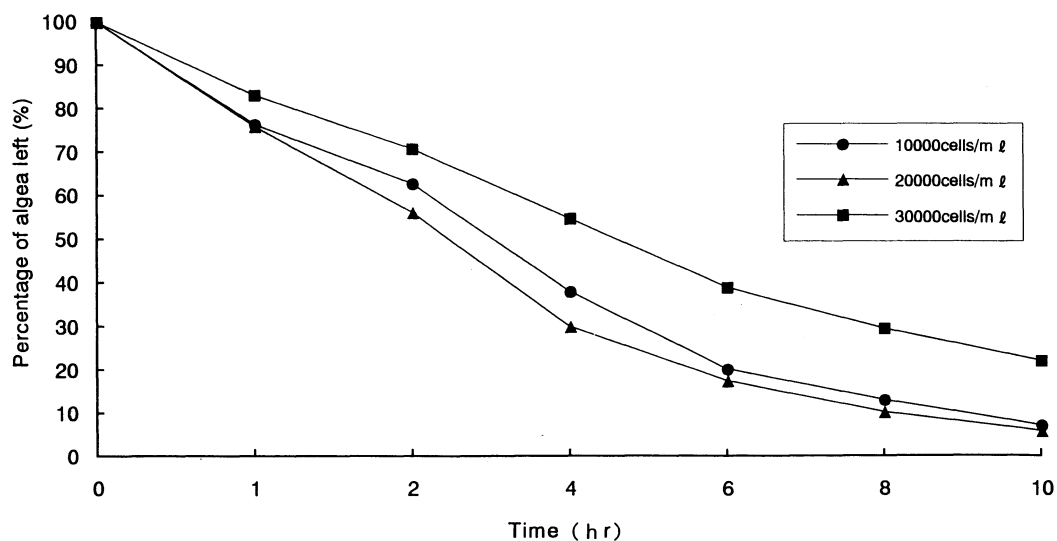


Fig.6 Change of algae left by 9mm shell length juvenile scallops at 12°C

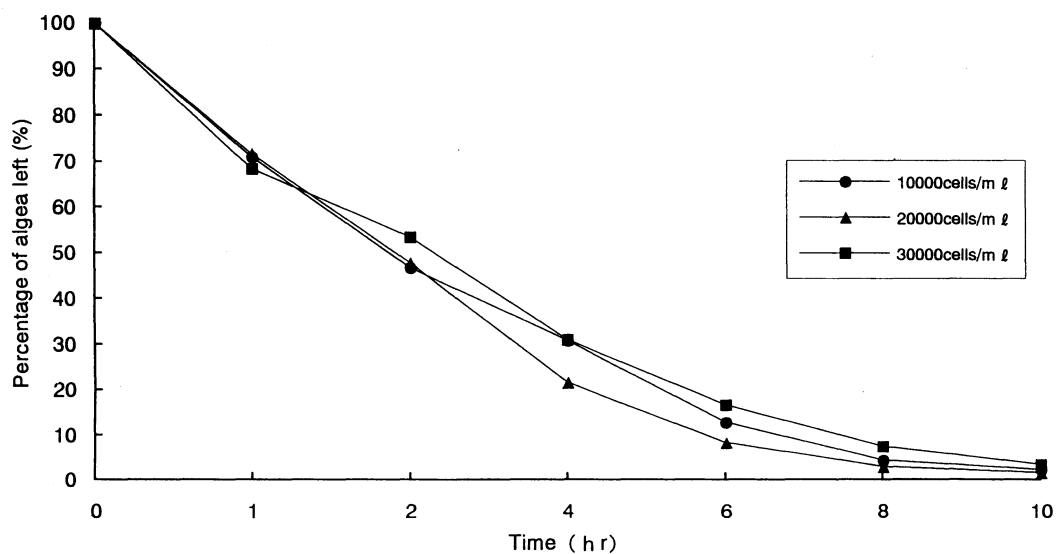


Fig.7 Change of algae left by 9mm shell length juvenile scallops at 16°C

また、各時間帯における捕捉率をFig. 8、Fig. 9 及び Table 2 に示した。水温12℃においては200.4mℓ/hから92.4mℓ/hの範囲にあり、16℃においては357.6mℓ/hから163.8mℓ/hの範囲にあるが、1mm稚貝と同様に16℃のほうが捕捉率及び変動が高い傾向が見られるが、1mm稚貝よりも変動が小さい傾向がある。しかし、1mm稚貝の試験とは異なり、20,000cells/mℓ区で捕捉率が最も高い傾向があった。

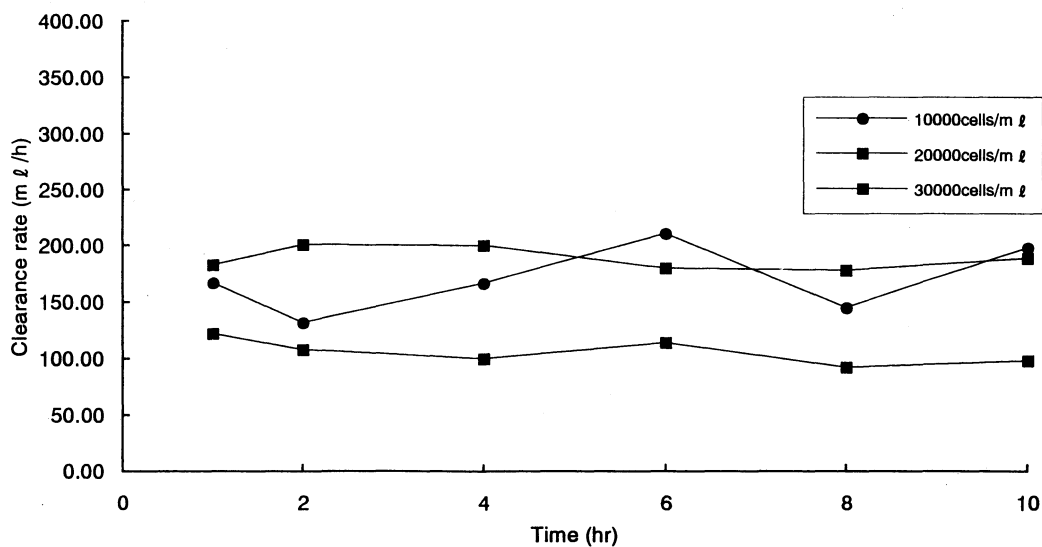


Fig. 8 Clearance rate at differate algal concentration at 12°C (9mm shell length juvenile scallop)

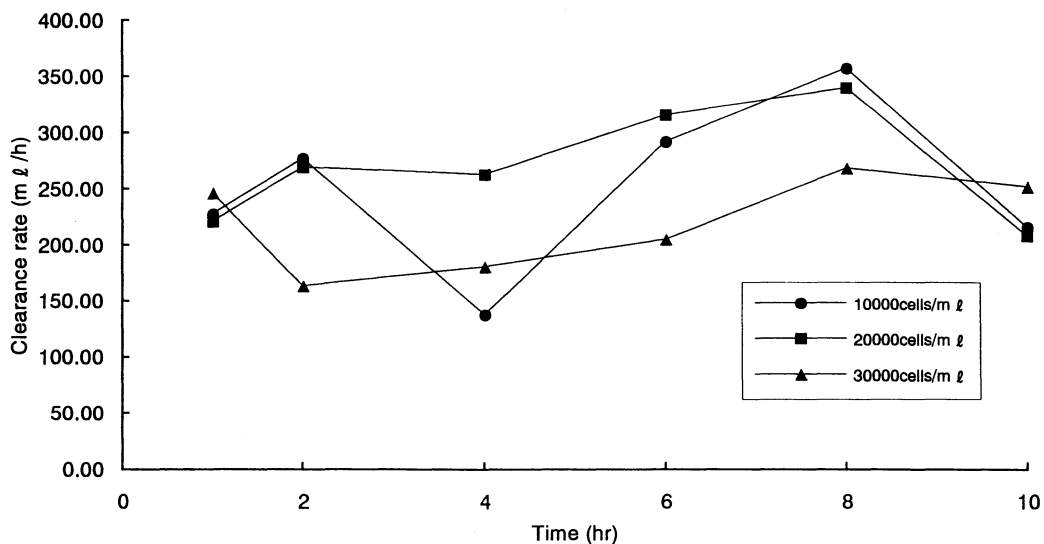


Fig.9 Clearance rate at differant algal concentration at 16°C (9mm shell length juvenile scallop)

Table 2 Clearance rate at different algal concentration in 9mm shell length juvenile scallops (m l/hr)

W.T. (°C)	Algal conc. (cells/ml)	Time (hr)							
		2h	4h	6h	8h	10h	Mean	SD	CV
12	10000	167.40	132.00	166.80	210.60	145.20	198.00	170.00	30.03
	20000	183.00	201.00	200.40	180.00	178.20	188.40	188.50	10.06
	30000	122.40	108.00	100.20	114.00	92.40	98.40	105.90	11.07
16	10000	228.00	277.80	138.00	292.20	357.60	216.60	251.70	75.18
	20000	221.40	270.00	263.40	316.20	340.20	208.80	270.00	51.41
	30000	246.60	163.80	181.20	205.80	268.80	252.00	219.70	42.37

Palmer³⁾ は *Argopecten irradians* の捕捉率を調べ、餌料濃度が 2 mg/l 以上 (*Thalassiosira pseudonana* 及び *Isochrysis galbana* で 57,000 cells/ml 以上) になると、餌料濃度が高くなるにつれて捕捉率は低下すると報告している。また、武田⁴⁾ も *Pavlova lutheri* を用いて餌料濃度 4.7 mg/l 以上での日本のホタテガイの捕捉率を調べて、同様な結果を得ている。今回の試験では 1 mm 稚貝においては 10,000 cells/ml 以上の餌料濃度区において餌料濃度が高くなるにしたがって捕捉率が低下する傾向が見られたが、9 mm 稚貝ではそのような傾向が見られなかった。このような捕捉率の減少を起す餌料濃度はホタテガイの大きさ及び水温によってかなり異なるものと考えられる。

また、Palmer³⁾ は *Argopecten irradians* と *Crassostrea virginica* における捕捉率の時間的变化を調べ、*Argopecten irradians* の捕捉率の平均変異係数は 24.0%、*Crassostrea virginica* で 59.2% となり、*Argopecten irradians* は連続捕食者、*Crassostrea virginica* は非連続捕食者と特徴づけているが、今回の実験における変異係数からはホタテガイも連続捕食者と言える。

さらに、1 mm 稚貝において 11°C、16°C 区ともに 40,000 cells/ml 区では 30 分から 2 時間以内で捕捉率を急激に減少させる傾向がある。Palmer⁵⁾ は *Argopecten irradians* は高い餌料濃度では鰓の粘液の分泌量を増加させ、餌料の捕捉効率を高めるが、擬糞として排出されるものが多くなる。このため、餌料を補充しない実験での捕捉率の減少は、擬糞が形成されない餌料濃度に低下すると捕捉効率を下げるためであると仮定している。このことから考えると、1 mm 稚貝では餌料濃度 40,000 cells/ml 以上で擬糞を形成しているものと考えられる。

(2) 1 mm 稚貝における餌料濃度別の成長

Table 3 に各試験区の殻長及び生存率を示したが、各試験区でのへい死はほとんど見られなかった。また、水温別の生長量を Fig.10 に示した。水温 11°C においては、餌料濃度 30,000 cells/ml を投餌した区において、最も良い成長を示したが、16°C、20°C 区においては投餌量を増加させることにより成長量も増加したが、11°C のような最大成長区を見い出すことができなかった。16°C、20°C 区においての最大成長を見るには、さらに投餌量を増加させる必要があるものと考えられる。

Table 3 Final shell length and Mortality at different algal concentration

W.T. (°C)	Algal conc. (cells/m l)	Shell length (mm)	Mortality (%)
11	5000	1.571 ± 0.148	0.0
	10000	1.653 ± 0.168	4.6
	20000	1.696 ± 0.163	0.0
	30000	1.749 ± 0.165	6.8
	40000	1.742 ± 0.169	0.0
16	5000	1.528 ± 0.147	0.0
	10000	1.535 ± 0.136	0.0
	20000	1.618 ± 0.152	0.0
	30000	1.707 ± 0.159	9.8
	40000	1.721 ± 0.187	2.3
20	5000	1.527 ± 0.133	1.5
	10000	1.548 ± 0.145	2.4
	20000	1.621 ± 0.512	9.1
	30000	1.662 ± 0.165	1.7
	40000	1.693 ± 0.166	0.0
Control		1.488 ± 0.137	

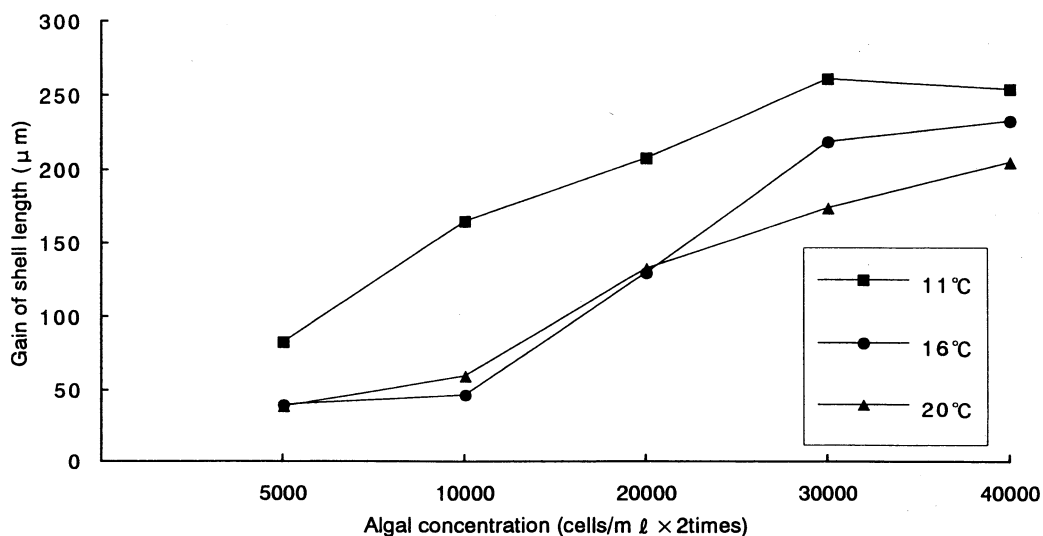


Fig.10 Relationship between algal concentration and gain of shell length

また、水温11℃において、投餌量を30,000cells/㎖として1日に2回投餌した場合には、稚貝（平均殻長1.49mm）の1個体当たりの摂餌量は 12×10^4 cells/日程度となった。

しかし同じ餌料濃度でも水温が高くなるにつれて、成長量は低下する傾向にあった。これは、水温20℃～23℃までは水温が上昇するにつれて、ホタテガイの鰓の繊毛運動^{6)、7)}、心臓の拍動数^{7)、8)、9)}、酸素消費量⁷⁾が増加することから考えて、水温が上昇するにつれてこれら基礎代謝に消費するエネルギーが増加するため、成長に対するエネルギーが減少するためと考えられる。

(3) 1mm稚貝における投餌回数別の成長

収容密度別、餌量別の成長量をFig.11に示した。収容密度1,000個体の区は、投餌回数が1日2回及び3回ともに投餌濃度を増加するにしたがって成長量も増加し、1日当りの総投餌量が45,000cells/㎖ $\times$ 2回/日と30,000cells/㎖ $\times$ 3回/日投餌した区が最も成長量が大きかった。それ以上の餌料濃度では、成長量は逆に減少した。また、収容密度を2,000個体収容した区においては投餌量を増加させるにしたがって成長量も増加し、1回の総投餌量を60,000cells/㎖ $\times$ 3回/日投餌した区の成長が最も大きかった。

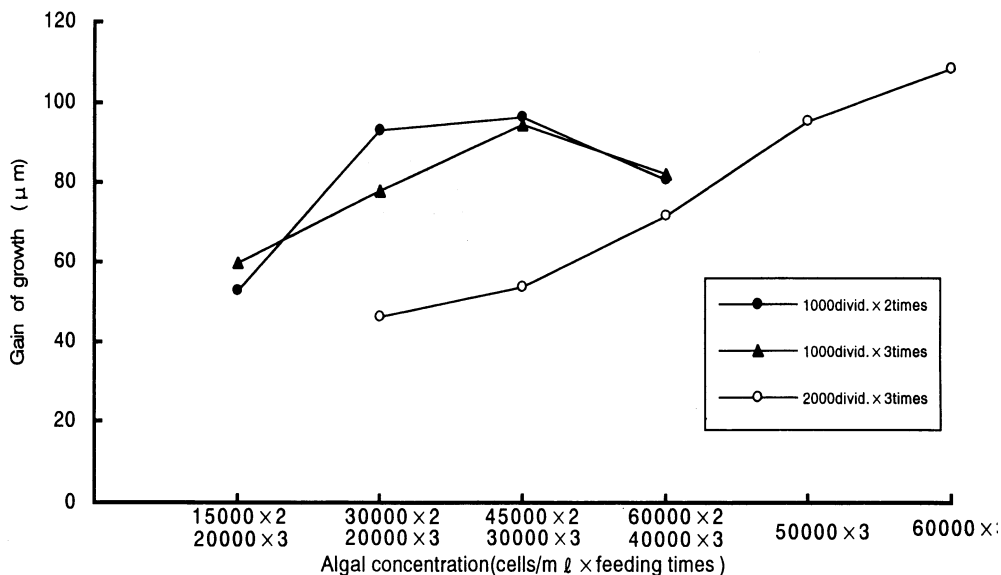


Fig.11 Gain of growth at differet feeding times

10日間の平均捕捉量を Table 4 に示した。1,000個体収容し、30,000cells/㎖ $\times$ 2回/日と20,000cells/㎖ $\times$ 3回/日以下の投餌区においては、95%以上の餌料が捕捉されたが、それ以上投餌した区においては、90%以下に低下した。稚貝の捕捉率の項で述べたように、絶食状態から始めると、16℃の水温において30,000～40,000cells/㎖の餌料濃度でも、4時間以内にビーカー内の餌料が95%以上捕捉されてしまうのに、今回の試験では餌料が残った。また、60,000cells/㎖ $\times$ 2回/日と40,000cells/㎖ $\times$ 3回/日では成長が低下したのに餌料の捕捉量は増加している。

Table 4 Amount of algae ingested per a day (cells/2 ℓ)

Number of scallops	Feeding times	Algal concentration(cells/m ℓ) × feeding times					
		1 5 000 × 2	3 0 000 × 2	4 5 000 × 2	6 0 000 × 2		
		10 000 × 3	20 000 × 3	30 000 × 3	40 000 × 3	50 000 × 3	60 000 × 3
1000	2	29230	57520	79570	85270		
		(97.4)	(95.9)	(88.4)	(71.1)		
1000	3	29370	58050	75460	91730		
		(97.9)	(96.8)	(88.4)	(76.4)		
2000	3		59020	87780	117480	147370	174560
			(98.4)	(97.5)	(97.9)	(98.2)	(97.0)

() : Percentage of algae ingested

林¹⁰⁾ もアコヤガイ稚貝(平均殻長1.33mm)は餌料濃度4~6×10⁴cells/mℓで擬糞形成を始め、それ以上の濃度では成長に悪影響があり、同化量以上の摂餌分は消化管をただ通過するだけであると推察している。

Foster-Smith¹¹⁾ は *Cerastoderma edule*, *Venerupis pullastra* の捕捉量と擬糞の関係を調べ、この2種は餌料濃度が増加したとき捕捉量を一定にするために擬糞の量を増加させるだけでなく、取水管で水量を抑え捕捉量を制限する。しかし、ある一定の濃度以上になると捕食量も減少していき、見かけ上の捕捉率はさがるが、定期的に捕捉率を早くして擬糞の排出量を多くするため、唇弁の捕食機能に負荷をかけているので捕食量が減少すると考察した。

今回の実験でも、40,000cells/mℓ以上の区、しかもこの高濃度の投与回数が多くなるにしたがって、唇弁の捕食機能に負荷をかけていることが考えられるが、それ以上に夕方の投餌から朝の投餌まで16時間もあるのに餌料を残していることから考えて、鰓の餌料捕捉能力にもかなり悪影響を与えているので捕捉率が極端に低下するものと考えられる。捕捉率の項ではホタテガイは連続捕食者であると述べたが、高濃度の餌料下ではこれが乱れるものと考えられる。

また、収容密度が高く(2,000個/2ℓ)になると高濃度の餌料濃度でも餌料も残さないし、成長の停滞も見られなくなるのは、収容密度が高くなると捕捉率を低下させること⁴⁾ と何らかの関連があるのかもしれない。このことについては今後の検討課題である。

(4) 9mm稚貝における水温別の成長

Table 5 に9mm稚貝の1日当りの餌料濃度別捕捉量を示した。30,000cells/mℓ投餌した区は各区ともに2%の残餌しかないが、40,000cells/mℓ投餌した区は各7.8~9.0%の残餌があり、水温が低くなるほどその率は高くなった。40,000cells/mℓ区ではほぼ飽食に近い状態にあるが、30,000cells/mℓ区では飽食に達していないものと考えられる。また、40,000cells/mℓ区では水温が高くなるに従って、残餌量が少なくなる傾向があるのは、水温が高くなるにしたがって鰓の纖毛運動が活発になり捕捉率が増加するためと考えられる。また、残餌量から9mm稚貝の1日当りの摂餌量を計算すると、約5×10⁷cells/日となり1mm稚貝の300倍以上となっている。

Fig.12に各水温別の成長量を示した。30,000cells/mℓ区では水温が高くなるに従って、成長量が減少していくが、40,000cells/mℓ区では18℃区において最も大きい成長量を示した。山本⁶⁾はホタテガイの発生適水温は6℃から20℃までで、特に10℃から15℃が好適と報告している。

また、丸⁷⁾によればホタテガイの発生適水温は、水温が低いほうが生存率が高く、成長は水温20℃までは水温が高いほどよいと報告している。今回の実験では9mm稚貝を用いたので、前述の報告と試験材料が異なるが、ホタテガイの最大成長を示す水温はホタテガイの大きさ及び摂餌量により異なることが示唆される。

Fig.5 Amount of algae ingested in a day (cells/20 ℓ)

Algal conc. (cells/ml)	Temperture (°C)		
	16	18	20
30000	58740 (97.8)	58850 (98.1)	58870 (98.1)
40000	72800 (91.0)	73880 (92.4)	74560 (93.2)

() : Percentage of algae ingested

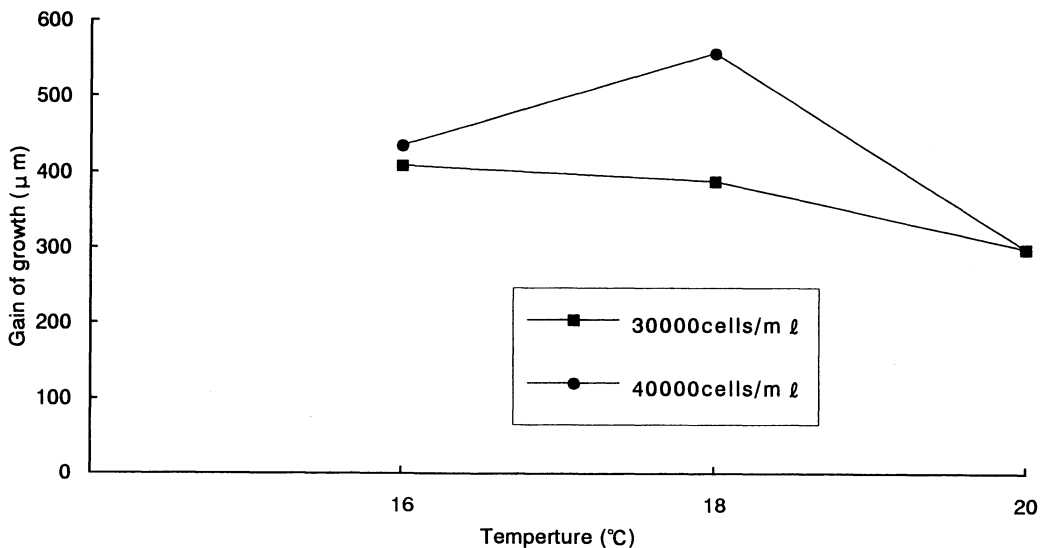


Fig.12 Gain of growth at differet temperature (9mm shell length juvenile scallop)

(5) 9mm稚貝における餌料別の成長

Coulter Multisizerで *Pavlova lutheri* と粉末 *Spirulina* の平均粒径を測定したところ、*Pavlove lutheri* は4.66 μm、粉末 *Spirulina* は7.06 μm となったので、*Pavlove lutheri* は40,000cells/ml になるように投餌し、粉末 *Spirulina* の餌料濃度はその0.287倍になるように調整して投餌した。その結果を Table 6 に示した。粉末 *Spirulina* を50%以上混合してと与えると、成長は低下していき、特に粉末 *Spirulina* 100%区では水質が悪化したようで、ほとんどの飼育稚貝はエアーストーン付近に集まり、成長が全く見られなかった。*Pavlove lutheri* を100%与えた区は水温12℃で320 μm、16℃で280 μmの成長を示したが、最も成長量が大きかったの

は *Pavlove lutheri* を75%、粉末 *Spirulina* を25%混合した区であった。

早川¹²⁾ はホタテガイの浮遊幼生の飼育には *Monochlysis lutheri* と *Chaetoceros calacitans* の単独区よりも混合区での成長が最も良いと報告している。また、Whyte¹³⁾ はホタテガイの浮遊幼生は付着する直前に変態が行われ、この時期に *Tharassiosira pseudonana* のような高度不飽和脂肪酸（特に20:5 n3）を含んだ餌料が必要であると報告している。

今回の実験でも混合区の成長が良かったが、関野¹⁴⁾ が報告しているように1日に200 μ m以上の成長が見られなかった。ホタテガイ稚貝の栄養要求は *Pavlove lutheri* と *Spirulina* では満たされないものと考えられる。

Table 6 Gain of growth in diet mixtures

Species of diets	Gain of growth (μ m)	
	12 $^{\circ}$ C	16 $^{\circ}$ C
100% Pavlova	320	280
75% Pavlova + 25% Spirulina	370	360
50% Pavlova + 50% Spirulina	240	130
25% Pavlova + 75% Spirulina	70	30
100% Spirulina	0	0

(6) ホタテガイ母貝の餌料捕捉量

ホタテガイ母貝の餌料捕捉量 Table 7 に示すように、9 $^{\circ}$ Cで飼育したホタテガイは餌料濃度 4×10^4 cells/ml、 9×10^4 cells/ml、 13×10^4 cells/ml の注水を 200ml / min 供給しても、すべての区で餌料を90%以上捕捉した。6 $^{\circ}$ Cで飼育したホタテガイは、餌料濃度 4×10^4 cells/ml の注水では餌料を90%捕捉したが、餌料濃度 9×10^4 cells/ml の注水を供給すると、捕捉率が81.5%まで低下した。

武田⁴⁾ は餌料濃度とホタテガイ稚貝の捕捉率との関係を調べ、餌料濃度を高くするに従って、捕捉率が低下すると報告している。本実験でも6 $^{\circ}$ Cにおいては、餌料濃度の増加による捕捉率の低下が見られたが、9 $^{\circ}$ Cにおいてはその低下が見られなかった。9 $^{\circ}$ Cにおいては捕捉率を低下させるほどの高濃度の餌料濃度にはなっていなかったものと考えられる。

ホタテガイが同じ捕捉で1日中餌料を捕捉していると仮定すると、6 $^{\circ}$ Cにおけるホタテガイ1個当りの1日の摂餌量を求めると 4×10^3 cells/ind./day となる。

林¹⁴⁾ は、アコヤガイの1日の摂餌量は水温20 $^{\circ}$ Cから25 $^{\circ}$ Cにおいて、 5.1×10^3 cells/ind./day から 10.7×10^3 cells/ind./day と推定している。N.Devauchelle¹⁵⁾ は、*Pecten maximus* の母貝飼育には 8×10^3 cells/ind./day から 15×10^3 cells/ind./day 必要であると報告している。今回の試験ではホタテガイ母貝の1日の摂餌量は、前述の二枚貝よりも低い値となったが、これは飼育水温が前述の二枚貝よりも低いために、ホタテガイの捕捉率が低下したためと考えられる。

Table 7 Amount of algae ingested by adult scallops at different temperatures

W.T.	Shell length	Weight	Flow rate	Algal concentration(cells/ml)		Clearance rate (a - b) / a (%)	Total amount of algae ingested ($\times 10^4$ cells/min)	Average amount of algae ingested ($\times 10^4$ cells/min/ind.)
				inflow (a)	outflow (b)			
(°C)	(mm)	(g)	(ml/min)					
9.2	101.1	117.8	200	41,435	2,284	94.5	783.02	156.60
9.1	99.2	118.0	195	44,813	3,644	91.9	802.80	160.56
Average	100.2	117.9	197.5	43,124	2,964	93.2	792.91	158.58
8.9	100.4	123.4	202	95,804	3,145	96.7	1,871.71	374.34
8.9	99.7	113.6	203	94,346	6,948	92.6	1,774.18	354.84
Average	100.1	118.5	202.5	95,075	5,047	94.7	1,822.95	364.59
8.8	100.4	123.4	202	125,465	4,726	96.2	2,438.93	487.79
8.7	99.7	113.6	195	138,862	9,032	93.5	2,531.69	506.34
Average	100.1	118.5	198.5	132,164	6,879	94.9	2,485.31	497.06
6.0	101.4	111.6	205	43,688	4,463	89.8	804.11	160.82
6.1	101.6	120.6	198	42,983	3,912	90.9	773.61	154.72
Average	101.5	116.1	201.5	43,336	4,188	90.3	788.86	157.77
6.2	98.8	113.2	207	89,408	20,018	77.6	1,436.37	287.27
6.1	101.6	120.6	204	83,851	12,239	85.4	1,460.88	292.18
Average	100.2	116.9	205.5	86,630	16,129	81.5	1,448.63	289.73

(7) 室内飼育によるホタテガイの成熟促進試験

飼育期間中のへい死はまったく見られず、飼育60日目から産卵誘発を行った。その結果を Table 8 に示した。全く給餌しなかった区は、6℃、9℃ともに1個体も放精、放卵しなかったが、 $8 \sim 9 \times 10^4$ cells/ml を給餌しながら6℃で飼育したホタテガイは10個体中7個体が放精、放卵し、雄はすべて放精した。 $4 \sim 5 \times 10^4$ cells/ml を給餌しながら6℃で飼育したホタテガイは10個体中3個体の雄が放精したが、雌は全く放卵しなかった。9℃では $8 \sim 9 \times 10^4$ cells/ml を給餌した区は10個体中6個体が放精、放卵した。 $4 \sim 5 \times 10^4$ cells/ml を給餌しながら9℃で飼育した区では放精、放卵した個体は見られなかった。放卵させた卵を受精させて、その後の発生を調べたが、特に異常な発生は見られなかった。しかし、今回の実験では放卵した個体数が少なかったため、飼育水温と放卵数との関係はつかめなかった (Table 9)。

Table 8 Response to thermal stimulation

W.T. (°C)	Algal conc. ($\times 10^4$ cells/ml)	Number of animals spawned
9	0	♂ 0/3, ♀ 0/2
	4~5	♂ 0/4, ♀ 0/6
	8~9	♂ 3/4, ♀ 2/6
6	0	♂ 0/3, ♀ 0/2
	4~5	♂ 3/5, ♀ 0/5
	8~9	♂ 5/5, ♀ 2/5

Table 9 Result of fertilization

W.T. (°C)	Algal conc. ($\times 10^4$ cells/ml)	No.	Number of eggs ($\times 10^4$)	Rate of Fertilized eggs (%)	Rate of trochophores(%)
9	8~9	1	705	96.3	99.5
		2	59	95.2	87.8
6	8~9	1	128	79.4	67.1
		2	140	97.0	90.3

陸奥湾においては、天然のホタテガイは3月から4月に産卵するが¹⁶⁾、今回の実験では1月中旬から産卵し、天然のホタテガイにくらべて1ヶ月以上早く産卵させることができた。

カキ¹⁷⁾、エゾアワビ¹⁸⁾のようなsummer breedersの成熟過程には、積算水温の法則が適用でき、温度条件の操作で成熟を制御できることが報告されている。ホタテガイのようなwinter breedersについては、温度条件の操作による成熟制御の報告がなされていないが、今回の実験結果からホタテガイでも温度操作により成熟を制御できることが示唆された。

さらに、室内での飼育した2ヶ月間の成長を比較した結果をTable10及びTable11に示した。給餌しなかった区は貝殻の成長はみられなかったのに加え、軟体部重量は逆に減少した。4~5 $\times 10^4$ cells/mlを給餌した区は貝殻の成長は見られたが、軟体部重量減少した。無給餌区及び4~5 $\times 10^4$ cells/mlを給餌した区では、6℃区よりも9℃区で飼育したホタテガイの軟体部重量の減少が大きかった。9℃区が6℃区よりも軟体部重量の減少が大きいのは、前述の稚貝の餌料濃度別の成長の項でも述べたように水温が高くなるに従って基礎代謝にエネルギーを多く使われるためと考えられる。8~9 $\times 10^4$ cells/mlを給餌した区は6℃区、9℃区ともに貝殻、軟体部重量が増加したが、6℃よりも9℃区のほうが軟体部重量が大きかった。これは、母貝の餌料捕捉の試験からわかるように、8~9 $\times 10^4$ cells/mlを給餌した区は、9℃区が6℃区よりも餌の捕食量が多いためと考えられる。

生殖腺は、9℃区、6℃区ともに餌料濃度が高くなるに従って大きくなったが、9℃区よりも6℃区ほうが生殖腺が大きくなる傾向がある。生殖腺の色調は8~9 $\times 10^4$ cells/mlを給餌した区においては、6℃区、9℃区とともに全ての雌で橙赤色を呈していたが、無給餌区及び4~5 $\times 10^4$ cells/mlを給餌した区は6℃区、9℃区とも橙赤色を呈していた雌は見られなかった。

エゾアワビ¹⁸⁾、*Aequipecten irradians*^{19), 20), 21)}の生殖巣の発達は、餌料の摂餌量に影響され、しかも雄より雌が影響を受ける度合いが大きいことが知られているが、今回の実験からホタテガイも同様なことが言える。

本実験では餌料を十分捕食させると、水温を制御することにより、成熟を制御させることが示唆されたが、エゾアワビのように積算水温による成熟管理を行うには、より詳細な試験が必要である。

Table 10 Growth of adult scallops

W.T. (°C)	Algal conc. ($\times 10^6$ cells/m ²)	Number examined	Division	Shell length (mm)	shell height (mm)	Shell width (mm)	Weight*
9	0	5	Start	97.77 $\pm$ 3.41	95.51 $\pm$ 3.18	24.41 $\pm$ 1.78	110.57 $\pm$ 8.24
		5	Finish	98.63 $\pm$ 3.53	97.19 $\pm$ 2.39	25.20 $\pm$ 1.52	115.01 $\pm$ 11.18
	4~5	10	Start	100.15 $\pm$ 1.97	97.55 $\pm$ 2.79	26.32 $\pm$ 0.79	117.90 $\pm$ 10.38
		10	Finish	105.25 $\pm$ 2.37	100.71 $\pm$ 2.25	26.39 $\pm$ 2.85	125.01 $\pm$ 8.02
	8~9	10	Start	100.05 $\pm$ 4.23	99.27 $\pm$ 5.06	24.96 $\pm$ 2.38	118.50 $\pm$ 15.26
		10	Finish	105.94 $\pm$ 3.33	102.42 $\pm$ 3.91	26.59 $\pm$ 1.80	140.35 $\pm$ 18.13
6	0	5	Start	99.40 $\pm$ 3.36	98.18 $\pm$ 2.72	25.10 $\pm$ 2.82	121.00 $\pm$ 20.70
		5	Finish	100.18 $\pm$ 3.11	99.60 $\pm$ 2.74	25.95 $\pm$ 2.36	121.13 $\pm$ 20.64
	4~5	10	Start	97.96 $\pm$ 4.55	95.37 $\pm$ 3.49	24.04 $\pm$ 2.21	110.00 $\pm$ 16.93
		10	Finish	102.88 $\pm$ 4.42	100.30 $\pm$ 4.15	25.65 $\pm$ 2.50	122.39 $\pm$ 17.65
	8~9	10	Start	101.52 $\pm$ 5.71	96.13 $\pm$ 4.45	24.79 $\pm$ 1.70	116.10 $\pm$ 14.83
		10	Finish	105.42 $\pm$ 6.23	100.26 $\pm$ 5.04	26.87 $\pm$ 1.80	129.33 $\pm$ 13.07

* The only individual that didn't spawn

Table 11 Change of inner part

W.T. (°C)	Algal conc. ($\times 10^6$ cells/m ²)	Number examined	Weight (g)	Soft body weight (g)	Gonad weight (g)	Soft body index(%)	Gonad index (%)
control		30	114.81 $\pm$ 15.22	42.06 $\pm$ 6.42	2.45 $\pm$ 0.54	36.60 $\pm$ 2.10	5.84 $\pm$ 1.04
9	0	5	115.01 $\pm$ 11.18	29.93 $\pm$ 1.91	2.54 $\pm$ 0.52	26.10 $\pm$ 1.23	8.57 $\pm$ 2.14
	4~5	10	125.01 $\pm$ 8.02	38.96 $\pm$ 2.96	4.11 $\pm$ 1.22	31.20 $\pm$ 2.13	10.55 $\pm$ 2.93
	8~9	4	140.35 $\pm$ 18.13	48.30 $\pm$ 7.69	5.20 $\pm$ 1.05	34.35 $\pm$ 2.12	10.71 $\pm$ 0.61
6	0	5	121.13 $\pm$ 20.64	35.83 $\pm$ 6.07	3.73 $\pm$ 1.17	29.62 $\pm$ 1.68	10.25 $\pm$ 2.22
	4~5	7	122.39 $\pm$ 17.65	42.21 $\pm$ 7.76	5.73 $\pm$ 2.18	34.42 $\pm$ 3.14	13.52 $\pm$ 4.29
	8~9	3	129.33 $\pm$ 13.07	44.30 $\pm$ 7.11	7.83 $\pm$ 0.46	34.20 $\pm$ 3.87	18.10 $\pm$ 3.86

文 献

- 1) Bourne, N., C. A. Hodgson, J. N. C. Whyte (1989) A Manual for Scallop Culture in British Columbia, Can. Thec. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1694. pp215.
- 2) Zhou, B., W. Liu, W. Qu and C.K.Tseng (1991) Bioresource Technology, **38**, 229-232.
- 3) Palmer, R. E. (1980) OPHERIA, **19** (2), 163-174.
- 4) 武田 哲 (1986) 青水増事業報告, **15**, 191-204.
- 5) Palmer, R. E. (1980) J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **45**, 273-295.
- 6) 山本護太郎 (1964) 「陸奥湾におけるホタテガイ増殖」水産増養殖叢書, **6**, 日本水産資源保護協会, 東京, pp. 77.
- 7) 丸 邦義 (1985) 北水試報, **27**, 55-64.
- 8) 中西 孝 (1977) 北水試報, **42**, 65-73.
- 9) 対馬 廉介 (1988) 青水増事業報告, **17**, 146-149.
- 10) 林 正博, 瀬古慶子 (1986) 三重水技研報, **1**, 39-68.
- 11) Foster-Smith, R. L. (1975) J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **17**, 1-22.
- 12) 早川 豊、西山勝蔵、本堂太郎 (1974) 青水増事業報告, **3**, 8-13.
- 13) Whyte, J. N. C., N. Bourne and C.N.Hodgson (1989) Aquaculture, **78**, 333-347
- 14) 関野哲雄、須川人志 (1992) 青水増事業報告, **21**, 81-84.
- 15) Devauchelle, N. and C.Mingant (1991) Aquat. Living Resour., **4**, 41-51.
- 16) S. Aoyama (1989) In "Marine Invertebrate Fisheries", ed. by J. Willy and Sons, Inc., New York, 525-539.
- 17) R. Mann (1979) J. mar. biol. ass. U. k., **59**, 95-110.
- 18) 浮 永久, 菊地 省吾 (1982) 魚介類の成熟・産卵制御 (日本水産学会編), **41**, 恒星社恒生閣, 東京, pp. 64-79.
- 19) Sastry, A. N. (1966) Biol. Bull., **130**, 118-134.
- 20) Sastry, A. N. and N. J.Blake (1971) Biol. Bull., **140**, 274-283.
- 21) Sastry, A. N. (1968) Physiol. Zool., **41** (1), 44-53.