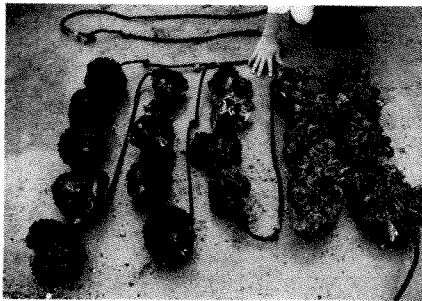


イワガキの効率的な採苗方法

藤原正夢



一定数の稚貝を均一に採苗器に付着させるための方法を検討するため、採苗器の種類、Pediveligerの収容数、通気方法、採苗器の前処理方法を変えて試験を行った。その結果、通気場所の増加と間欠通気の導入により、最適付着稚貝数の採苗器が高率に得られ、効率的な採苗を行うことができた。また、各採苗器の付着稚貝数に大きなバラツキの生じた主な原因は幼生の集合付着ではなくて、採苗器周辺の水流の不均一によるものであると考えられた。

近年、京都府において重要な漁獲対象種、さらに新養殖対象種としても注目されるようになったイワガキ *Crassostrea nippona* に関する種苗生産技術には問題点が少なくない(藤原, 1995)。その中でも、採苗器一枚当りの付着稚貝数のバラツキの大きいことは、養殖するのに最適な数の稚貝が付着した採苗器の割合が著しく低くなるなど、効率的な採苗を行う上で大きな問題であった。

そこで本報告ではこの問題を解決するため、採苗器の種類、Pediveligerの収容数、通気方法、採苗器の前処理方法についての試験を行った。その結果、各採苗器の付着稚貝数に大きなバラツキの生じた原因が明らかになり、効率的な採苗が可能となった。また、前報(藤原, 1995)で報告できなかった採卵数、受精率、幼生回収率等の採卵からD型幼生までの飼育経過についても紹介する。

材料と方法

採卵から殻高数 mm サイズの稚貝で沖出しするまでの飼育は前報(藤原, 1995)に準じて行った。したがって飼育方法の詳細な記述については省略した。

採卵・ふ化幼生飼育 親貝には1995年8月28日宮津市島陰地先で採捕後、栗田湾奥部に位置する京都府立海洋センターの海面養殖施設の水深8mで、丸かご(直径50cm, 高さ20cmの円柱形のかごを5段連結したもの)に入れて垂下飼育した殻高14~16cmの貝(雌3個体, 雄1個体)を用いた。

1996年9月2日に切開法により採卵を行い、切開直後海水中に滲出した卵(以下1回目滲出卵とする)を用いた試験区と、新たに張った海水に再度滲出させた卵(以下2回目滲出卵とする)を用いた試験区を設けた。媒精6時間後浮上しているトロコフォア幼生のみを集め、集めたトロコフォア幼生数を調べて採卵数に対する比を求めふ化率とした。なお、雌個体毎に採卵数、受精率、ふ化率を調べた。媒精からトロコフォア幼生の回収までの飼育水温は

25.2~25.8°Cであった。

媒精1日後、水槽上層に浮遊しているD型幼生（殻長約80 μm）を集めたが、少量の幼生しか回収できなかった。まだかなりの量のD型幼生が底部に残っていたので、1回目の回収後濾過海水を張って1時間半後に、浮上しているD型幼生を再度回収した。集めたD型幼生数を調べて、採卵数に対する比を求め、D型幼生回収率とした。D型幼生回収時の飼育水温は24.4°Cであった。

浮遊幼生飼育 D型幼生から Pediveliger になり飼育槽に採苗器を投入するまでの飼育を浮遊幼生飼育とする。

飼育槽には500 l 容量形黒色ポリエチレン製水槽を4槽用い、飼育槽中央底にセットした内径4 mm のガラス管を通して通気を行った。回収したD型幼生を1槽当たり75万個収容して飼育を開始した。飼育水には孔径0.7 μm のガラス繊維濾紙（Whatman, GF/F）で濾過した海水を用い、水質維持のため3日毎に飼育水全部を交換した。飼育期間は9月3日~9月21日の18日間であり、この飼育中の平均水温は24.6±0.5°Cであった。飼育餌料には、室内で培養した *Chaetoceros* sp.（長軸の長さ約3 μm）と *Nannochloropsis oculata* を用い、この2種を細胞数で等量混合して与えた。給餌直前に Coulter Counter（コールター・エレクトロニクス社、ZB型）によって残餌濃度を求め、設定した餌料濃度になるように不足分の餌料を1日1回毎朝追加した。設定した給餌直後の飼育水中の餌料濃度は、飼育開始時には1万 Cells/ml とし、その後徐々に増加させ飼育開始17日後には10万 Cells/ml まで高めた。なお、設定した餌料濃度が8万 Cells/ml 以上になった14日後以降には朝夕の2回に分けて給餌した。飼育途中に幼生密度が高すぎると考えられたので、飼育開始6日後および15日後の飼育水交換時に幼生数の30%および20%を間引いた。

付着稚貝飼育 採苗器を飼育槽に投入してから殻高数mmサイズの稚貝で冲出しするまでの飼育を付着稚貝飼育とする。効率的な採苗方法を検討するため、Pediveligerの収容数、採苗器の種類、通気方法、採苗器の前処理方法に関して試験を行った。

飼育槽には浮遊幼生飼育と同じ500 l 水槽を4槽用い、浮遊幼生飼育で得られた平均殻長317±33 μm の Pediveliger を10万個または20万個収容した。Pediveliger を付着させる採苗器には、マガキの右殻（平均殻高10.8±1.1 cm）と5×15 cm に切ったカルプシート*（カルプ工業）を用いた。採苗器の中央部に穴をあけクレモナ糸を通し、採苗器の間隔をビニールチューブで1.5 cm 程度に調整して、

* 無機物充填ポリオレフィンの厚さ0.75 cm の黒色のシートで、比重は1.36。

同じ種類の採苗器を約35枚通したものを1連とした。カルプシートの連の最下部には約250 g の陶器製の沈子を付けた。採苗連の最上部が水面下1~2 cm に、最下部が底に接触しないように、さらにカキ殻では殻の外側が上になるように採苗器を垂下した。飼育槽1槽当たりカキ殻を10連、カルプシートを10連入れ、交互に垂下した。

分散器には直径2 mm の穴を12個開けたビニールチューブ（以下ビニールチューブとする）または直径1 mm 以下の微細気泡を出すユニホース（ユニホース、FAL5000）を用い、水槽底の外周に置いて通気した。さらに水槽底中央にセットした内径4 mm のガラス管からも通気をした（Fig. 1）。通気量は、ビニールチューブとユニホースでは約30 l/分、ガラス管では約3 l/分とした。通気時間を検討するため「連続通気」または「間欠通気」を行った。「間欠通気」では電磁弁とタイマーにより1時間の通気と無通気を繰り返した。

採苗器の前処理として、以下の3つの処理を行った。イワガキ1年貝（殻高6~7 cm）42個を入れて濾過海水で流水飼育した2 l 水槽に、採苗器を使用直前まで4日間浸漬した「生貝処理」。濾過海水の流水中に採苗器を使用直前まで6日間浸漬した「海水処理」。水道水の流水中に採苗器を使用直前まで一晩浸漬した「水道水処理」である。

水質維持のため毎日、孔径1 μm のカートリッジ式フィルターで濾過した海水を入れ、同時にオープニング100 μm のネットを張った筒を用いてサイホンで海水を抜き取

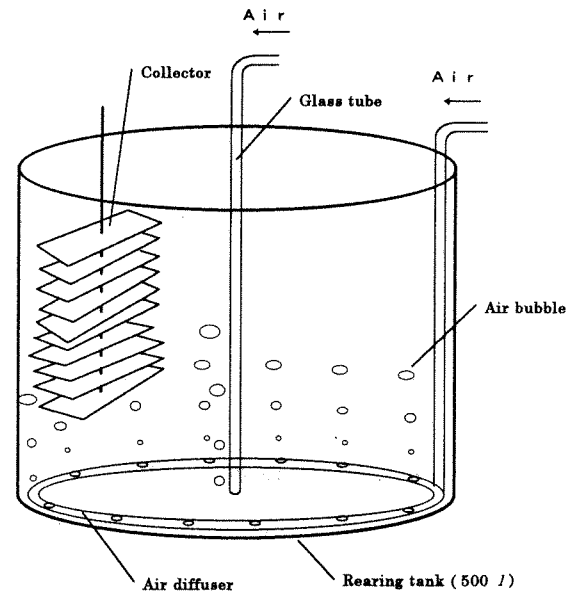


Fig. 1 Rearing apparatus for the spat of *Crassostrea nippona*.

ることにより、約90%の海水を交換した。また採苗器投入6日後には飼育水全部を交換し、水槽も新しいものに替えた。給餌直後の飼育水中の餌料濃度は、6万~10万 Cells/mlとした。

投入10日後の10月1日にカルプシートを、13日後の10月4日にカキ殻を取り上げて沖出しした。飼育期間中の平均水温は23.2±0.4°Cであった。取り上げ時には、カルプシートについては全ての採苗器の付着稚貝数を計数した。カキ殻については水槽の外周と内側に垂下した各々2連の採苗器の付着稚貝数を計数し、全体の付着稚貝数を推定した。取り上げ時の飼育水槽別の付着稚貝の殻高サイズは、カキ殻に付着したものについて測定した。

結果と考察

採卵・ふ化幼生飼育

雌1個体から得られた1回目滲出卵は162~353万粒、2回目滲出卵は380万粒であり、採卵総数は1,121万粒、受精率は94~99%であった (Table 1)。回収したトロコフォア幼生の総数は718万個、ふ化率は50~78%であった。1回目滲出卵と2回目滲出卵とでは受精率・ふ化率に差は見られなかった。

媒精1日後に行ったD型幼生の回収では、1回目に75万個、再度回収した2回目に225万個の幼生を集めた。回収

したD型幼生の総数は300万個、D型幼生回収率は26.8%であった。

1回目と2回目滲出卵を用い、1回目と2回目回収D型幼生を用いるとすれば、殻高14~16cmの雌1個体から300万粒以上の卵が得られ、80万個以上のD型幼生が得られることになる。500l飼育槽1槽分のD型幼生が雌1個体から得られることになり、イワガキはアカガイ、ミルクイ、アサリ (山口県内海裁七, 1996)、トリガイ (藤原・西広, 1988) 等の他の二枚貝類に比べ非常に少ない親貝数で確実に採卵できる種類であることが分かった。

浮遊幼生飼育

浮遊幼生飼育中の生残率は69~100%、取り上げ時の平均殻長は314~329µmであり、取り上げ時の全ての幼生に占める眼点が出現した Pediveliger の割合 (眼点出現個体率) は32~55%であった (Table 2)。1回目回収したD型幼生と2回目回収したD型幼生を用いて飼育を行った水槽間での成長・生残に差は見られなかった。

付着稚貝飼育

採苗器の種類 採苗器の種類別に平均付着稚貝数を整理すると、カキ殻の平均付着稚貝数は水槽D-1ではカルプシートの1.15倍、D-2では1.34倍、D-3では1.43倍、D-4では1.57倍であり、全ての水槽でカキ殻の平均付着稚貝数がカルプシートよりも多かった (Table 3)。カルプシートはカキ殻に比べ、付着した稚貝の識別が容易、好みの形や

Table 1. Results of artificial fertilization of *Crassostrea nippona*.

Date of fertilization	Parent shell			Total no. of eggs (×10 ⁴)	Fertilization rate (%)	Hatching rate (%)
	Shell height (mm)	Total weight (g)	Soft tissue weight (g)			
1996 Sep. 2	135	420	79	353* ¹	94	63
	151	560	97	162* ¹	99	78
	160	640	103	226* ¹	99	50
				380* ²	99	68

*¹ First eggs stripped from the gonad.

*² Second eggs stripped from the gonad.

Table 2. Growth and survival rate of larvae of *Crassostrea nippona*.

Date of rearing	No. of larvae survived (×10 ⁴)	Survival rate (%)	Shell length mean±S.D. (µm)	Growth rate (µm/day)	Occurrence of larvae with eye-spots (%)
1996 Sep. 3–Sep. 21	39* ¹	93	319±31	13.3	47
	29* ²	69	329±29	13.8	55
	42* ²	100	321±30	13.4	32
	42* ²	100	314±36	13.0	40

*¹ First D-shaped larvae collected from hatching tank were used for rearing of larvae.

*² Second D-shaped larvae collected from hatching tank were used for rearing of larvae.

Table 3. Growth and collecting number of spats of *Crassostrea nippona*.

Tank no.	Aeration	Type of air diffuser	Stocked				Harvested						
			Date	No. of larvae ($\times 10^5$)	Shell length mean \pm S.D. (μ m)	Type of Collector	No. of Collectors	Date	No. of spats	No. of spats per collector	Shell height mean \pm S.D. (mm)	Collecting rate (%)	No. of spats settled on bottom of tank
D-1	Discontinuously* ¹	Vinyl tube* ²	Sep. 21	10	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	350	Oct. 4	5,865	16.6	1.7 \pm 0.6	10.9	2,000
			Sep. 21	20	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	350	Oct. 1	5,028	14.4			
D-2	Discontinuously* ¹	Vinyl tube* ²	Sep. 21	20	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	349	Oct. 4	11,408	32.6	2.0 \pm 0.5	10.0	3,000
			Sep. 21	20	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	348	Oct. 1	8,515	24.4			
D-3	Discontinuously* ¹	Uni hose* ³	Sep. 21	20	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	350	Oct. 4	9,155	26.2	1.3 \pm 0.3	7.8	2,000
			Sep. 21	20	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	350	Oct. 1	6,380	18.3			
D-4	Continuously	Vinyl tube* ²	Sep. 21	20	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	350	Oct. 4	7,560	21.6	2.0 \pm 0.5	6.2	8,000
			Sep. 21	20	317 \pm 33	Shell* ⁴ Calp seat* ⁵	350	Oct. 1	4,820	13.8			

*¹ It was aerated at one-hour intervals, "off and on aeration".

*² Vinyl tube with twelve tiny orifices (2 mm in diameter).

*³ Uni air hose formed smaller bubbles than vinyl tube.

*⁴ The oyster (*Crassostrea gigas*) shells 10.8 \pm 1.1 cm (mean \pm S.D.) in shell height.

*⁵ The calp (polyolefin filled with inorganic matter) seats were 15 cm long, 5 cm wide, 0.75 mm thick.

サイズに加工可能、一枚当りの価格が約 1/3 と安価という利点はあるが、上記のとおり平均付着稚貝数がやや少なく、さらに付着した稚貝がはがれやすいという欠点があった。したがって、種苗生産に用いる採苗器としてはカキ殻のほうが良いと考えられた。

Pediveliger の収容数 Pediveliger の収容数を変えた水槽 D-1 と D-2 の飼育結果を比較して見ると (Table 3), Pediveliger 収容数が10万個の D-1 の取り上げ稚貝数は10,893個, Pediveliger 収容数が20万個の D-2 の取り上げ稚貝数は19,923個であり, Pediveliger 収容数が2倍であると取り上げ稚貝数も約2倍となった。Pediveliger 収容数に対する取り上げ稚貝数の割合 (以下採苗率とする) は10.9%と10.0%で, Pediveliger の収容数が異なっても採苗率はほぼ同じであった。また, 取り上げ稚貝の平均殻高

は水槽 D-1 が 1.7 ± 0.6 mm, D-2 が 2.0 ± 0.5 mm であり, Pediveliger 収容数および取り上げ稚貝数の多い水槽 D-2 のほうが若干大きかった。カキ殻1枚当たりの平均付着稚貝数は, 水槽 D-1 が16.6個/枚, D-2 が32.6個/枚であり, 水槽 D-1 では最適付着稚貝数の20個/枚前後 (藤原, 1995) よりも少なかった。以上のとおり, Pediveliger 収容数については10万個より20万個のほうが最適付着稚貝数の採苗器が多く得られ有利であった。

通気方法 通気気泡の大きさを変えた水槽 D-2 と D-3 の飼育結果を比較して見ると (Table 3), ユニホースを用いた D-3 の場合には取り上げ稚貝数は15,535個で採苗率は7.8%であり, ビニールチューブを用いた D-2 の場合の稚貝数および採苗率の78%の値であった。また, 取り上げ稚貝の平均殻高は水槽 D-3 では 1.3 ± 0.3 mm であり D-2

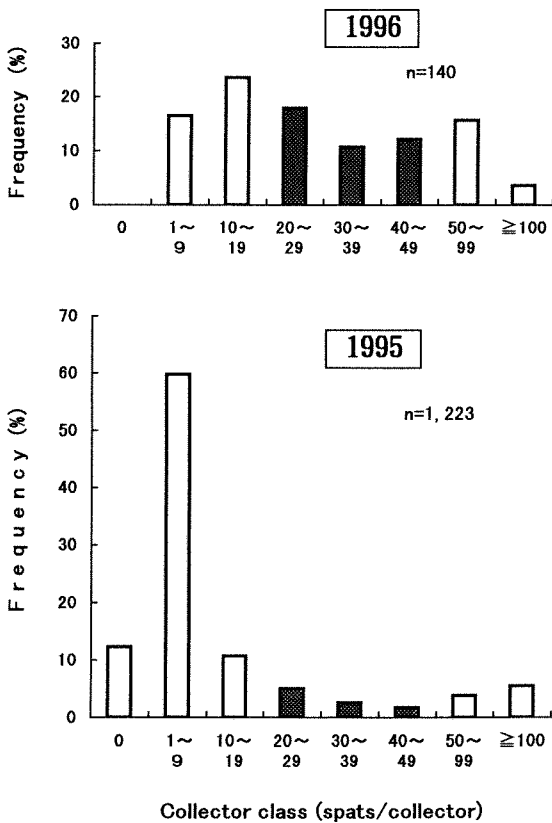


Fig. 2 Percentage occurrences of collectors in the eight classes (numbers of spat per collector at harvest). 1996: the data from Table 3 (D-2, the oyster shells), 1995: the data from Fujiwara (1995). Closed columns indicate the optimum initial number of spat by hanging culture in the sea.

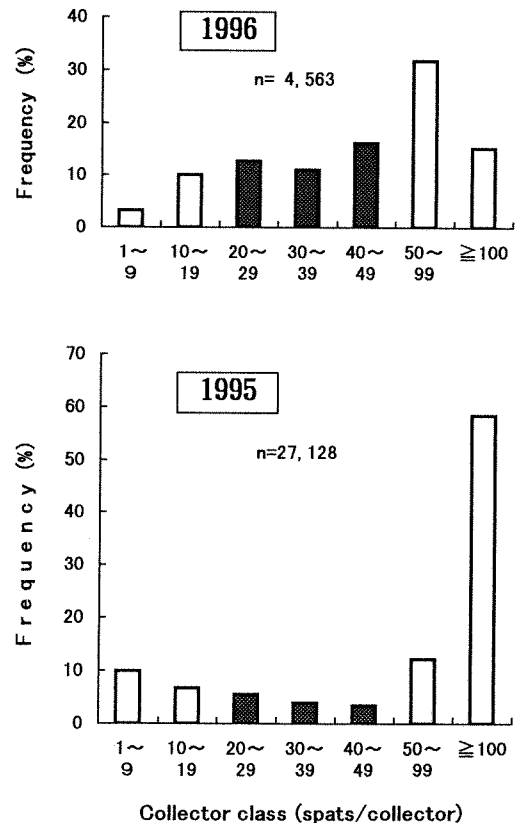


Fig. 3 Percentage occurrences of a total number of spats in the seven classes (number of spat per collector at harvest). 1996: the data from Table 3 (D-2, the oyster shells), 1995: the data from Fujiwara (1995). Closed columns indicate the optimum initial number of spat by hanging culture in the sea.

と比較して約 0.7 mm 小さかった。以上の通り、直径 2 mm の穴を開けたビニールチューブを分散器に用いた水槽 D-2 に比べ、微細気泡を出すユニホースを用いた水槽 D-3 の採苗率と成長は明らかに悪かった。微細気泡の水槽では水面まで浮上した気泡の直径は 1 mm 以下であるが、飼育水中には直径数から数十 μm の餌料サイズに近い微細な気泡が多かったと考えられ、この微細気泡のため稚貝の摂餌が阻害され、著しい成長の低下を招いたのではないかと推察された。

通気時間の異なる水槽 D-2 と D-4 の飼育結果を比較してみると (Table 3), 連続通気した D-4 の場合には取り上げ稚貝数は 12,380 個で採苗率は 6.2% であり、間欠通気した D-2 の稚貝数および採苗率の 62% の値であった。た

だし、取り上げ稚貝の平均殻高はどちらも $2.0 \pm 0.5 \text{ mm}$ であり違いは認められなかった。なお、水槽 D-4 の水槽底部への稚貝の付着は、水槽底の外周に置いたビニールチューブの周辺に特に多く見られ、その個体数は約 8,000 個で、その他の水槽の約 2,000~3,000 個と比べ著しく多くなっていた。以上の通り、間欠通気した水槽では連続通気した水槽よりも、底部の付着稚貝数が少なく、採苗率も高かった。したがって、間欠通気はマガキの種苗生産 (広島県水試, 1993) と同様に有効な通気方法であると考えられた。

今回の試験で最も平均付着稚貝数が多く、取り上げサイズも大きかった水槽 D-2 のカキ殻の採苗結果と前報 (藤原, 1995) の結果とを比較した。取り上げた採苗器を、採

Table 4. Mean number of spats of *Crassostrea nippona* per collector under different pretreatment of collectors.

Tank no.	Type of Collector* ¹	Pretreatment of collectors		
		Live oyster* ²	Sea water* ³	Tap water* ⁴
D-1	Shell	13.5 (n= 70)	19.7 (n= 71)	
	Calp seat	15.2 (n=175)	13.6 (n=175)	
D-2	Shell	24.1 (n= 35)	26.9 (n= 70)	52.5 (n=35)
	Calp seat	32.3 (n=140)	17.7 (n=175)	26.3 (n=34)
D-3	Shell	23.8 (n= 70)	28.5 (n= 70)	
	Calp seat	19.9 (n=173)	16.8 (n=175)	
D-4	Shell	18.8 (n= 70)	24.4 (n= 70)	
	Calp seat	12.9 (n=175)	14.7 (n=175)	

*¹ See explanation in Table 3.

*² The collectors were immersed in rearing tank (2 kL) stocked with forty two "Iwagaki" 6-7 cm in shell height for four day. Filtered sea water was sprinkled into this rearing tank.

*³ The collectors were immersed in running filtered sea water for six day.

*⁴ The collectors were immersed in running tap water for one day.

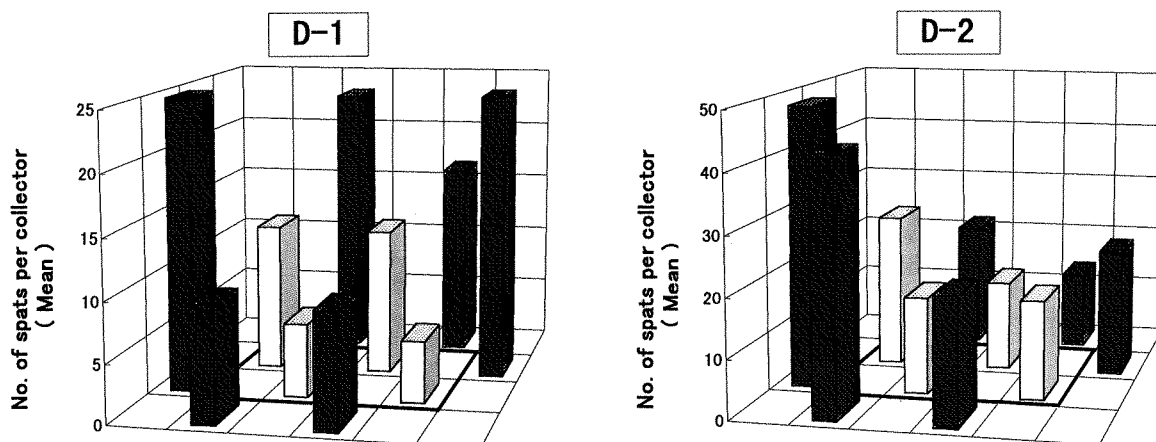


Fig. 4 Mean number of spats of *Crassostrea nippona* per collector at different place in rearing tank (D-1, D-2). Closed and open columns indicate the collectors hunged at the periphery and center parts, respectively.

苗器1枚当たりの付着稚貝数により0個/枚、1~9個/枚、10~19個/枚、20~29個/枚、30~39個/枚、40~49個/枚、50~99個/枚および100個/枚以上の8つの採苗器クラスに分け、総採苗器数に占めるそれぞれの採苗器クラスの割合を調べた。最適付着稚貝数は20個/枚前後と考えられている(藤原, 1995)が、沖出し直後の減耗の年変化を考慮して付着稚貝数が20~49個/枚の採苗器について見ると、総採苗器数に占めるこの採苗器クラスの割合は前報では9.2%であるのに対して今回は40.7%であった(Fig. 2)。さらに、クラス分けした採苗器に、どのくらいの稚貝が付着しているかを調べるために、付着稚貝総数に占めるそれ

ぞれの採苗器クラスの付着稚貝の割合を調べた。同様に付着稚貝数が20~49個/枚の採苗器について見ると、付着稚貝総数に占めるこの採苗器クラスの付着稚貝の割合は前報では12.7%であるのに対して今回は39.9%であった(Fig. 3)。

以上の通り、今回は前報よりも各採苗器の付着稚貝数のバラツキは少なく、最適付着稚貝数の採苗器が高率に得られ、より効率的な採苗ができた。今回と前報の飼育条件の大きな違いは、通気方法が前報では飼育槽中央底にセットした1本のガラス管だけからの連続通気であったのに対して、今回は前報よりも通気場所を増加させ間欠通気をし

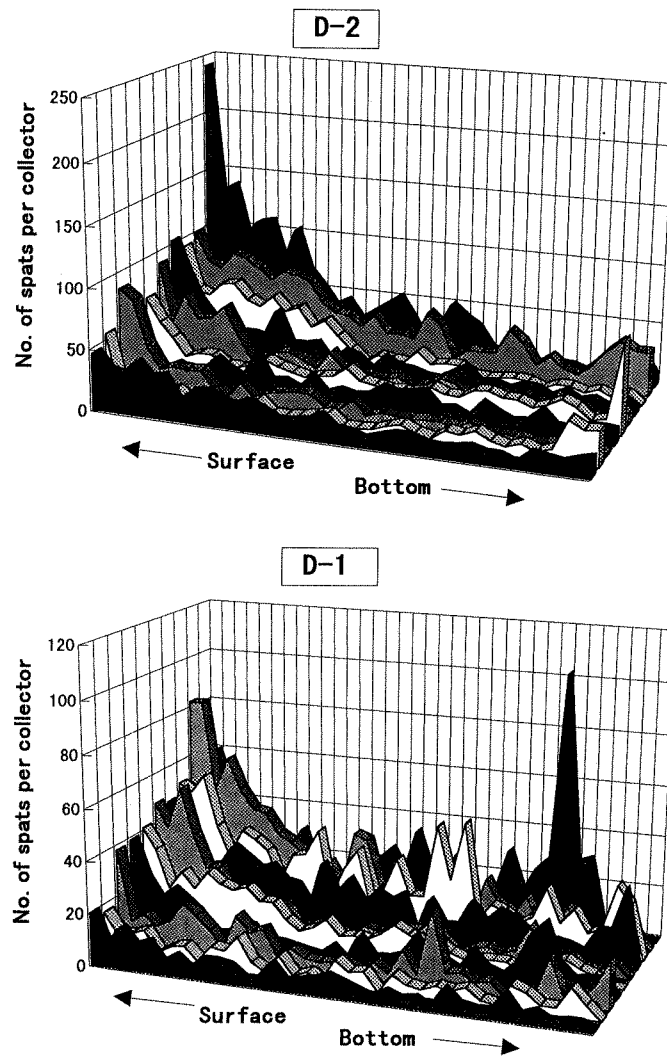


Fig. 5 Number of spats of *Crassostrea nippona* per collector at different depths in the rearing tank (D-1, D-2).

たことである。したがって、通気場所の増加と間欠通気の導入によって、より効率的な採苗ができたと考えられる。

採苗器の前処理 採苗器の前処理別の平均付着稚貝数を Table 4 に示した。採苗器の前処理別の平均付着稚貝数は、12.9~52.5個/枚の範囲内にあり、水槽や採苗器別に一定の傾向は認められなかった。したがって、マガキの種苗生産で認められたような採苗器の前処理の効果（広島県水試, 1994）は認められなかった（Table 4）。

最後に、前報（藤原, 1995）の結果で、各採苗器の付着稚貝数に大きなバラツキの生じた原因について整理してみた。今回、付着誘引物質（Bayne, 1969）による幼生の集合付着（菅原, 1991）を期待して、採苗器の前処理を行ったが、採苗器の前処理の効果は認められなかった。しかし、通気場所を増加させ間欠通気をして、採苗器周辺の水流をより均一にしたところ、付着稚貝数のバラツキは少なく効率的な採苗ができた。以上の結果から、前報（藤原, 1995）において各採苗器の付着稚貝数に大きなバラツキの生じた主な原因は幼生の集合付着ではなく、採苗器周辺の水流の不均一によるものであると考えられる。なお、通気方法を改善した今回でも、水槽の外周に垂下した分散器直上の採苗連（Fig. 4）や上層の採苗器（Fig. 5）の付着稚貝数が多い傾向が認められ、流れがより強い場所に多くの稚貝が付着していると考えられた。今後さらに効率的な採苗を行うためには、通気場所の増加や間欠通気における通気時間の検討等を行い、通気方法をさらに改善することが

必要であろう。

本研究を進めるにあたり、採苗器について有益な助言を戴いた島根県水産試験場鹿島浅海分場の勢村 均氏に謝意を表します。

文 献

- Bayne, B.L.. 1969. The gregarious behaviour of the larvae of *Ostrea edulis* L. at settlement. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **49**: 327-356.
- 藤原正夢. 1995. イワガキの種苗生産技術の開発と問題点. 京都海洋センター研報, **18**: 14-21.
- 藤原正夢・西広富夫. 1988. トリガイの種苗生産技術について. 養殖, **25**(6): 109-113.
- 広島県水産試験場, 1993. 特選広島かき量産技術開発事業（幼生飼育試験）. 平成4年度広島県水産試験場事業報告, 24-28.
- 広島県水産試験場. 1994. 特選広島かき種苗生産事業（付着稚貝配布事業）. 平成5年度広島県水産試験場事業報告, 26-28.
- 菅原義雄. 1991. カキ. 海洋生物の付着機構（梶原 武編）. 恒星社厚生閣, 東京, 62-75.
- 山口県内海栽培漁業センター, 1996. アカガイ種苗生産事業（アカガイ, ミルクイ, アサリ）, 平成5・6年度山口県栽培漁業センター事業報告, 124-135.

Synopsis

Efficient Methods for Settling Larvae of "Iwagaki" Oyster *Crassostrea nippona*

Masamu FUJIWARA

An attempt to mass-produce the seeds of "Iwagaki" Oyster *Crassostrea nippona*, recently has attracted special interest as a commercially important species, was made. In the seed production, efficient method for settling larvae uniformly on collectors is required. In order to develop the method, stocked numbers of larvae in rearing tank, type of collector, aeration method and pretreatment of collector were examined.

Through a series of examinations, it was found that high percentages of collector with optimum spat density were expected by mean of aeration method in rearing tank. Namely, the optimum spat density on collector resulted from the off and on aeration and an increase of aerating places in the tank. It was considered that the main cause for various numbers of spats per collector at harvest was not "gregarious settlement" of larvae, but uneven current around the collectors.