

笠岡湾における養殖モガイの生態に関する研究

丁 雲源*・笠原正五郎・中村 中六
(広島大学水畜産学部水産学科)

An Ecological Study on the So-called Mogai (*Anadara subcrenata*
(LISCHKE)) cultured in Kasaoka Bay

Yun-yuan TING*, Shogoro KASAHARA, Nakaroku NAKAMURA
Department of Fishery, Faculty of Fisheries and Animal Husbandry,
Hiroshima University, Fukuyama.
(Figs. 1-17; Tables 1-6)

緒 言

サルボウ *Anadara subcrenata* (LISCHKE) は、水産上一般にはモガイと呼ばれている。その分布は太平洋沿岸では青森県以南、日本海沿岸では新潟県以南で、沖縄、中国、朝鮮等にも及び、日本における主要な産地は東京湾、大阪湾、笠岡湾、有明海、豊前海、中海等である。

瀬戸内海において、サルボウは重要な養殖二枚貝の1種に挙げることができるが¹⁾、最近では干拓や、工場排水の影響などのためその養殖場は次第に縮小し、各地とも湾奥部より湾口部に移る傾向が見られている。

一方、サルボウの種苗生産に関しては、日下部²⁾が温度刺激による放卵放精とそれによる孵化幼生の変態及び成長について報告しているほか、岩崎ら³⁾は幼生の餌料として藍藻類 *Rhodomonas ovalis* NYGAARD の使用が良い結果を示すことを報告している。但し、本種の種苗生産技術並びに養殖技術を確立するためには、猶多くの問題が残されている。

筆者らは昭和45年から46年にかけて笠岡湾、大島養殖場の環境条件ならびに養殖モガイの成長とそれに伴う形態変化などについて調べると共に、本種の生殖巣の成熟、各種刺激による産卵誘発、受精及び初期発生に及ぼす塩分濃度の影響等、種苗生産に関する基礎的事項について2、3の実験観察を行なったので、それらの結果をここに報告する。観測及び材料蒐集に当って終始御援助をいただいた笠岡市大島漁業協同組合の山本猛氏ならびに種々有益な御助言を賜った日下部台次郎氏に厚く感謝する。

材料及び方法

供試材料としたサルボウは、有明海産の種苗—いわゆる1年もの—toに相当するもの1俵(30 kg)、及び既に現場で1年養殖したもの(種苗は有明海産もの)—いわゆる2年もの—toに相当するもの2俵(60 kg)を、昭和45年5月12日大島養殖場内の1地区(第1図のA₁)にまき、同年5月12日から翌年6月11日に至る期間中、2週間または3週間おきに採集した。1回の採集個体数は約90~130個で、それらを実験室に持ち帰り、殻長、殻幅、殻高、全重量、肉重量等を測定した。また、別に笠岡湾で1年養殖した大阪種(大阪湾産)と九州種(有明海産)のものをそれぞれ採集し、上記と同じ項目について測定を行なった。

* 台湾省水産試験所台南分所 *Originally, a staff of the Tainan Fish Culture Station, Tainan Fisheries Research Institute, Tainan, Taiwan,

水温、塩素量の調査は毎採集時に採集地点のそれについて測定を行なった。底質調査は昭和46年5月18日に神島外浦の1箇所、大島側の3箇所(図1のA₁およびA₂, A₃, A₄)を選び、エックマンバージ型採泥器を用いて採泥し、それらの強熱減量およびCODについて「水質汚濁調査指針」の方法⁴⁾に従って測定した。さらに、粒度組成について「実験農芸化学」のピペット法⁵⁾に若干の修正を加えた方法により調査した。

モガイの性現象に関する一連の実験の供試材料としては、既に述べたように笠岡湾大島養殖場において2週間或いは3週間おきに採集したものをを用いた。ほかに、採卵実験材料としては芦田川河口で採集したものをを用いた。

モガイを解剖し、生殖巣についての肉眼的観察を行なったのち、それを内臓周辺の結合組織から切り取り、Bouin液で固定してからパラフィン切片とし、haematoxylin および eosin の二重染色を施し生殖巣の組織学的観察を行なった。

採卵実験は産卵期に当る7月～9月の期間に行ない、1ℓガラスビーカーに1個体あて収容し、薬剤および温度刺激による放卵放精反応及び精子懸濁液刺激による放卵の有無をみるとともに、それらの場合の反応や受精率に及ぼす塩分条件の影響などについて調べた。なお受精率や、初期幼生の歩留りなどをみるための卵、精子は主として温度刺激により産出されたものをを用いた。

調査及び実験の結果

1. モガイ養殖の現況

笠岡湾を中心とする本種の養殖は昭和22年から始まり、当時は笠岡港、きのこ島横島、生江浜、西浜、神島内浦、神島外浦、大島、皿山、福山港等の諸地区で行なわれ、その養殖面積も広大であった。しかしその

Table 1. Production of cultured Mogai in the vicinity of Kasaoka Bay.

Name of culturing ground	Year	Amount of released seedlings kg	Annual production (with shell) kg
Kamishimauchiura 8ha.*	1965		1,976,000
	1968	64,500	258,000
	1969	6,400	14,700
	1970	7,500	150,000
	1971		150,000
Ohshima 50ha.*	1965		469,000
	1968	5,174	904,000
	1969	8,425	817,000
	1970	6,715	1,327,000
	1971		1,500,000
Kamishimasotoura 10ha.*	1965		1,000
	1968	31,000	41,000
	1969	45,700	139,700
	1970	51,000	260,000
	1971		187,500
Kasaoka	1965		73,000
Namaehama	1965		264,000
Nishihama	1965		16,000

*[In 1971.]

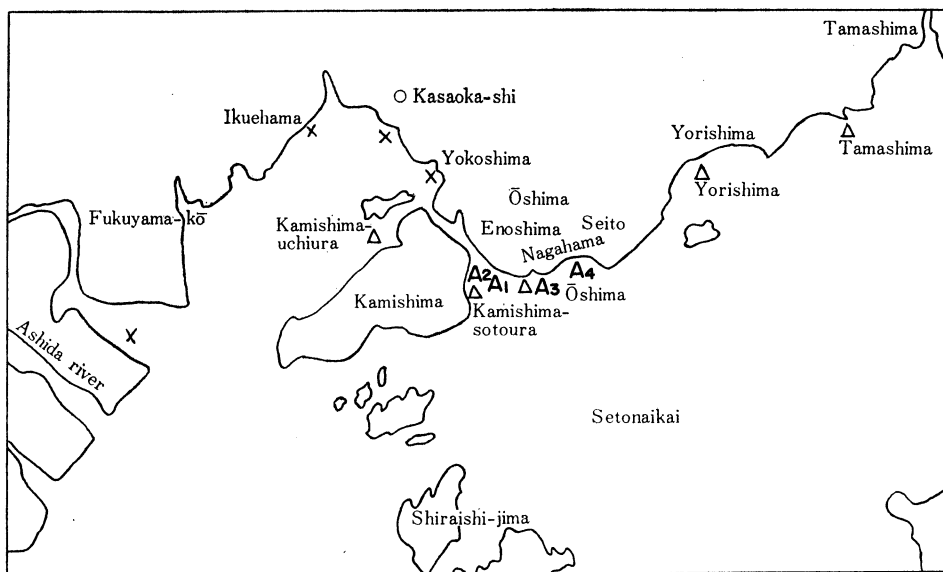


Fig. 1. Map showing Mogai culturing ground in the vicinity of Kasaoka Bay.

× : Lost culturing ground

A₁ : Experimental spot

△ : Present culturing ground

A₁-A₄ : Sampling spot

後これらの沿岸地帯への工場群の進出に伴い、神島内浦、神島外浦、大島を除く諸養殖場は消滅し、神島内浦の養殖場面積も著しく縮小するに至った。現在、神島外浦、大島等で養殖が盛であり、さらに寄島、玉島方面へ養殖場が移りつつある（第1図及び第1表参照）が、笠岡湾の干拓面積はさらに大幅に拡大される計画なので、この地域におけるモガイ養殖の将来については悲観的な見通しが強いと断ぜざるを得ない状況にある。

モガイの養殖種苗は、当初は中海から移殖していたが、現在はその大部分（約85%）は人工採苗および天然採苗による九州有明海産のもので、一部（約15%）は大阪湾の天然産の稚貝を移殖している。業者によると笠岡湾における両者の成長は、後者が前者より多少まさるともいわれている。なお、これらのモガイ養殖事業はこれまで剥身加工業者と各漁業組合との共同で行なわれ、加工業者が種苗の提供と生産物の購入および加工を、組合が養殖部門をそれぞれ担当し、水揚量に対する6:4の歩合分けによって経営が行なわれている。

2. 養殖場の環境条件

2-1. 養殖場の定点における水温、塩素量の周年変化

調査期間中の前記A₁地点における水温、塩素量の変化は第2図に示す通りで、水温は9月に27.6°C（表層）の最高値を示し、2月に5.7°C（表層）の最低値を示した。夏季は表層の水温は底層より1°C前後高かったのに対し冬季は逆に底層の方が高いがその差は少なかった。但し、冬季はその調査実施が大体干潮時に当り、水深が浅かったので、表、底層の差の点については明確ではない。塩素量は夏季においては大体17%以下を示し、またその変化の比較的大きいことがみられた。これに対し、冬季は17.5%前後の比較的高塩分に安定していることが認められた。全般に底層は表層より塩分が高く、特に夏はその差の大きいことが認められた。

2-2. 養殖場の底層—粒度組成, I. L., COD

前記の各定点で採集した底泥の粒度組成をピペット法によって分析した結果は第2表に示す通りで、各地点について粒径加積曲線から泥量(粒径0.04 mm以下)の全量に対する百分率を求めた結果は、A₁(江ノ島)

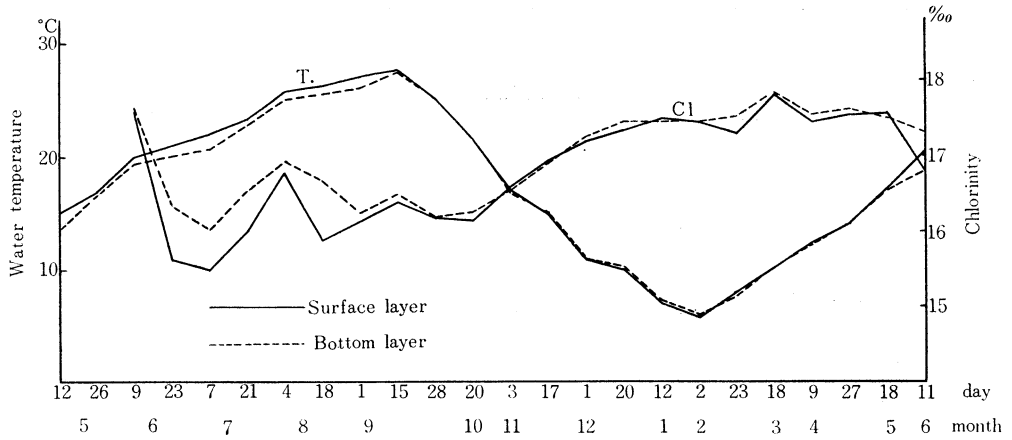


Fig. 2. Seasonal variation of temperature and chlorinity of sea water in Enoshima Mogai culturing ground.

Table 2. Particle size of bottom mud in Enoshima Mogai culturing ground.

	A ₁ Enoshima	A ₂ Kamishima	A ₃ Nagahama	A ₄ Seito
Weight of wet mud (g)	19.882	19.854	19.404	19.873
Percentage of dry mud	33.50	33.44	32.51	39.68
Total weight of sample (g) (%)	6.660 (100)	6.639 (100)	6.308 (100)	7.886 (100)
0.00~0.002 mm (g) (%)	1.626 (24.40)	1.528 (23.01)	1.760 (27.91)	2.667 (33.82)
0.002~0.02 mm (g) (%)	3.776 (56.69)	3.673 (54.78)	3.301 (52.33)	3.872 (48.53)
0.02 ~0.25 mm (g) (%)	0.587 (8.81)	0.542 (8.16)	0.596 (9.45)	0.660 (8.37)
0.25 ~0.50 mm (g) (%)	0.615 (9.23)	0.629 (9.47)	0.587 (9.30)	0.606 (7.68)
0.50 ~1.00 mm (g) (%)	0.050 (0.75)	0.207 (3.12)	0.086 (1.36)	0.090 (1.14)
1.00 ~2.00 mm (g) (%)	0.024 (0.36)	0.022 (0.33)	0.024 (0.38)	0.019 (0.24)
2.00 ~4.00 mm (g) (%)	0	0	0	0
4.00 mm< (g) (%)	0	0	0	0
Percentage of mud (<0.04 mm)	84	81	83	83

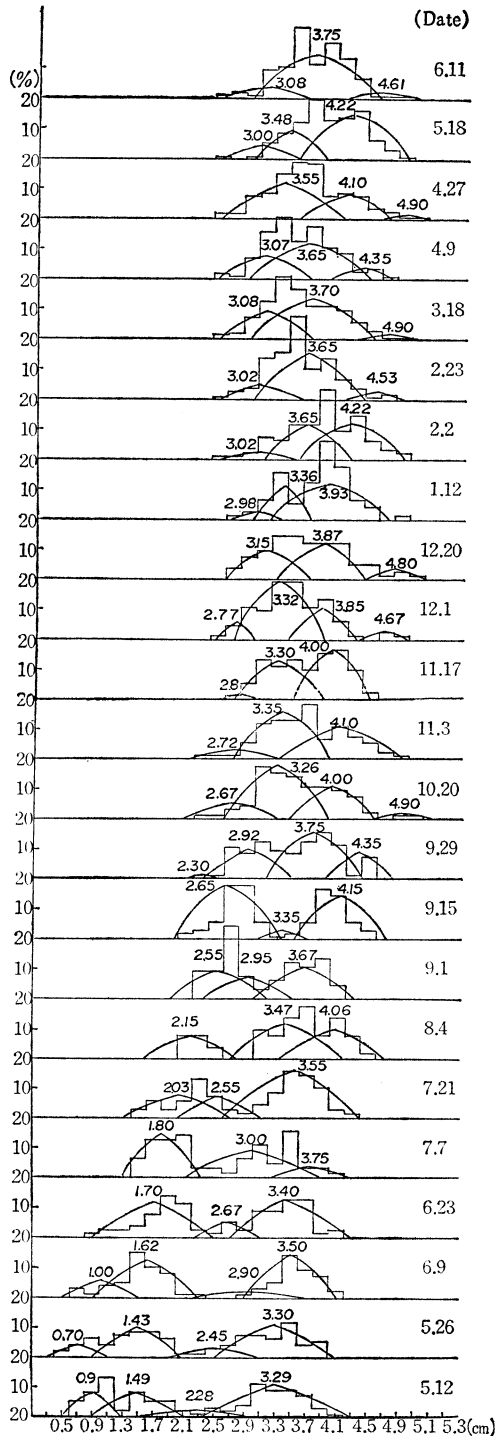


Fig. 3. Change of shell length distribution of Mogai through a year,

: 84%, A₂ (神島外浦): 81%, A₃ (長浜): 83%, A₄ (正頭): 83%となり, 何れの地点も殆ど泥質から成っていることが認められた.

強熱減量の測定は約 2 g の乾燥底泥を採り電気炉で 700°C に 2 時間強熱することによって行なったが, その結果から強熱減量の百分率 (I. L.) を示すと第 3 表のようになる. これからみると, 湾口の A₁ の 9.87 % が最も大きく, 湾外の A₄ の 9.24 % が最小であった. 次に, 各地点について乾燥底泥 1 g あたりに消費される酸素量, 即ち COD を求めた結果は, 同じく第 3 表に示したように, A₁: 4.74, A₂: 3.71, A₃: 3.65, A₄: 2.73 O₂ mg/g 乾泥となり, 湾口部から湾外に移るに従い次第に減少する傾向が見られた.

3. モガイの成長

各調査時における採集個体の殻長頻度分布を求めそれについて確率紙による検査を行なってみると, それぞれ幾つかの群に分けられる (第 3 図). それらの群の中央値を調査別にグラフ用紙にプロットしてみると, 第 4 図に見るように P₁~P₅ の 5 群の成長曲線を表わすものとして分けられる. 殻長から見て P₁, P₂ の個体群は 1 年もの, P₄, P₅ 群は 2 年ものであり, P₃ 群は 1 年ものうち特に成長の速いものおよび 2 年もので成長の著しく遅れたものの混在から成っていると判断して妥当かと思われる. これに基づき, さらに P₁, P₂ の中間曲線 (M₁) および P₄, P₅ の中間曲線 (M₂) を求めれば, M₁, M₂ はそれぞれ笠岡湾における 1 年もの, 2 年もの養殖期間における平均的個体の殻長成長経過の概要を示しているとみて良いであろう. これらを通じ年間の成長度を見ると, 比較的成長の速い 5 月~11 月

Table 3. Ignition loss and COD of bottom mud in Enoshima Mogai culturing ground.

		I. L.	%	COD (O ₂ mg/lg dry mud)
Enoshima	A ₁	9.87	0.127	4.74
Kamishimasotoura	A ₂	9.67	0.106	3.71
Nagahama	A ₃	9.56	0.042	3.65
Seito	A ₄	9.24	0.495	2.73

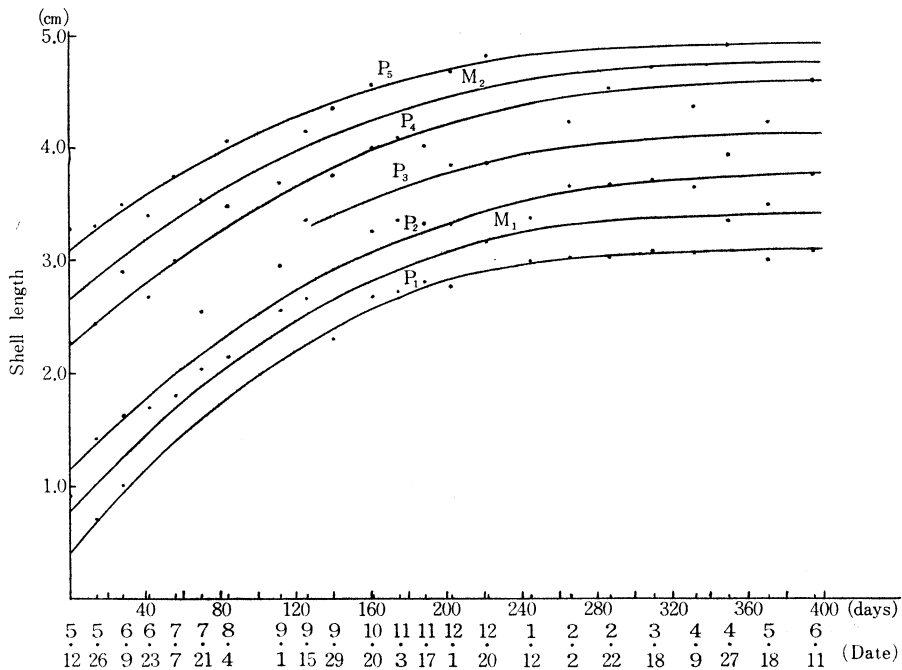


Fig. 4. Growth curve of Mogai in Kasaoka Bay.

(成長期間)と成長のあまりみられない12月～翌年4月(成長停止期間)に大別することができる。すなわち、殻長でみた場合の5月～11月における成長は1年ものではおよそ0.8 cm から3.1 cm へ約2.3 cm の成長、2年ものではおよそ2.7 cm から4.6 cm へ約1.9 cm の成長を示すのに対し、12月～4月の成長はそれぞれ3.1 cm から3.4 cm への約0.3 cm、4.6 cm から4.8 cm への約0.2 cm の成長を示すに過ぎないことが認められる。また、年間(5月～翌年4月)におけるその成長量は、1年ものは約2.6 cm、2年ものは約2.1 cm であり、前者の成長速度は後者より大きいことを示している。

4. 養殖モガイの形態

4-1. 成長に伴う変化

調査限間中に採集した合計約2200個体に関する測定値から、殻長に対する全重量および殻高、殻幅との関係についてそれぞれ回帰直線を求めた結果は、第5～7図に示す通りである。殻長と全重量の関係は $\log Y = 0.3034 \log X + 0.1909$ (Y: 殻長, X: 全重量) で示される。また、殻長と殻高の関係は $\log Y = 0.9665 \log X + 0.1159$ (Y: 殻長, X: 殻高) で表わされ、殻長と殻幅の関係は $\log Y = 0.8108 \log X + 0.2437$ (Y: 殻長, X: 殻幅) となることが示された。これからみると、成長に伴うモガイの殻形変化については、殻長

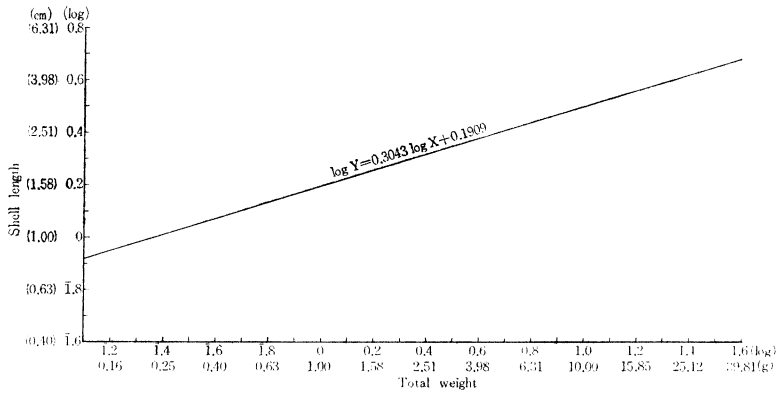


Fig. 5. Relation between shell length and total weight.

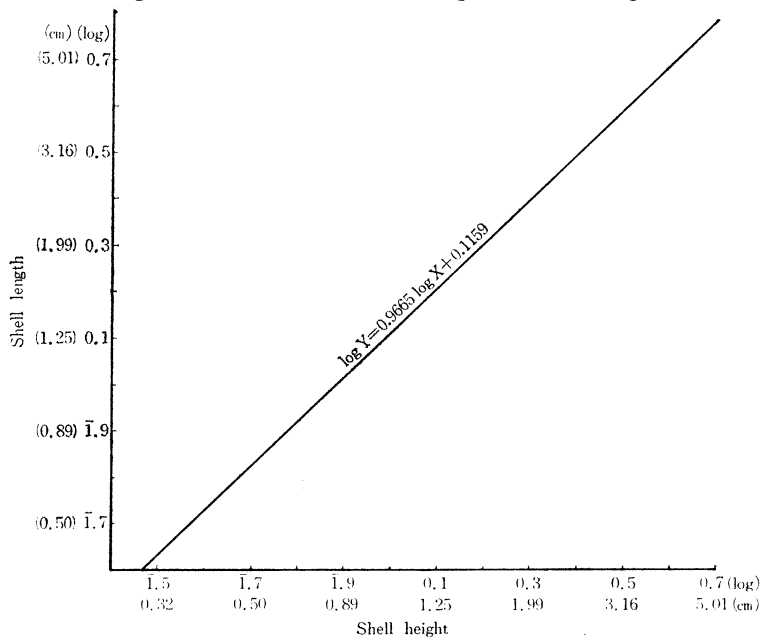


Fig. 6. Relation between shell length and shell height.

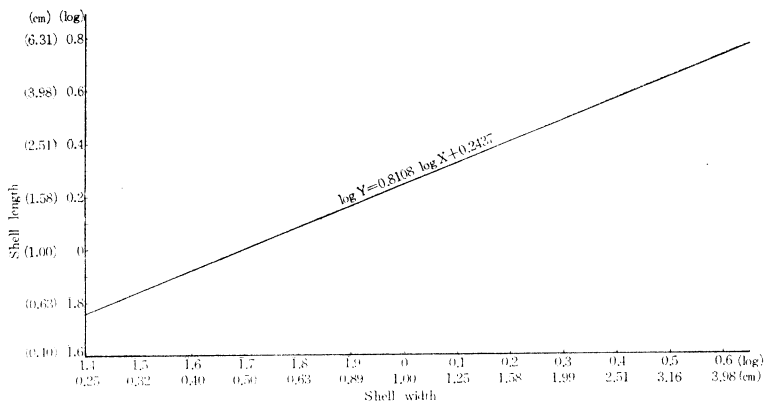


Fig. 7. Relation between shell length and shell width.

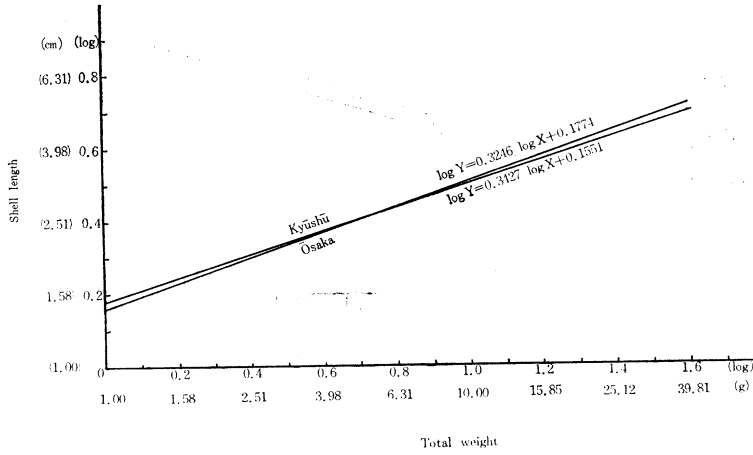


Fig. 8. Regression curve between shell length and total weight in Ōsaka and Kyūshū seedlings of Mogai.

Table 4. Test of significancy of “slope and positional differences” between individuals of Mogai derived from Ohsaka and Kyushu seedlings.

	Factor	variation	Degree of freedom	
Relation between shell length and total weight	Separate lines (Sl)	0.19175	433	0.00044
	Slope differences (Sd)	0.00064	1	0.00064
	Parallel lines (Pl)	0.19239	434	$F = 1.44 < F'_{400} (5\%) = 3.86$
	Parallel lines (Pl)	0.19239	434	0.00044
	Positional differences (Pd)	0.00013	1	0.00013
	Single line (Si)	0.19252	435	$F = 0.99 < F'_{400} (5\%) = 3.86$
Relation between shell length and shell heigth	Sl	0.2206602	434	0.00051
	Sd	0.0000043	1	0.0000043
	Pl	0.2206645	435	$F = 0.01 < F'_{400} (5\%) = 3.86$
	Pl	0.2206645	435	0.00051
	Pd	0.0002330	1	0.0002330
	Si	0.2208975	436	$F = 0.46 < F'_{400} (5\%) = 3.86$
Relation between shell length and shell width	Sl	0.317914	434	0.00073
	Sd	0.002208	1	0.00221
	Pl	0.320122	435	$F = 3.01 < F'_{400} (5\%) = 3.86$
	Pl	0.320122	435	0.00074
	Pd	0.013621	1	0.01362
	Si	0.333743	436	$F = 18.51 > F'_{400} (5\%) = 3.86$

に対する殻高の関係はほぼ一定であるが、殻幅の割合は次第に増大することが認められる。

4-2. 九州種と大阪種の比較

笠岡湾で1年養殖したものについて九州有明海産および大阪湾産の種苗別に前者と同様の各回帰直線を求め両者について比較してみた⁹⁾。その結果、殻長と全重量の関係は、大阪種のものでは $\log Y=0.3427 \log X+0.1551$ 、九州種のものでは $\log Y=0.3247 \log X+0.1774$ (第8図, Y: 殻長, X: 全重量) で示された。しかし、この場合の両者の差は第4表に示したように“傾斜”(係数)、“位置”ともその有意性は認められなかった。殻長と殻高の関係については、大阪種は $\log Y=0.9332 \log X+0.1347$ 、九州種は $\log Y=0.9306 \log X+0.1375$ (第9図, Y: 殻長, X: 殻高) で示され、この場合も両者の間に有意の差はみられなかった。殻長と殻幅の関係は、大阪種が $\log Y=0.8861 \log X+0.2184$ であり、九州種は $\log Y=0.7924 \log X+0.2649$ (第10図, Y: 殻長, X: 殻幅) であり、これについて同様に検定した結果、両者の間に“傾斜”の差の有意性はなかったが、“位置”の差に有意性 ($F'_{0.435}=18.509 > F'_{400}(5\%)=3.86$) が認められた。即ち同殻長のものについて比較した場合、一般に九州種の個体の殻幅は大阪種のそれより小さいと言えることが判った。

5. 養殖モガイの肥満度

5-1. 周年変化

採集した各個体の肉重量を測定し、肥満度(業者の言う“身入り”)の良し悪しを表わすもの)として全重量に対する肉重量の割合を求めその季節的变化を調べた。なお、肉重量の測定は外表の水分をガーゼでいねいに拭い取った後行なった。各調査時における平均肥満度を求めた結果は第11図に示す通りである。これ

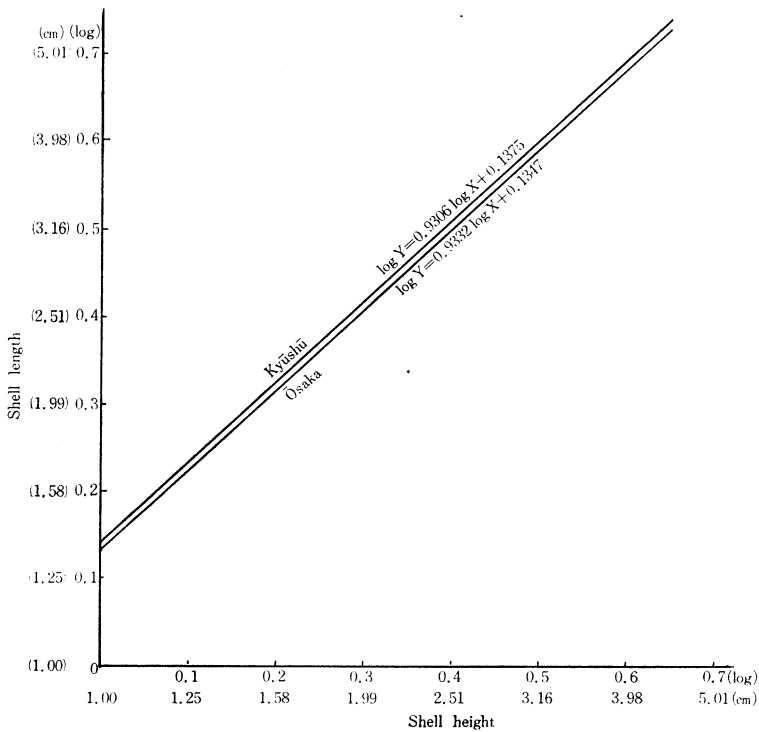


Fig. 9. Regression curve between shell length and shell height in Ōsaka and Kyūshū seedlings of Mogai.

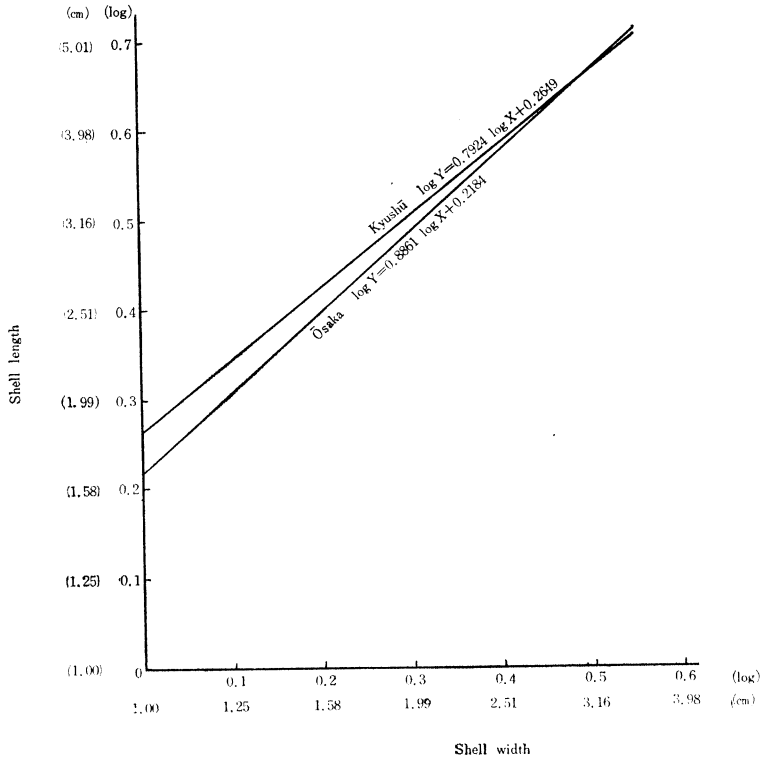


Fig. 10. Regression curve between shell length and shell width in Ōsaka and Kyūshū seedlings of Mogai.

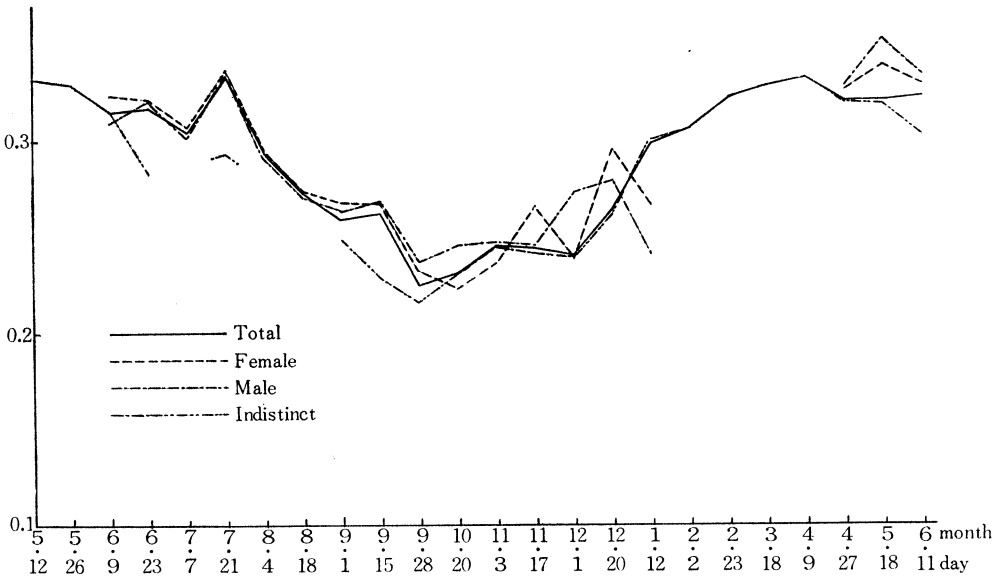


Fig. 11. Seasonal variation of fatness (weight of soft part/total weight) of Mogai.

によりその周年変化を見ると、2月頃から7月頃までは概して高く(0.30~0.33)、8月(0.29)からは9月下旬(0.23)まで次第に下降し、その後は2月に至るまで徐々に回復することが示されている。

5-2 雌雄差

次に、前項の調査個体について雌雄別にみた場合の肥満度の差、特にその季節的な相異の有無について検討してみた。雌雄の判定は肉眼的に生殖巣の色(卵巣は美しい朱色、精巣は乳白色)によって行ない、判定不明の個体(6、7月における少数の小型個体を除き他は放出個体)は、雌雄不明とした。その結果年間(45.6.9.~46.6.11)を通じ、雌の肥満度の平均は 0.2898 ± 0.0445 、雄のそれは 0.2919 ± 0.0442 を示し、両者の差は小さく、その有意性はみられなかった($t=0.542 < t_{0.05} = 1.96$)。しかし、時期別にみた場合第11図に示してあるように、産卵期に近い頃から産卵期にかけての6月から9月までの期間は、雌の方が若干高い値を示すのに対し、産卵期からそれ以後の時期に当る9月中旬から11月初め頃までは、雄の方が高くなることが認められる。後者については生殖巣の観察結果からみて、雌は生殖時期にその卵を殆ど放出し卵巣中の残存卵が少ないのにくらべ、雄は精巣に残存精虫が多く、その退化が卵巣ほど激しくない個体が多かったことに関連していると思われる。また、生殖巣の発達(回復)がない雌雄不明個体の肥満度は識別可能であった雌および雄個体よりつねに低い値を示した。

6. モガイの性現象

6-1. 生殖巣の成熟

生殖巣の成熟過程は、アコヤガイに関する立石らの報告⁷⁾に従い濾胞期、成長前期、成長後期、成熟期、放出期の5段階に分けることができ、各期の特徴もアコヤガイの場合と殆んど同様であるが、その概要は以下に述べる通りである。

1) 濾胞期 (follicular stage): 雌では放卵を終了した生殖巣の状態のも日で、濾胞は全く弛緩状態を呈する。濾胞腔には多量或は少量の残存卵が認められ、それらは amoebocytes により次第に崩壊、吸収されるが、一方、濾胞壁をなす細胞は肥厚を始め、卵原細胞は分化を開始する(第12図A-1)。雄の場合は濾胞壁は弛緩状態で、濾胞腔には残存精子が見られる(第12図B-1)。

2) 生長前期 (early growth stage): この時期に入ると生殖細胞の形成が顕著になる。雌では濾胞壁には夥しい卵原細胞のほかにも卵母細胞も多くみられるようになり、卵母細胞のうちには既にかなり大型化し洋梨状を呈するものが若干みられる(第12図A-2)。雄では濾胞周辺に精原細胞及び精母細胞の厚い層を有している(第12図B-2)。

3) 成長後期 (later growth stage): 前期に比べて、雌では卵原細胞の減少に伴い卵母細胞の数が著しく増加し、洋梨型の卵母細胞の一部はさらに大型化している。その多くは一端が濾胞壁に付着しているが、また、既に濾胞壁から遊離した卵もみられる(第12図A-3)。雄では濾胞周辺に厚い層の精原細胞及び精母細胞を有することは前期と同様であるが、その内側には新たに形成された精子がかなり増加している(第12図B-3)。

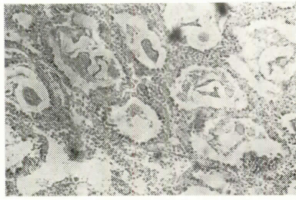
4) 成熟期 (mature stage): 卵母細胞は濾胞壁から遊離して不規則な多角形となり、濾胞中央に密集する。濾胞壁には少数の卵原細胞、卵母細胞を有する(第12図A-4)。雄の濾胞腔には精子が密集する(第12図B-4)。

5) 放出期 (spawing stage): 濾胞腔には大型の核の見られる成熟卵が密集し、濾胞壁にはなお僅少の卵原細胞及び卵母細胞がある(第12図A-5)。雄の濾胞腔には流動状態の精子が充満している(第12図B-5)。

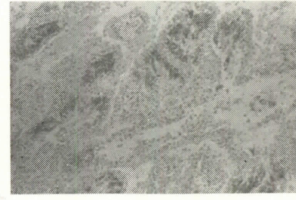
6-2. 産卵期

採集されたサンプルのうちから月1回の割合で、随意に約20個体を選び、それらの生殖巣の組織切片について観察し、各個体を上記の5段階に類別した。その結果は第13図に示すようになる。放出期の個体の出現する期間を産卵期として考えると笠岡湾における本種の産卵期は6月から12月までの長期間にわたるが、その盛期は7月から9月に至る3ヶ月であると言える。

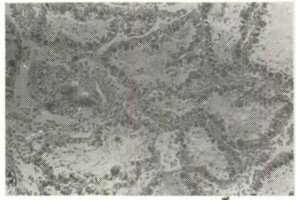
また、第11図に示したように、肥満度の周年変化は7月から次第に下降して9月末に最低値となり、その後は徐々に上昇するが、この現象の主要因は卵および精子の放出及びその後の生殖巣の回復現象を表わして



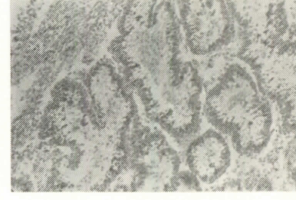
A - 1



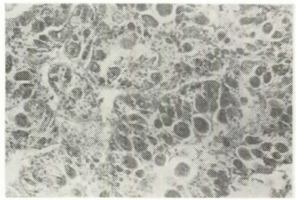
B - 1



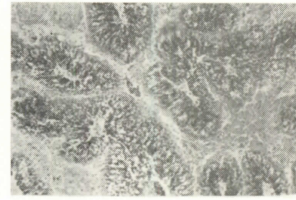
A - 2



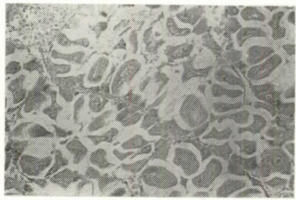
B - 2



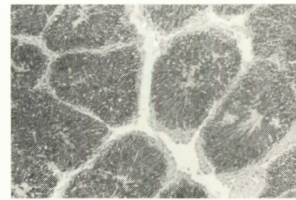
A - 3



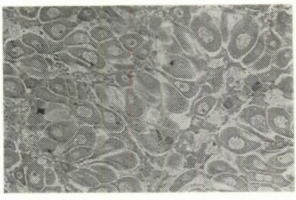
B - 3



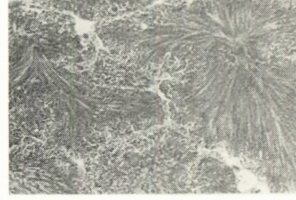
A - 4



B - 4



A - 5



B - 5

Fig. 12. Microscopic photographs showing each stage of development of gonads in both sexes. $\times 100$
A: Female, B: Male

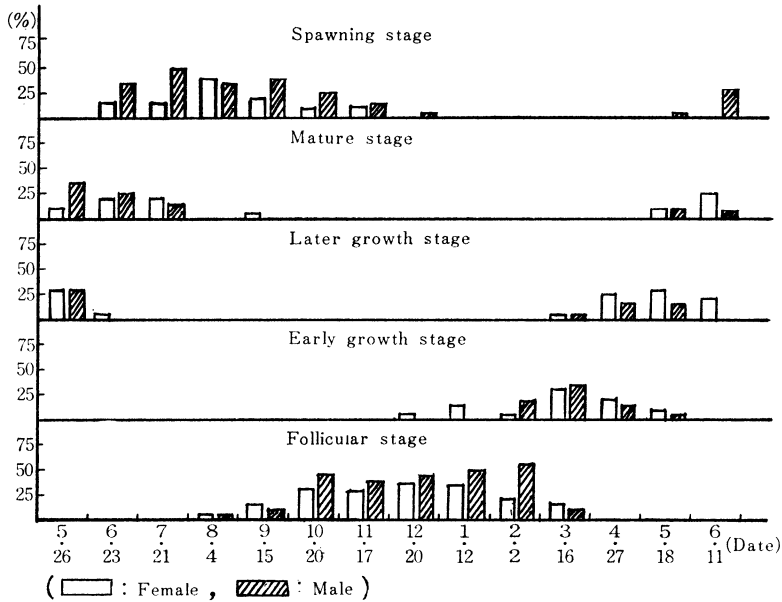


Fig. 13. Seasonal variation of gonad maturity of Mogai.

いると考えられるので、この点からもその産卵盛期を7月から9月までとすることは妥当であろう。

6-3. 雌雄比

前項で述べた笠岡湾におけるモガイの産卵期のほぼ全期間にあたる6月から11月にわたる採集個体について、生殖巣の肉眼的観察から雌雄別の個体数を求めてみた。その結果、雌は246個、雄は263個を示し、この場合、その性比は1:1であるということが出来る ($\chi^2 = 0.503 < \chi^2 \left(\frac{n=1}{0.05} \right) = 3.841$)。

6-4 生物学的最小形

本種の生物学的最小形を知るため、昭和45年7月21日の採集個体のうちから小型個体(殻長2.90 cm以下)のすべてについて調査した。発達した生殖巣をもつものについて、さらにその生殖巣の一部を取り組織学的観察を行なった結果から、成熟期或は放出期の卵、精子をもつと認められた個体のうちの最小個体は、雌では殻長1.50 cm、殻高1.17 cm、殻幅0.85 cm、重量は1.025 gのものであり、雄は殻長1.51 cm、殻高1.18 cm、殻幅0.85 cm、重量0.993 gのものであった。これらは、ほぼ、本種の生物学的最小型を示すものと考えて良いであろう。

7. 人為的刺激による放卵放精

7-1. 各種刺激による放卵放精の誘発

温度刺激実験は、それまでの蓄養水温(約27°C)を冷却水を用いて一旦20°Cに下げた後再び27°Cの海水に収容し、それをさらに30°Cまで加温するという方法で行なった。また温度刺激以外の実験はすべて蓄養水温と同水温の海水中で行なった。精子懸濁液による実験は前記の温度刺激実験で得られた精子懸濁海水(1 l)から5~10ccを採りそれを実験ビーカー(1 l海水)中に注加することにより行なった。薬剤による実験はNH₄OH、NaOHおよびKNO₃を用いそれらの各濃度の海水溶液中に貝を収容したほか、薬液を殻腔内に強制的に注入することも試みた。以上の諸実験において放卵または放精の見られなかった個体は、実験終了後にその生殖巣について剖見した。その結果、実験前に既に放卵放精していたと認められる個体を除き各供試個体数における反応率を求めてみると第5表に示すようになる。これからみると温度刺激ならびに精子懸濁液およびNH₄OHによる刺激はそれぞれ有効であることが認められる。NaOHでは0.01N溶液の

Table 5. The rate of discharge of reproductive elements of Mogai by various stimuli.

Treatment	Raising temperature method	Sperm suspended sea water method	NH ₄ OH				NaOH				KNO ₃				
			Immersion		Injection into body cavity		Immersion		Injection into body cavity		Immersion		Injection into body cavity		
			0.001 N	0.0005 N	0.01 N	0.005 N	0.001 N	0.0005 N	0.01 N	0.005 N	0.002 N	0.005 N	1 N	0.1 N	0.5 N
pH			9.7	9.5	10.4	10.3	9.5	9.3	9.9	9.6					
Reaction rate %	♀	50	62	17	60	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	♂	58		64	20	76	20	0	0	11	0	0	0	0	0
	Total	53	(62)	39	40	63	12	0	0	8	0	0	0	0	0

Table 6. The rate of discharge of reproductive elements of Mogai in each grade of chlorinity.

No. of exp.	Chlorinity (Cl. ‰)	rate of reaction (%)
I	8.16 16.33 (Control)	0 75
II	10.88 16.33 (")	50 100
III	14.08 16.33 (")	100 83
IV	24.40 16.33 (")	100 100
V	26.00 16.33 (")	0 100

貝殻腔内注入の場合に多少の反応が示された以外は反応がなく、また KNO₃ ではいずれの場合も放卵放精の反応はみられなかった。

7-2. 放卵放精反応に対する塩分の影響

原海水 (Cl 16.33%) の稀釈または濃縮により調整した Cl 8.16, 10.88, 14.08, 24.40及び26.00%の各海水中において、温度刺激法 (恒温室で23°Cから30°Cへ加温) を行ない、未反応個体に対してはさらに精子懸濁液法を加え、これらによる放卵放精反応を対照 (原海水のもの) と比較し、塩分濃度の影響について検討した。その結果は第6表に示すように、Cl 14.08 および24.40%では反応率への影響は特にみられなかったが、Cl 8.16%および Cl 26.00% 中においてはその反応は全くみられず、これらの塩分濃度においては放卵放精反応は阻止されることが認められた。

8. 種々の塩分段階での卵及び精子の処理時間が受精率等に及ぼす影響

1 l 海水 (Cl 16.63%) 中に1個体づつを入れ温度刺激法による放卵放精で得られた卵及び精子の懸濁液適量を稀釈海水または濃縮海水に加え、各塩分段階 (Cl 8.00, 12.24, 16.63, 20.36, 24.00%の5段階) に調整した。これらから1時間おきに、同塩分濃度のものについて1ccづつ (卵の場合、約2,600~10,000個) を採り受精処理を行なった後、200ccの海水 (Cl 16.33%, 水温22°C) に入れ、7時間後にその1cc中の担輪子 (trochophore) を計数し、その値から全数を推定し、収容卵数に対する割合を求めた。ここではそれを受精率として表わし、各塩分濃度中での経過時間によるその変化について調べた。この場合各受精処理に用いた貝の個体差、懸濁液中の卵の密度その他の条件によりかなり変化が大きいため、それぞれ対照 (塩分処理前のもの) の受精率を100%とし、それに対する割合で算出した。それらの結果は第14図に示すように、各塩分

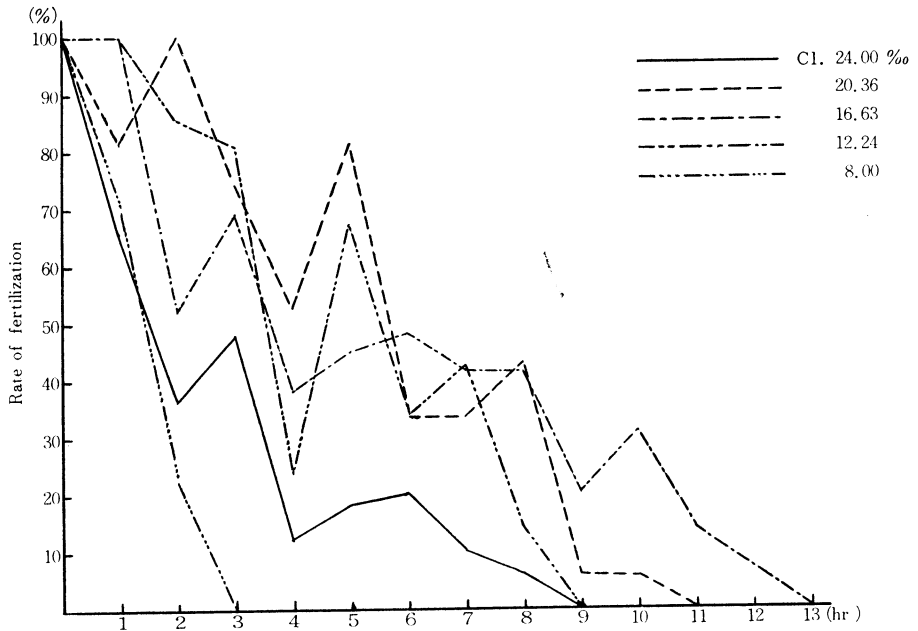


Fig. 14. The rate of fertilization of eggs and spermatozoa according to the time of treatment in each grade of chlorinity.

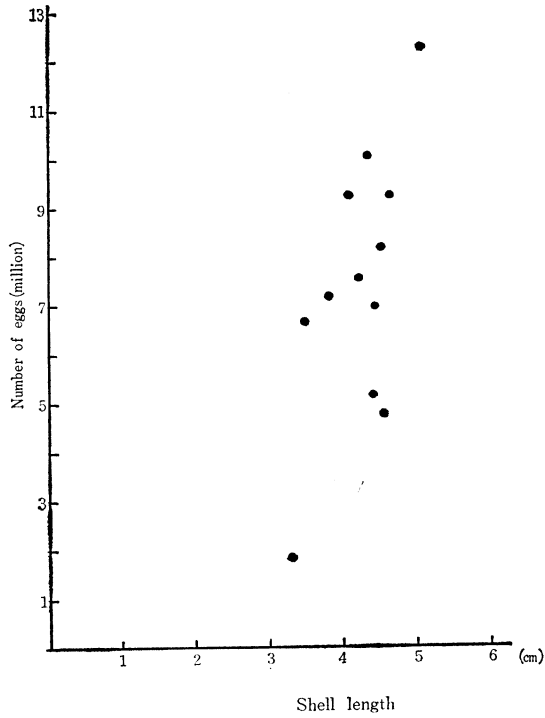


Fig. 15. Relation between shell length and number of spawned eggs.

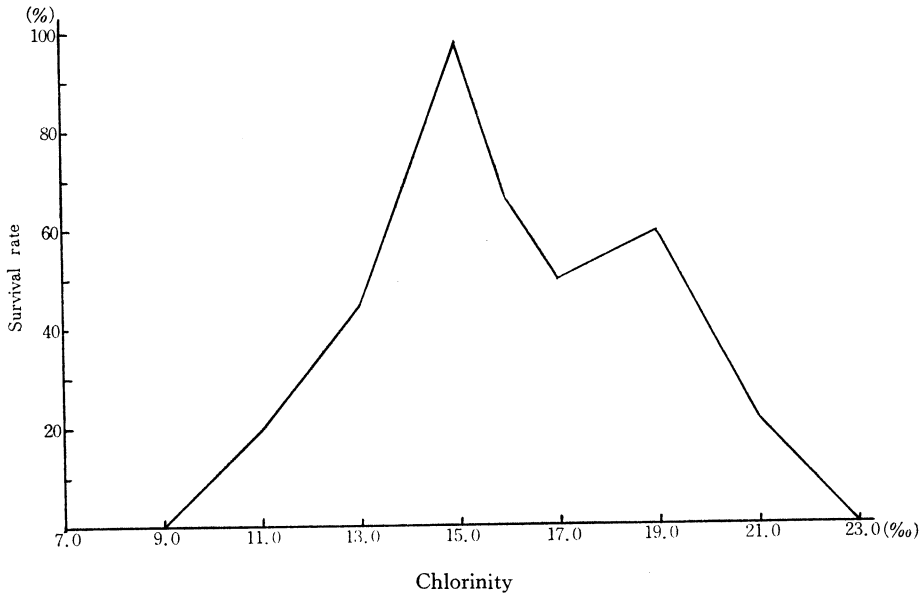


Fig. 16. Effect of chlorinity upon the survival of developing larvae of Mogai from fertilization to D-shaped larvae.

段階の経過時間に伴う受精率にはかなり変異があるが何れも次第に低下し、特に Cl 8.00% および 24.00% においては急速に低下することが認められた。また、これからみると、卵、精子は Cl 8.00, 12.24, 16.63, 20.36, 24.00% 中での経過時間がそれぞれ 3, 9, 13, 11, 9 時間に達すると受精率が 0 になり、この時点で全く活性が失われるものと思われる。

9. 卵の大きさ

産卵された直後の卵は不規則な多角形であるが、その後次第に吸水して球形になり、1 時間後における未受精卵の直径は $51.38 \pm 3.78 \mu$ を示した。

10. 殻長と産卵数の関係

貝 1 個体ずつを海水 1 l 中 (ビーカー) に入れ、温度刺激法による放卵誘発で得られた卵懸濁液を充分攪拌してからその 0.2cc を取りそれに含まれる卵数を計算盤を用いて測定し産卵数を算出した。その結果は第 15 図に示すようになり、殻長 3-5 cm の大きさのものの産卵数は概略 500 万~1,000 万個といえる。

11. 受精より D 状ラーバに至るまでの歩留に及ぼす塩分の影響

22°C の恒温室において、受精卵約 13,000 個を 1.5 l ビーカー中の各塩分濃度水 (Cl 9.00~23.00%) に収容し、24 時間後にそれぞれについて 1 cc 中の D 状ラーバの個体数を調べた。数回の計算値からその全数を推定し、収容卵数に対する割合を求めた結果を示すと第 16 図の通りで、Cl 15% の海水中的のもの生残率が最も良いことが認められた。一方、Cl 9% 及び 23% においては、D 状ラーバまでの発育個体は全く得られなかった。

考 察

サルボウの棲息地は一般に内湾の浅海で、アマモの繁茂する比較的波静かな海域で、その底質は泥または砂泥であり、また、海水比重は 1.016~1.024 (Cl 12.16~17.94%) の範囲、特に 1.018~1.020 位の場所が好適であるとされている。⁸⁾ 笠岡湾大島における本調査結果では、底層水の塩素量は年間を通じ 16.20~17.85% の範囲にあり、笠岡湾はモガイ養殖の適地であることが認められる。

大島養殖場におけるサルボウの成長は、日下部¹¹⁾が同じく笠岡湾のものについて報告した際の成長記録、即ち昭和23年4月の20.6 mm (殻長) から6月の40.3 mmに成長したという記録にくらべ、やや良好な結果を示している。この点については、業者も、最近は当時にくらべ成長や歩留りが相当良くなっていることを言っている。おそらく、養殖場のこれまでの富栄養化(CODの量が比較的多い)や塩分の多少の低下(附近の大工場からの放出水の影響が大きいように思われる)が、モガイの成長に好結果をもたらしていると思われる。なお、夏に成長が速く冬はあまり成長しないことは、日下部の報告の場合と全く同様であった。

貝類の殻の形態がその棲息環境によって相違することは既によく知られていることであるが、本養殖場においても大阪からの種苗と九州からの種苗では、殻の形状が異なることを業者が屢々指摘している。この点については、両者の放養時における資料は得られなかったが、養殖中の種々の大きさのものについて比較調査した結果では、殻長と全重量および殻高との関係に有意の差はなかったが、殻長と殻幅の関係における“位置”の差に有意性があり、同殻長のものでみた場合、九州種は大阪種より殻幅の小さいことが認められた。しかしこの差も、第10図から判るように、小形のものにおいてのみ顕著であり、笠岡湾での成長量の大きいと考えられる大形のものになると殆んどみられなくなる。

田中⁹⁾および広島水試¹⁰⁾は、肉重量/殻重量の値を指標としてモガイの産卵期を推定し、7月に最高値を示した後は9月まで産卵による影響で次第に低下することを報告している。本調査における肥満度の場合についてもほぼ同様の傾向が見られ、6~7月に高く、8月に入ると低下が目立つようになり9月下旬に最低値を示した。このように産卵期には一般に肥満度の低下が著しく、これは放卵放精後の雌雄不明個体の増加によるところが大きいと言えるが、さらに調査個体別に検討してみると、実際には発達した生殖巣を有し未だ放卵、放精していないと思われるものでも明らかに低い値のものが多いことが認められる。そこで、肥満度とした全重量に対する肉重量の割合のほか、殻重量の全重量に対する割合および殻内の水分重量(全重量 - [殻重量 + 肉重量])の全重量に対する割合を求めてみたところ、第17図に示すようになった。これからみると、殻重量の全重量に対する割合は周年ほぼ一定しているのに対し、殻内水重量のそれは7月から10月にかけて増大することが示されている。以上のことから、この時期は生殖巣の発達に伴う肉重量の増加が次第に停滞するのに対し、殻の成長(第4図、参照)から殻内容積の増大に基づく殻内水重量の増加が継続す

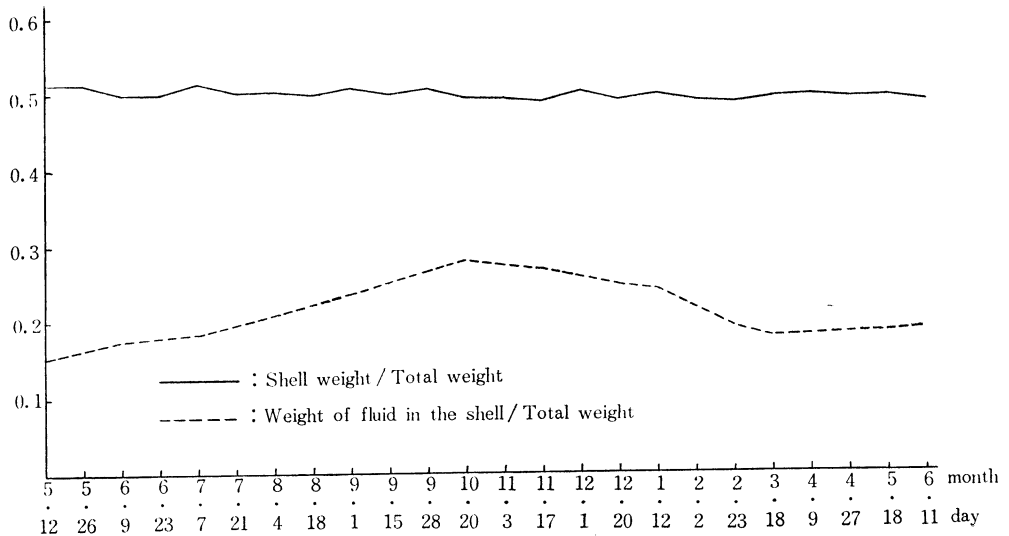


Fig. 17. Change of rate of shell weight and weight of fluid in the shell to total weight of Mogai.

ることによるものであろうと推測されるが、この点は今後さらに検討する必要がある問題と考えられる。

次に笠岡湾で養殖されているサルボウ（モガイ）について生殖巣の成熟の様態を見ると、1月からその卵泡壁の精原細胞或は卵原細胞の増加期に入る。5月から卵、精子が成熟して放卵放精の可能となる前の状態いわゆる成熟期に入り、6月から放出期の生殖巣を呈するものが現われるようになる。特に7、8、9月は放出期の個体が著しく多くみられるようになり、同時に放卵放精後のものが現われるようになり、生殖巣は極度に萎縮し、未放出生殖細胞の崩壊、吸収が行なわれる、いわゆる濾胞期に移行する。

サルボウの産卵期は、棲息場所や、また年によっても若干変異することが知られており、田中は、有明海においては6月中旬より10月中旬までが産卵期で、その盛期は7月下旬～8月末までであると報告している。また、広島水試は笠岡湾西部の福山地区では6月末から9月中旬位にかけて産卵が盛んに行なわれると推定している。そのほか、畑¹¹⁾は中海では5月から成熟個体が現われるようになり、6月中旬からは放出個体が見られることを述べている。笠岡湾大島養殖場における本調査結果では、前記したように5月から成熟個体が出現するようになり、6月から12月までの長期間にわたり放出期のものが継続して見出されているのでこの期間を一応産卵期と推定したが、量的にみて7月から9月までがその盛期であるということができ、先の広島水試の報告と略々一致している。

本種の生物学的最小形は雌雄ともここでいう1年ものの殻長約1.5 cm、重量約1.0 gのものである。また、性比は1:1であるとみなされたが、この点は田中も有明海産のサルボウについて同様な結果を報告している。

二枚貝の放卵放精の誘発に関しては既に多くの研究があり¹²⁻¹⁵⁾、サルボウについても日下部が反復温度刺激が有効であることを報告している。これらに基づき、本種に対し温度刺激のほかに精子懸濁液（雌のみに対し）及び化学薬剤による実験を行なった結果、温度、精子懸濁液、 NH_4OH による刺激は放卵、放精の誘発に有効なことを確めた。一方、 NaOH 、 KNO_3 による処理の場合にはその反応はみられなかったが、これは本種の場合にも相良¹²⁾がいうようにその放卵放精の誘発は単にpHの要因によるものでなく、 NH_4^+ イオンの作用を必要とするものであるとの考え方に立って良いのであろう。

次に、これらの放卵放精反応は今回行なった塩分段階のうちではCl 8.16%及び26.00%においては全くみられなかったが、村地¹⁶⁾は本種の塩分抵抗に関する報告の中で、40%海水（Cl約7.2%）中に開殻状態で置いた場合、それらの血液比重が海水と平衡して減少していることを報告しており、これらからみて本種の耐え得る海水塩分濃度はおよそCl 8%以上26%以下のものであろうと思われる。

犬飼¹⁷⁾によれば、LOEB & LEWISはウニの未受精卵の寿命即ち発生能力の保有時間が環境条件により種々変異することを報告している。サルボウの未受精卵を種々の塩分段階に置いた場合、その受精および発生はCl 16.63%において最も長時間保たれ（13時間）、それより低塩素量或いは高塩素量になるに従い短縮することが認められたが、これは未受精卵に対する浸透圧の影響のためであろうと考えられる。

二枚貝の発育卵の塩分抵抗性が種類ならびにその棲息環境によって異なることは既にLOOSANOFF & DAVIS¹⁸⁾により報告されているところであるが、本実験の結果によればサルボウの受精卵がD状ラーパに達するまでの生残率（歩留り）は、Cl 15%前後において最も良いことが認められる。なお、遠部¹⁹⁾は同様の実験を行ないCl 14.26～16.82%が至適塩分濃度であることをみている。

要 約

笠岡湾大島におけるモガイ養殖場の環境条件と養殖モガイの成長、成長に伴う形態の変化等に関する調査並びにモガイの種苗生産を目的として生殖巣の成熟、産卵誘発、受精及び初期発生に及ぼす塩分濃度の影響等について実験、観察を行なって次のような結果を得た。

(1) 笠岡湾大島養殖場は、その水質（図2）および底質調査結果（表2、3）からみてモガイ養殖に好適な条件を備えている。

(2) 1年間（昭和45年5月～46年5月）のモガイの成長は、殻長についてみると、1年ものでは約0.8 cm

のものが3.4 cm(増長分2.64cm)に達し、2年ものでは約2.7cmのものが4.8 cm(増長分2.06cm)に成長した。

(3) 養殖場での全採集個体の計測値から得られた殻長と全重量、殻高及び殻幅の関係は、それぞれ図5、6及び7に示した通りである。

(4) 笠岡湾で1年養殖したもののうち、九州産種苗のものと大阪産種苗のものの形態について比較したところ、殻長と殻幅の関係における“位置”の差に有意性があり、同殻長の場合九州種は大阪種より殻幅の小さいことが認められたが、それは小型のものに顕著であった。

(5) 肥満度(肉重量/全重量)は、その値の低い8~12月の期間と1~7月の高い期間の二段階に大別された。雌雄別にみた肥満度は、年間を通した値では差はなかった($t=0.542 < t_{0.05}^* = 1.96$)が、概して産卵期前は雌の方が高く、産卵期の後期およびそれ以後暫くは雄の方が高い値を示した。

(6) 笠岡湾養殖場におけるサルボウの生殖巣について、その発達過程を時期的に大別すると、1月から4月までは全体的に生殖細胞増殖期(生長前期、後期)に当り、5月から次第に成熟期に移る。6月から放出期個体の出現が見られ、7、8、9月は放出期に当たるとともに、8月から放出後の濾胞期のものが増加し、それらは年末にかけて次第に次の生殖細胞増殖期に移行する。

(7) 笠岡湾養殖場における産卵期は6月から12月までの長期間に及ぶが、産卵盛期は7月から9月までである。

(8) 上記調査結果における生物学的最小形は雌雄とも殻長約1.5 cm、重量約1.0gであり、また、産卵期間における性比は1:1であると認められた。

(9) 本種の放卵放精の誘発は、温度、精子懸濁液(放卵のみに対し)、 NH_4OH による刺激は何れも有効なことが認められたが、 NaOH 、 KNO_3 の場合は無効であった。これらの反応に対する塩分条件の関係をみたところ、Cl 14.08~24.40%においては特にその影響はみられなかったが、Cl 8.16 および 26.00%においては誘発反応は阻止される。

(10) 殻長3~5 cmの大きさのものの産卵数は大体500~1,000万個である。卵の大きさは直径 $51.38 \pm 3.78 \mu$ である。

(11) 未受精卵を各塩分段階中に置いた場合、その受精および発生の能力はCl 16.6%前後の場合に最も長時間(22°Cにおいて、約13時間)保有されると認められる。

(12) 受精卵の発育に対する塩分条件は、D状ラーバに達するまでの歩留りからみるとCl 15%前後が最も適していると認められる。

文 献

- 1) 日下部台次郎：東京大学水産増殖叢書，6号，1~75 (1954)。
- 2) 日下部台次郎：本誌，2，183~239 (1957)。
- 3) 岩崎英雄・田中俊輔・藤山虎也：日水誌，37，1044~1048 (1971)。
- 4) 松江吉行編：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，178~182 (1969)。
- 5) 東大農学部農芸化学教室：実験農芸化学(上巻)，朝倉書店，66~68 (1961)。
- 6) 伊藤隆：三重県大水産紀要，2，273~283 (1953)。
- 7) 立石新吉・安達甫郎：長崎大水産学部研究報告，5号，75~79 (1957)。
- 8) 田村正：水産増殖叢書(日本水産資源保護協会)，15号，100 (1967)。
- 9) 田中弥太郎：日水誌，19，1157~1160 (1954)。
- 10) 広島水試：水試だより，39号，492~499 (1955)。
- 11) 畑久三：日水誌，13，248~250 (1948)。
- 12) 相良順一郎：日水誌，23，505~510 (1958)。
- 13) 今井丈夫・西川信良：水産増殖，16，309~316 (1969)。
- 14) 河原辰夫・加藤大輔：水産増殖，17，248~258 (1970)。
- 15) 伊丹宏三：水産増殖，18，25~33 (1970)。
- 16) 村地四郎・古川哲三：水産増殖，6，35~49 (1958)。
- 17) 犬飼哲夫：動物生殖生理学，養賢堂，38~41 (1934)。
- 18) Loosanoff, V. and Davis, H.: *Adv. Mar. Biol.*, 1, 52~53 (1963)。

19) 遠部卓・日下部台次郎：日本水産学会中国四国支部例会口頭発表（1956）。

SUMMARY

The so-called "Mogai", *Anadara subcrenata* (LISCHKE) (a kind of ark shell) is one of the most important bivalves in the Seto Inland Sea, but in recent years the area of its culturing grounds is gradually decreasing due to reclamation works and water pollution through the release of industrial wastes. This study was carried out mainly to clarify the environmental conditions of Mogai culturing grounds in Kasaoka Bay, Okayama Prefecture; the growth of Mogai as well as the maturation of gonad; the artificial inducing of spawning and the effect of chlorinity upon the fertilization and the early development. The results obtained are as follows:

(1) Several items on the quality of water and bottom mud are shown in Fig. 2 and Table 2 & 3, signifying the fitness of the ground as to the culturing of this species.

(2) The growth of shell length in one year period from May 1970 on was from 0.8 cm to 3.4 cm and from 2.7 cm to 4.8 cm in the one year old and two years old classes respectively.

(3) The relations between shell length and total weight, shell height and also shell width which were calculated on the data obtained in 2,300 of cultured individuals are shown in Fig. 5, 6 and 7 respectively.

(4) The shell width of Mogai derived from Kyushu was smaller than that from Osaka at the same size, particularly in their young stage.

(5) The seasonal variation in fatness can be divided roughly into two periods, namely one from August to December when its evaluation is considerably low, and another from January to July. The difference of the evaluation of fatness between both sexes was not recognized.

(6) Microscopic photographs of gonads of both sexes in each stages of development are shown in Fig. 12.

(7) The spawning season seemed to happen from June to December. In the examined district, it was especially flourishing from July to September.

(8) The biological minimum of this clam was about 1.5 cm in shell length and 1.0 g in weight in both sexes. Sex ratio observed in spawning season was 1 : 1.

(9) The discharge of sexual products of this species was effectively induced by treatments of raising the water temperature, immersion in sperm suspended sea water (only to egg discharge) or suitable concentration of ammoniated sea water, but treatment by NaOH and KOH was not effective.

In regard to the influence of chlorinity upon the discharge of sexual elements, no particular effect was observed in the range of Cl 14.08‰ to 24.40‰. However, discharge reactions were obstructed in chlorinity of 8.16‰ and 26.0‰.

(10) Mogai of 3-5 cm in shell length discharged about five to ten millions eggs, the average diameter being $51.38 \pm 3.78 \mu$.

(11) On the treatment of unfertilized eggs in water of different grades of chlorinity, the eggs were safely kept the longest period (13 hours at 22°C) in chlorinity of about 16.6‰.

(12) It was recognized that about 15‰ of chlorinity suits best the development of fertilized eggs of this species as can be judged by the survival rate up to the D-shaped larvae.