

チョウセンハマグリの種苗生産研究 - II

浮遊幼生および稚貝の飼育適正水温について

児玉正碩・市毛清記*

チョウセンハマグリ (*Meretrix Lamarkii*) は、海外砂浜海岸での栽培漁業の重要な対象種であり、これを推進するにあたっては、大量の種苗を安定的に生産する技術を確認することが必要となっている。

筆者らは、すでに稚貝の飼育に際して、器底に敷いた砂床の効果を明らかにし、さらに水温が16℃以下では、ほとんど成長しないことから、低温期には飼育水の保温管理が不可欠であることを指摘した¹⁾。しかし、種苗生産技術の安定化を考える場合、幼稚仔貝の生き残りや成長速度を高度に維持する飼育環境基準を明確にしておくことが必要で、今回、浮遊幼生および稚貝について、成長と水温の関係を調べ、飼育適正水温について検討したので報告する。なおこの研究は「昭和53年度指定調査研究総合助成事業チョウセンハマグリ種苗生産研究」のなかで行なった。

(1) 浮遊幼生期の成長と水温の関係

表-1 浮遊幼生飼育試験時の設定水温及び調節方法

材料および方法

供試幼生：1978年7月5日(第1回実験)と7月31日(第2回)に温度刺激法で採卵し、受精後室内に静置して卵発生させ、各々翌日ふ化した殻長120μのD型幼生を用いた。

実験方法：幼生は容量2ℓのビーカーに飼育密度2~3個体/mlあて収容し、後述の各6試験区には2ℓビーカーを2個ずつウォーターバス水槽(40×35×20cm)中に設置し、それらの水槽で実験温度を定めた。

第1回および第2回の試験区の設定水温と水温調節方法は表1に示した。なお、恒温水槽以外の水温値は若干の水温変動が起るため、自記水温計の水温値を6時間ごとに読み取った自記水温計記録値の平均値である。

餌料は飼育開始時と5日目の計2回、*Chaetoceros gracilis* を5lj cells/ml濃度で投与した。

第1回試験			第2回試験		
試験区	水温(℃)	水温調節方法	試験区	水温(℃)	水温調節方法
1区	16.1 ± 0.9	室温	1区	17.0 ± 1.4	室温
2区	18.6 ± 0.9	棒状投込みヒーター	2区	19.6 ± 0.5	棒状投込みヒーター
3区	20.0 ± 0.02	恒温水槽	3区	27.2 ± 0.2	棒状投込みヒーター
4区	22.5 ± 0.4	棒状投込みヒーター	4区	30.0 ± 0.02	恒温水槽
5区	25.0 ± 0.02	恒温水槽	5区	32.5 ± 0.02	恒温水槽
6区	30.0 ± 0.02	恒温水槽	6区	35.0 ± 0.02	恒温水槽

飼育海水は濾過海水(Milipore filter 0.3μ使用)に硫酸ストレプトマイシン(明治製薬製)を10ppmになるよう添加して使用し、実験期間中飼育水は

* 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所

交換しなかった。

通気は 600 ml/min の割合でガラス管を通して行い、室内は暗幕で遮光した。

浮遊率（試験開始 1 日目の浮遊幼生数の割合）および成長度を計測するため、第 1 回試験では 2 日毎、第 2 回は毎日、15 cc ホールピペットで 1~2 回採取して浮遊個体数とそれらの殻長を検鏡した。殻長計測は毎回 20 個体とした。

なお、本実験は浮遊幼生の殻長が 180~200 μ に達し、変態の始まる試験区が出現した時点で終了した。

結果

第 1 回および第 2 回の実験での幼生の成長経過を図 1, 2 に、幼生の浮遊率は表 2 に示した。

本種の変態期は殻長 180~200 μ で、殻長 180 μ 以上に成長すると器底を匍匐する稚貝が認められるようになる。このため幼生の浮遊率は殻長 180 μ 以下のものは、当然浮遊するべき幼生で、この大きさ

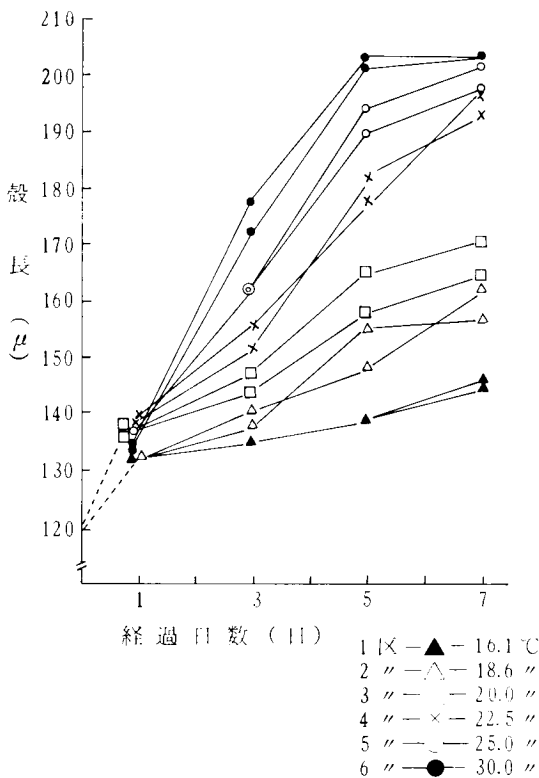


図-1 各水温区の浮遊幼生の成長（第 1 回）

までの期間は幼生の生残率を示しており、一方殻長 180 μ 以上に成長してからの浮遊率の減少は幼生が

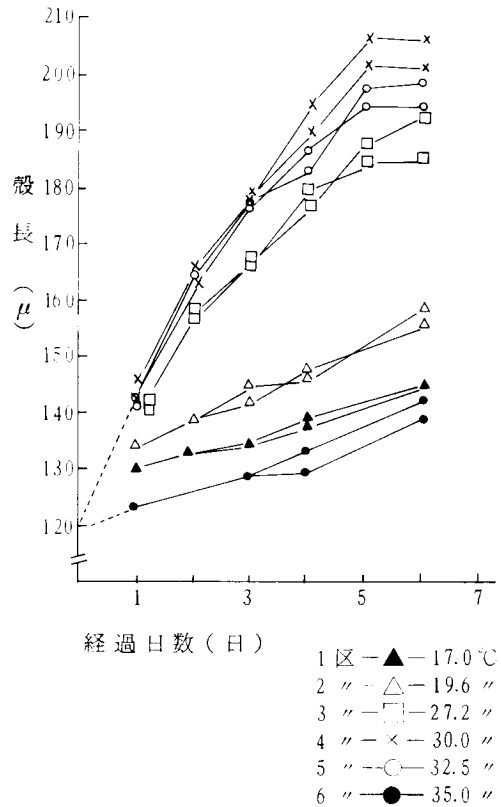


図-2 各水温区の浮遊幼生の成長（第 2 回）

表-2 各水温区における幼生の浮遊状態（第 1 回試験）

試験区	温度 (°C)	浮遊率 (%)				11 日経過後試験終了時での殻長 180 μ 以上の出現率 (%)
		経過日数 (日)				
		1	3	5	7	
1	16.1 ± 0.9	100	37.0	34.8	32.6	0
		"	89.7	89.7	75.9	
2	18.6 ± 0.9	"	85.4	85.4	80.5	4.5
		"	100	86.1	36.1	
3	20.0 ± 0.02	"	96.0	92.0	76.0	32.4
		"	100	67.6	44.1	
4	22.5 ± 0.4	"	90.5	57.1	38.1	34.0
		"	74.1	74.1	44.8	
5	25.0 ± 0.02	"	100	57.8	24.4	74.4
		"	100	100	48.9	
6	30.0 ± 0.02	"	77.8	77.8	62.2	71.0
		"	100	100	77.8	

(第2回試験)

試験区	温度(°C)	浮遊率(%)					6日経過後、試験終了時での殻長180 μ 以上の出現率(%)
		経過日数(%)					
		1	2	3	4	6	
1	17.0 ± 1.4	100	78.6 83.9	73.8 77.4	73.8 77.4	50.0 67.7	0 0
2	19.6 ± 0.5	〃	90.7 100	90.7 100	69.8 69.4	65.1 66.7	0 0
3	27.2 ± 0.2	〃	100 100	72.2 77.7	72.2 77.7	50.0 77.7	63.8 74.5
4	30.0 ± 0.02	〃	88.9 68.0	72.2 64.0	69.4 64.0	19.4 52.0	83.0 71.8
5	32.5 ± 0.02	〃	86.0 100	86.0 39.5	62.8 31.6	46.5 21.1	68.9 48.1
6	35.0 ± 0.02	〃	62.2 97.8	62.2 43.5	62.2 32.6	8.2 10.9	0 0

底生生活期へ移行していく経過を示している。

幼生の浮遊率は飼育水温が22.5~32.5°Cの範囲では、飼育4~5日目以後低下したが、この時はすでに平均殻長180 μ 以上に成長しており、実験終了時には変態期に達した殻長180 μ 以上の出現率は70~93%と高い値を示し、この温度範囲では底生生活期へ移行した稚貝の出現率に明瞭な差は認められなかった。一方20°C以下の飼育水温では飼育6~7日目で、まだ平均殻長180 μ に成長していないにもかかわらず浮遊率が低下しており、底生生活期移行前に幼生の斃死が多くなる傾向が認められた。また飼育水温が35.0°Cにおいては、体内に餌料を摂取している状態は観察されず、殻長130~140 μ で飼育6日目にはほとんど斃死した。

幼生は各水温区とほぼ直線的な成長経過を示していることから、各々最小二乗法で成長速度(1日当りの成長量)を求めて、飼育水温との関係を図3に示した。

幼生の成長速度は16.1~30.0°Cの範囲では飼育水温に応じてほぼ直線的に増加し、 $Y = 1.07T - 15.26$ (Y: 1日当りの成長量, 単位 μ , T: 飼育水温°C)で示された。成長速度は30°Cで最大値を示し、32.5°Cになるとわずかに低下する傾向がみられた。なお上式からX軸との交点を求めると成長に参与する下限

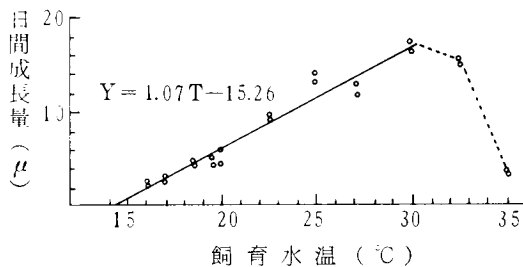


図-3 浮遊幼生の飼育水温と日間成長量との関係
の温度は14.3°Cとなった。

(2) 稚貝の成長と水温の関係

材料と方法

供試稚貝: 1978年7月に採卵し、以後同一条件で飼育して得た0.93 ± 0.15 mmの稚貝を用いた。

実験方法: 稚貝飼育は粒径125~250 μ の砂を50 cc入れた2ℓビーカーに各々100個体収容し、(1)の実験と同様の方法で1実験区に2個設置して行った。

実験区および水温調節方法は表3に示した。

表-3 稚貝(平均殻長0.93 ± 0.15 mm)飼育試験時の設定水温及び調節方法

試験区	水温(°C)	水温調節方法
1区	17.1 ± 1.1	室温
2	19.3 ± 0.7	棒状投込みヒーター
3	26.3 ± 0.5	棒状投込みヒーター
4	30.0 ± 0.02	恒温水槽
5	32.5 ± 0.02	恒温水槽
6	35.0 ± 0.02	恒温水槽

餌料は*Ch. gracilis*を10万 cells/ml濃度で3日おきの換水直後に毎回投与した。換水方法はサイホンで飼育水を抜き取った後、器底の砂が巻き上がらないよう濾過海水(Milipore filter 0.3 μ 使用)を少量ずつ注水した。また600 ml/minの割合でガラス管を通して通気した。

実験期間は1978年8月21~9月21日の31日間である。

なお、上記実験結果から高水温区で成長の低下が認められ、この原因として餌料不足によることが考えられ、30.0℃と32.5℃の水温区で各々10万、20万 cells/ml の餌料濃度で追試を行った。この実験に供した稚貝は平均殻長1.17mmで、9月26日～10月11日の15日間行った。その他の飼育管理は上述と同じである。

結果

表4に各水温区で飼育した結果を示した。

各水温区での生残率は1～3区(17.1～26.3℃)では92～99%、4区(30.0℃)が平均90%、5区(32.5℃)が86～89%と水温が高いと若干生残率が低下する傾向が認められた。6区(35.0℃)では全て斃死したが、図4の殻長組成からみて、飼育初期に斃死したものと思われる。

図5に成長を飼育水温と日殻長伸び率との関係で示した。1区(17.1℃)～3区(26.3℃)までは飼育水温に応じて、ほぼ直線的に増加している。しかし4区(30.0℃)、5区(32.5℃)においては3区と同じか、やや低下する傾向を示して、26℃付近に日殻長伸び率の変曲点が認められる。この1～3区の間で認められる飼育水温と日殻長伸び率との関係は、 $Y = 0.13 - 1.49$ (Y:日殻長伸び率・単位%)、

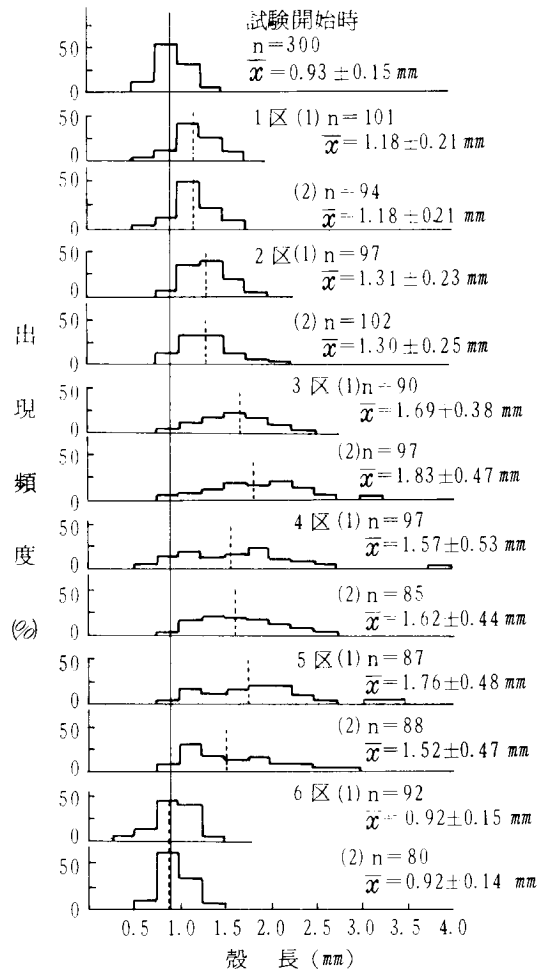


図4 各温度区の殻長組成

表 4 水温別の飼育結果

試験区 (水温℃)	1区 (17.1±11)		2区 (19.3±07)		3区 (26.3±05)		4区 (30.0±002)		5区 (32.5±002)		6区 (35.0±002)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
試験終了時の 平均殻長(mm)	118±021	118±021	131±023	130±025	169±038	183±047	157±053	162±044	176±048	152±047	092±015	092±014
成長量(mm)	025	025	038	037	076	090	064	069	083	059	-001	-001
日殻長伸び率 (%)	076	076	109	107	187	210	165	175	199	155	0	0
生残個体数	101	94	97	102	90	97	97	85	87	88		
斃死個体数	4	8	1	3	7	3	5	15	14	11	92	80
生残率(%)	962	922	990	971	928	970	951	850	861	889	0	0

* 日殻長伸び率(%) = $\frac{L_2 - L_1}{\frac{L_1 + L_2}{2} \times t} \times 100$

L₁ : 試験開始時の平均殻長
L₂ : 試験終了時の平均殻長
t : 飼育日数

試験期間 : 昭和53年8月21日～9月21日(31日間)

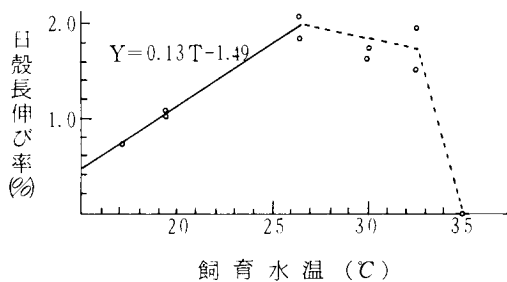


図-5 稚貝飼育水温と日殻長伸び率との関係

T: 飼育水温(°C)で示され、成長に關与する下限の温度は 11.5°C となる。

なお、4、5区における成長率の停滞ないし低下については、表5に示すように、10万および20万 cells/ml で飼育しても餌料濃度による成長差は認められず、餌料不足によるものとは考えられなかった。

各実験区の水質を表6に示した。この測定値は実

表-5 水温別餌料濃度別の飼育結果

試験区	30°C		32.5°C	
	10万 cells/CC	20万 cells/CC	10万 cells/CC	20万 cells/CC
試験終了時の殻長(mm)	1.46±0.26	1.44±0.26	1.55±0.32	1.54±0.31
成長量(mm)	0.26	0.27	0.38	0.37
日殻長伸び率(%)	1.47	1.38	1.86	1.82
生残率(%)	99	98	98	92

試験期間：53年9月26～10月11日(15日間)
開始時の平均殻長：117±0.14 mm

表-6 各試験区の水質

試験区	1 17.1°C		2 19.3°C		3 26.3°C		4 30°C		5 32.5°C		6 35°C	
比重 δ_{15}	24.15	23.60	23.88	23.72	23.88	24.28	25.02	25.18	26.32	26.23	24.85	25.18
pH	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
溶存酸素量 ml/l	5.45	5.37	5.24	5.20	4.58	4.67	4.41	4.43	4.19	4.20	4.16	4.13
飽和度 %	95.6	93.4	95.3	93.7	93.3	95.5	97.1	97.8	98.4	98.4	102	102

9月18日換水時比重(δ_{15})23.85
pH 8.2

験の最終換水後3日目であるが、比重(δ_{15})は4区 25.02～25.18、5区 26.23～26.32で1、2、3区の 23.60～24.28と比較し高い値を示した。また pHも同様に4～6区で8.4と他区に比較し高くなっており、高水温では水の蒸発量が多く、水質変化も早いことが認められた。溶存酸素量は各区とも飽和に近い値であった。

考 察

チョウセンハマグリ浮遊幼生の成長速度は16～30°Cの範囲では飼育水温に応じて直線的に増加し、底生生活期に移行した稚貝(平均殻長0.93±0.15mm)でも17～26°Cの範囲内で同様の傾向を示した。

いま、ARRHENIUSの化学反応速度⁽²⁾に基づいて

$$\log K = -\frac{E}{2.303R} \cdot \frac{1}{T} + \text{const}$$

但し K: 反応速度

E: 活性化エネルギー

R: 気体常数

T: 絶対温度

$\log K$ (成長速度の対数値)を $1/T$ (絶対温度の逆数)に対してプロットして図6に示した。これを見ると、浮遊幼生期と稚貝期に共通する特徴として25°Cないし26°C付近に勾配の転位点が現われ、それより高温域では代謝効率が相対的に低下することを示している。

種苗生産の技術を安定化させる場合の基準は、生き残りと成長速度を高度に維持する環境要因を明確

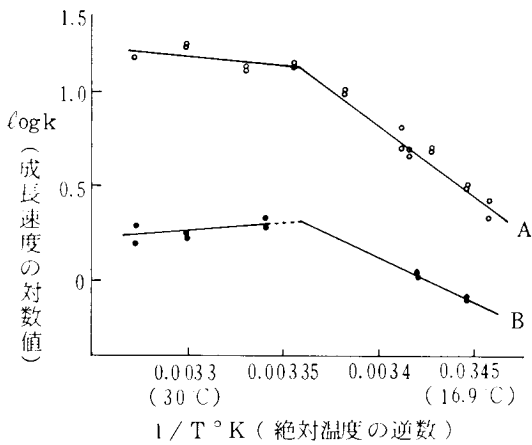


図-6 浮遊幼生(A)および稚貝(B)の成長速度と水温の関係

にすることであると考えると、浮遊幼生期の水温は25℃から30℃、稚貝期の水温は25℃から26℃がその条件を満たしている。しかし採卵から放流種苗サイズ(サイズ未決定)に至るまでの飼育管理を通じて25℃以上を保つことは生産コストの経済性からみて適当でない。さらに高水温になるほど水の蒸発や水質の変化が早く、飼育水の維持管理の点からも適当でなく、むしろ必要最小の加温エネルギーに留めるべきで、その点からも25℃付近を中心に温度管理すれば所要の成果は期待できる。なお30℃以上では成長量が減少し、35℃で死に至ることから、加温

には過剰昇温への配慮が必要である。

要 約

チョウセンハマグリ(Chowson Hamaguri)の浮遊幼生および稚貝の成長と水温の関係を調べ、飼育適正水温について検討し、次の結果を得た。

- (1) 浮遊幼生の成長と水温の関係は、16.1～30℃の範囲で、 $Y = 1.07T - 15.26$ で示された。32.5℃では成長量が減少し、35℃では斃死した。
- (2) 稚貝の成長(日殻長伸び率)と水温の関係は、17.1～26.3℃の範囲で $Y = 0.13T - 1.49$ で示された。30℃および32.5℃では若干成長は低下し、35℃で斃死した。
- (3) 浮遊幼生および稚貝の成長速度と水温の関係をARRHENIUSの化学反応式にあてはめると、25～26℃付近に変曲点が認められ、25℃以上になると代謝効率が相対的に低下することが示された。

文 献

- 1 児玉正碩, 市毛清記, チョウセンハマグリ(Chowson Hamaguri)の初期稚貝の飼育について, 茨水試研報17-21, 1977
- 2 ドーズ, E, A. 反応速度に及ぼす温度の影響「生物物理化学」123-124 共立出版 1964