国立真珠研究所報告

10

昭和40年(1965)11月

Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

10

November 1965

国立真珠研究所報告 10 (1965)

内容

沢田保夫・谷口宮	三郎 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究Ⅲ. 老化漁場における海水ならび
	に底質の性状の季節変化について1213
桑谷幸正	アコヤガイの種苗生産に関する基礎的研究 I. 切り出し卵巢卵の成熟度の
	判定と産卵期における変化について1228
阪口清次	アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究 V. 第1中間宿主におけるセルカ
	リアの発育とその経過1244
蓮尾真澄・山口一	登 産地の異なる母貝によって生産された真珠品質の比較1254
西 飯 保	アコヤガイの成長を測定するために用いた水中重量についての検討1264
	学会誌発表論文
桑谷幸正	アコヤガイの胃の構造とその機能について (英文)
和田浩爾	軟体動物石灰化組織の鉱物化に関する研究 X.
	有機結晶に含まれる酸性粘液多糖類の性質の組織化学的決定(英文)
桑谷幸正	炭素粒子投与によるアコヤガイの摂餌機構の解明

真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究

Ⅲ. 老化漁場における海水ならびに底質の性状の季節変化について*,**

澤 田 保 夫•谷口宮三郎

国立真珠研究所

緒 論

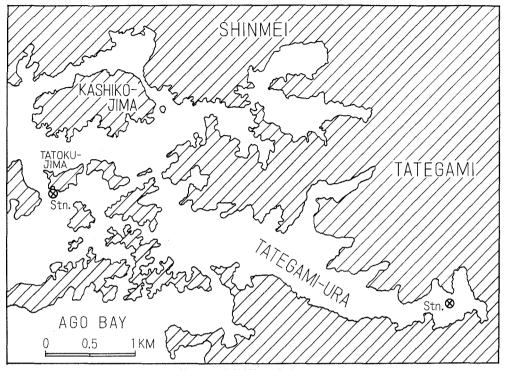
漁場の老化現象は集約的生産を行なっている浅海増殖業においては避けることができな いことがらである。アコヤガイによる真珠養殖においても、養殖施設などの漁場の立地条 件から比較的波浪の少ない湾奥部に集約的に養殖されている結果、最近では漁場の密殖化 や老化に起因すると考えられる真珠の生産性の低下がおこり、その改良対策は早急に必要 な問題点となっている。ことに老化漁場においては、その弊害が生産性の低下だけではな く、時にはアコヤガイの異常大量斃死が英虞湾を中心とする三重県下の各漁場に発生して おり、しかも老化によるこの型の斃死発生の可能性がますます増大している現状にある。 老化漁場におけるアコヤガイの大量異常斃死については、著者ら"は英虞湾立神浦に発生 した異常繁死の観測結果を報告し、その発生原因として地形的条件と人為的な過密養殖に よる底質の悪化促進をとりあげ、また関めはこの原因としてアコヤガイを中心とした物質 循環の異常を指摘した。さらに梶川♡ は中海におけるカキの養殖漁場について同様な現象 の詳細な研究結果を報告しているが、真珠養殖漁場における老化現象の解明にはなお多く の疑問が残されている。最近、上野100は英虞湾立神浦の枝湾の一つである立石浦において、 物質循環の面から漁場の老化現象を詳細に研究しその結果を報告しているが、著者らも英 **虞湾における代表的な老化漁場であり、またアコヤガイの異常斃死をたびたびひきおこす** 立神浦の最奥部について、漁場の老化現象の解明の手がかりを得るために、環境海水およ び底質の性状の季節的な消長とその相互関係を追求のしたで、その結果を報告する。

測定漁場および測定方法

| 観測点として選んだ漁場は第1図に示したように, 英虞湾の枝湾として最奥部にある立

^{*} Yasuo Sawada and Miyasaburo Taniguchi. The oceanographical studies on the pearl culture ground, III. On the seasonal changes of sea water constituents and of bottom condition. Bul. Natl. Pearl Res. Lab. 10: 1213—1227. 1965.

^{**}国立真珠研究所業績 No. 137(国立真珠研究所報告10: 1213—1227. 昭和40年11月)



第1図 立神浦観測点附近略図

神浦である。この枝湾は水深が比較的浅く,奥部では $5\,\mathrm{m}$ 以浅,中央部付近で $7{\sim}8\mathrm{m}$,湾口部で $10\mathrm{m}$ 内外を示すに過ぎない(高潮時)。 面積は約 $1.8\mathrm{km}^2$,湾の最奥部の極く一部分がカキ養殖に利用されている他は全面的に真珠養殖漁場として使用されており,その漁場面積は総面積の64%にも達する $1.15\mathrm{km}^2$ で4,120台(登録台数)の養殖筏が浮んでいる。特に湾の中央部以奥では約1,600台の筏が1台(約 $35\mathrm{m}^2$)当り $243\mathrm{m}^2$ (全国平均 $720\mathrm{m}^2$)という狭い漁場面積で密集しており,いわゆる老化漁場として著者ら 71 や関 81 の報告したように,たびたび硫化水素の大量発生によるアコヤガイの大量異常斃死をひきおこす水域である。特に採泥地点として選んだ水域は,異常斃死の初期発生水域と考えられているところである。また,比較のために選んだ多徳島は,当所の臨海実験室の試験漁場で,水深も $16\mathrm{m}$ 内外と深く冬期には付近に避寒用の養殖筏が集るほかは比較的開放された漁場である。観測は異常斃死の発生の危険が考えられる6月から10月(昭和39年)にわたって約2週間毎に行なう計画であったが,その後海況の変動等を考慮して適宜その間隔を変更した。観測実施項目は次に示すとおりである。すなわち,採水は北原式 $16\mathrm{m}$ 0号採水器を用い,常法に従って塩素量ならびに海水中の過マンガン酸カリ消費量を測定し,溶存酸素量は $16\mathrm{m}$ 10円により,また水温は電気水温計を用いて測定した。

底質の採取は Nauman 採泥器によって直径約 18mm の柱状に採取したものを実験室に持ち帰り、立神浦の底質については直ちに比較的粘度の低い上層部(3~4cm)と、粘度

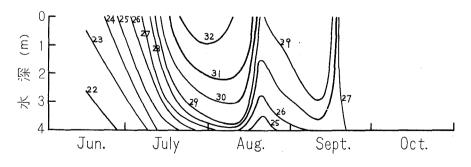
のやや高い下層部(4~5cm)に分離した。多徳島の底質は、立神浦のものとは異って上下2層に分離することが困難であったので全層(7~8cm)を使用した。また、いずれの地点においても採取した底質は、多数の貝殻の破片や砂礫が混入しており測定結果に誤差を生じる危険があるので、分析用篩を用いて 0.125mm 以下のものを分析に使用したが、その含有率は第5 図に示したように多徳島の底質では約37%、立神浦上層部で約77%、立神浦下層部で約83%である。以上のように採取調製した底質は常法によって灼熱損失量および全窒素量を求めり、有機炭素量はクロム硫酸による簡易滴定法りによって定量した。底質の過マンガン酸カリ消費量は荒川・新田りの方法によったが、その表現は消費した過マンガン酸カリの ml 当量を用いた。海水の過マンガン酸カリ消費量も同様である。全硫化物量は富山りによる硫化物の水蒸気蒸溜法を用いたが、このばあい硫化物の損失を防ぐために篩をとおす以前に少量の NaOH を用いて底質の硫化物を固定した。また、底質の溶存酸素消費量は奥田・加藤りの方法によったが、約350c.c.の容器に3g内外の新鮮泥をとり20時間放置後の酸素消費量を乾燥泥1g当りに換算して表わした。

観 測 結果

A. 海 水

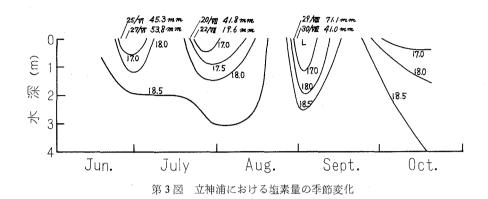
1. 水 温(第2図)

立神浦における水温は、6月中旬より成層が現われ、7月から8月にかけて顕著な成層の形成が認められる。特に最高水温を示した7月下旬では表層が33.2°Cという高水温で30°C以上を示す水層は表層から3mにまで及んでいた。しかし、この時の底層付近の水深4mでは極端に水温が低下し24.6°Cを示した。すなわち、この時期における成層はほとんど底層に近い3m以深にあったことが認められる。この状態は8月上旬まで続き、その後8月中旬に一度底層付近が25°Cと降下し、9月の台風の影響を受ける時期になると表層の水温も降下し、9月16日の観測では表層で28.3°C底層付近で26.9°Cと次第に夏型の成層が消滅していくのが認められた。



第2図 立神浦における水温の季節変化

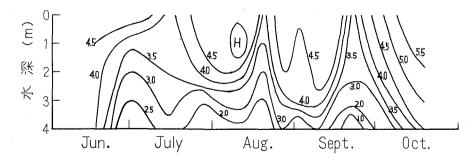
2. 塩 素 量 (第3図)



観測期間中のこの付近における降雨量は、6月 232.8mm、7月 121.7mm、8月149.8 mm、9月 136.9mm、10月 42.8mm であり、特に観測期間に 20mm 以上の降雨をみたのは6月18~19日の55.9mm、6月25~27日の99.1mm、7月20~22日の61.4mm、8月29~30日の112.1mm、9月23日24日の95.4mm であり、6月から7月にいたる梅雨期の降水の影響は極めて少なかった。ただ、6月下旬と8月および9月上旬に降雨による塩素量の低下が認められたが、河川の流入の少ない英虞湾のうちでも特にこの地域は流入する河川がほとんどないので、この程度の降雨による塩素量の低下はほとんどなく表層で16~17%であった。特に塩素量の極度の低下を観測したのは9月1日の1回のみで、この時の表層は12.4%と相当低下しているのが認められたが、これは極めて表層近くのみの現象で、2m層では18%と正常な値を示していた。このように観測期間中に現われた3回の低塩素量も夏季の成層発達のため、その影響が底層まで及ばず全期間を通じて底層付近は18.5~

3. 溶存酸素量 (第4図)

19.0%であった。



第4図 立神浦における溶存酸素量の季節変化

観測全期を通じての溶存酸素量の消長は、表層付近が高酸素状態であるのに反し、底層近くでは常に低酸素状態を示していた。第4図は 0_2 c.c./lの値であるが、これを飽和量でみると表層から1mぐらいまでは常に80%以上の高酸素状態で、100mm 前後の降雨の影響を受けた8月上旬と9月上旬では、表層より2m 付近までが100%あるいはそれ以上の高酸素状態を示していた。しかし、この時期では成層が発達しており、上下の混合が起こりにくいので、高酸素層の影響が下層に及ばず、底層から1mぐらいまでは50%以下という低酸素状態であった。特に7月28日前後と8月19日前後の底層付近は無酸素状態を示し硫化水素が検出されて極度に底質の悪化しているのが認められた。さらにこの状態は9月下旬まで続き、その後回復して10月下旬の観測では底層で85%の酸素量が認められた。

B. 底 質

底質をなるべく自然に近い状態で採取するために、重量約 3.7kg の Nauman 採泥器を使用したが、立神浦では通常 10~12cm の柱状に採泥できる粘調な底質である。これを肉眼的に分類すると、底質の最上部の底層水と接するところに約 5 mm の浮泥層が認められ、その色は立神浦では普通黒色である。次に数糎の黒色の層があり、続いて灰黒色の層となる。観測初期の 6 月および 7 月では、この上下の 2 層が肉眼的に明瞭であったが、 7 月下旬以後は、この 2 層の中間にどちらの層にも属さないような中間層が認められた。また採取した底質は、採泥管内の水を取り去って放置すると順次表面より黒色の部分が茶褐色に変化するのが認められる。したがって上層部の黒色は硫化鉄のような硫化物に富んでおりこれが空気酸化によって変色するものと考えられる。一方、比較地点として選んだ多徳島は、非常に採泥が困難で、立神浦において使用した採泥器に更に 4kg の鉛の錘を付加して5~7cm の柱状に採取される状態であった。 底質の色調も立神浦とは異なり全層が茶褐色

粒径 (mm)	4 ~	~ 2	2 ~	~ 1	1 ~	-0.5	0.5~	0.25	0.25~	-0.125	0.125~	~0.062	<0	.062
6月17日	1.5	2.3	2.2	2.8	1.5	2.3	3.7	1.9	9.0	5.1	6.7	7.4	75.4	78.2
7月1日	1.9	2.8	2.5	5,1	2.5	5.2	13.1	4.7	4.9	4.4	2.6	7.5	72.5	70.3
7月14日	0.9	2.9	1.0	2.9	1.3	3.7	6.4	4.4	10.3	8.7	4.2	11.7	75.9	65.7
7月28日	1.0	1.3	1.3	1.7	1.3	2.1	15.8 12.2	6.4	14.1	15.3	2.6	5.1	63.9	68.1
8月11日	0.8	3,6	1.1	3.0	1.1	3.0	5.3	2.4	8.7	6.6	3.8	3.6	79.2	77.8
8月19日	1.5	3.1	2.2	2.3	1.9	2.0	2.2	2.3	5.9	2.7	1.9	12.9	84.4	74.7
8月26日 9月1日	1.6	2.4	1.8	2.7	4.7	1.2	5.0	2.7	10.2	1.8	4.2	10.3	72.5	78.9
9月8日	1.9	1.3 2.1	2.8	1.8 3.2	3.1	1.8	5.3	1.8 7.2	8.5	1.6 2.7	2.1	3.1	76.3	88.6 77.7
9月16日	2.3	2.0	2.3	6,6	2.7	2.3	10.0	1.6	5.7	6.0	1.9	5.4	75.1	76.1
9月22日	2.7	2.1	2.8	2.6	2,8	2.1	22.7	1.5	4.1	7.0	5.8	5.2	59.1	79.5
10月16日	1.9	2.1	1.3	2.0	1.4	1.8	7.6	2.5	5.3	9.9	4.1	2.1	78.4	79.6

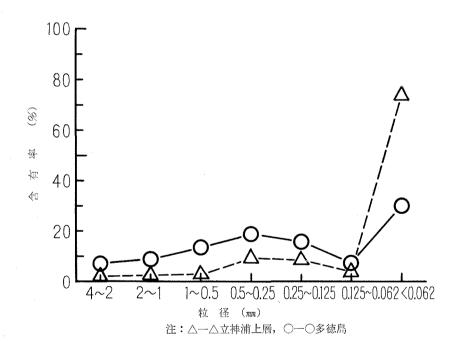
第1表 立神浦における底質の粒度組成(%)

注:左上の数字は立神浦上層部、右下の数字は立神浦下層部を示している。

で浮泥層は帯黄褐色であった。なお、多徳島の底質は上下層の分離が困難であり、砂礫や 貝殻の破片が無数に混入されているのが認められた。

1. 粒度組成 (第1表, 第2表, 第5図)

第1表および第2表は立神浦と多徳島の粒度組成を示したものである。これからも明らかなように、両地点の底質の粒度組成は季節による顕著な変化が認められない。また肉眼的観察では、立神浦では0.5mm以上の粒径のものはほとんどが貝殻の破片であり砂礫の存在は極く少量である。さらに、これより以下の粒径では乾燥物は灰黒色を呈し貝殻の含有が少なくなり、0.062mm以下の粒径では酸処理を行なう時の発泡が少なく、貝殻の細片の存在が少ないことが認められる。一方多徳島の底質では、0.5mm以上の粒径のものでは相当多量の砂礫が存在し、0.062mm以下では立神浦のものとは異なって酸処理による発泡が激しく貝殻の細片の含有が多いのが認められた。



第5図 立神浦および多徳島の底質の粒度組成

第5図は立神浦上層部と多徳島の底質の粒度組成の平均値を図示したものである。立神浦では 0.062mm 以下の粒径の含有率は約74%に達し粒径の大きなものが少なく、その大半が貝殻の破片である。これにくらべて多徳島の底質は、 0.062mm 以下の粒径のものが約30%と立神浦の半分以下であり、しかも貝殻の破片や砂礫が多量に含まれており両地点の底質の構成が非常に異なっているのが認められる。

2. 灼熱捐失量 (第3表, 第4表)

立神浦および多徳島共に底質の灼熱損失量の季節的な変化はほとんど認められない。ま

第2表	多徳島におけ	る底質の粒	度組成(%)

粒径 (mm) 月日	4~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.125	0.125~0.062	<0.062
6月17日	6.2	8.5	13.1	17.4	17.4	7.3	30.1
6月30日	5.3	8.3	15.0	18.7	19.7	7.1	25.9
7月15日	5.9	9.4	17.4	19.5	15.3	9.2	23.3
7月29日	8.1	8.8	15.4	15.9	17.6	7.9	26.3
8月12日	8.2	10.8	11.3	25.6	10.7	6.9	26.5
8月19日	7.6	8.8	12.6	18.0	14.5	6.0	32.5
8月27日	5.3	7.1	13.8	20.3	16.6	7.2	29.7
9月2日	7.8	8.8	14.0	16.4	16.7	6.0	30.3
9月9日	6.8	9.0	12.7	17.2	14.3	7.4	32.6
9月17日	8.3	8.9	13.3	19.3	11.2	6.8	32.3
9月21日	7.5	8.0	12.4	17.5	14.4	5.3	34.9
10月20日	6.7	8.2	9.1	18.5	16.3	7.1	34.1

第3表 立神浦底質の分析結果

項目		過マンガン酸			[
Я П	灼熱損失量	カリ消費量	有機炭素量	溶存酸素消費量	硫化物量	全窒素量
観測月日	(%)	(ml)	(mg)	(ml)	(mg)	(mg)
6 月 17 日	11.7 14.4	25.0	22.6	0.53	0.29	0.38
7月1日	13.7 11.9	26.7	27.6 23.4	0.86	0.51 0.39	0.31
7月14日	13.9 11.6	24.2	36.7 27.0	0.41	0.90	0.20
7月28日	14.6	34.2	34.9 24.5	0.98	0.72	0.25
8 月 11 日	15.0	35.3	34.9 28.6	0.68	0.74	0.38
8月19日	13.8	39.9 27.3	34.3	0.66	0.86	0.44
8月26日	15.0	35.9 21.3	36.0 21.8	0.79	1.22 0.19	0.39 0.21
9月1日	14.5	33.6 21.7	37.4	0.99	1.23	0.34 0.19 0.33
9月8日	13.6 11.3 15.4	33.5	36.0 	1.06 0.91	1.15 0.22	0.33
9月16日	13.4	26.8	38.3	0.51	0.36 1.18	0.38
9月22日	13.7 13.5 16.2	35.2	30.0	0.88	0.26	0.34
10月16日	14.0	35.5	29.1	0.59	0.90	0.04

注: 左上の数字は立神浦上層部,右下の数字は立神浦下層部を示している。 灼熱損失量以外は乾燥泥1 g 当りの含有量を示している。 た,両地点間の差についても,多徳島の方が高い値を示しているが,その差は僅かである。 この差は, 灼熱温度を常法どおり $650 \sim 900$ °C にとったので, 貝殻の構成成分である CaCO。の酸化で貝殼含有量の多い多徳島の方が大きな灼熱損失量を示したのではないか と推定され,今後再検討したいと考えている。

3. 全窒素量 (第3表, 第4表)

		分す 衣 多。	恩島 成員の分4			
項 目 観測月日	灼熱損失量 (%)	過マンガン酸 カリ消費量 (ml)	有機炭素量	溶存酸素 消費量 (ml)	硫化物量 (mg)	全窒素量(mg)
6 月 17 日	17.3	16.2	22.8		0.14	0,45
6 月 30 日	16.7	17.8	23.6	0.49	0.22	0.35
7月15日	17.3	15.9	30.6	0.30	0.32	_
7月29日	17.1	27.2	24.6		_	0,34
8 月 12 日	17.1	24.2	23.5	0.47	0.43	0.32
8月19日	16.7	24.1	20,5	0.32	0.30	0.29
8月27日	14.1	22.1	23.8	0.46	0.05	0.28
9月2日	17.8	20.9	20.8	_		0.23
9月9日	16.5	23.5	20.9	0.44	0.09	0.25
9月17日	17.0		12.8	0.32	0.10	0.28
9月21日	14.5	21.8	16.8	0.45	0.15	0.34
10月20日	12.9	23.8	14.6	0.42	0.17	0.38
			1	1	I	

第4表 多徳島底質の分析結果

注:灼熱損失量以外の数字は乾燥泥1g 当りの含有量を示している。

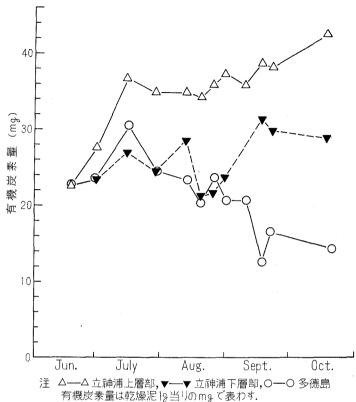
両地点共全窒素量 (NH_3-N) は極めて少なく、季節的な変化も顕著でなく、また両地点間の差がほとんど認めめられなかった。

4. 有機炭素量 (第6図)

立神浦上層は6月中旬から有機炭素量が急激に増加して約37mgに達し、その後多少の増減はあるが徐々に増加して10月中旬には43mgに達している。これは6月頃からこの海域に設置された養殖筏から落下するアコヤガイの排泄物、養殖施設やアコヤガイに附着した生物の死骸等による急激な蓄積であり、7月中旬以後の増加がやや低迷しているのは、筏の設置が一応終了した結果と考えられる。しかし立神浦下層部では8月下旬に有機炭素量の減少が認められる。この現象は、上層部では絶えず分解量以上の有機物の補給があるが、下層部では補給が少ないために夏季における盛んな微生物の活動による有機物の消費と考えられる。また付近に養殖筏の少ない多徳島では、冬季に蓄積された有機物(冬季この付近に多数の避寒筏が集まるので、これからの有機物の補給があるものと考える)が徐々に分解され減少していくのが第6図に示された多徳島の底質の有機物の消長であろう。

5. 過マンガン酸カリ消費量(第7図)

立神浦上層部の過マンガン酸カリ消費量は6月中旬には25mlを示しているが、その後



第6図 立神浦および多徳島における底質の有機炭素量の季節変化

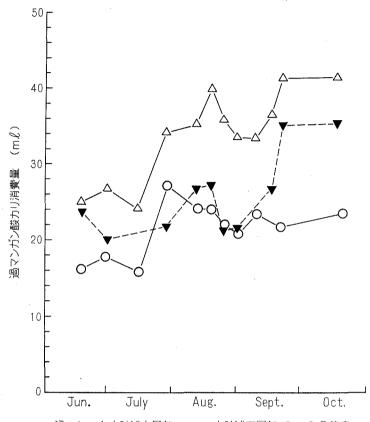
次第に増加し8月19日には39.9ml と高い値を示すが,その後減少して9月上旬には33.5ml と低くなり9月下旬から10月にかけて再び41ml と増加している。これは立神浦下層部でも上層部ほどではないが同様の傾向を示している。

過マンガン酸カリ消費量は、海水のばあいでは被酸化物の種類や反応温度によって非常に異なった値を示すことを新田³⁾が報告している。底質の過マンガン酸カリ消費量もその対象とする物質は不明であるが、前項の有機炭素量や底質の硫化物量と関連深い消長を示す興味深いものである。

6. 全硫化物量 (第8図)

全硫化物量の消長は、立神浦上層部では6月中旬から7月上旬にわたって増加しているが、その後一旦減少し再び8月下旬から9月中旬にかけて増加し、その後底層の水温の下降と共に減少している。一方立神浦下層部や多徳島の全硫化物量は、立神浦上層部とは異なって8月中旬まで増加した後徐々に減少しているのが認められる。立神浦上層部の全硫化物の一時減少している7月下旬から8月中旬には底層付近の海水中の溶存酸素量は極端に減少しており、特に7月28日と8月19日では底層水は無酸素状態を示し硫化水素が検出されている。

7. 溶存酸素消費量 (第9図)



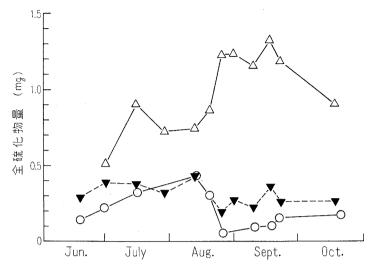
注: △——△ 立神浦上層部,▼——▼ 立神浦下層部, ○——○ 多德島 過マンガン酸カリ消費量は乾燥泥1g 当りのmℓ当量で表わす.

第7図 立神浦および多徳島における底質の過マンガン酸カリ消費量の季節変化

底質の溶存酸素消費量は、立神浦上層部では全硫化物の消長とほとんど同じ様子を示している。このことは、使用した海水が底層水よりも溶存酸素の豊富な表層水であるので、立神浦上層部のような全硫化物の多い底質では、反応中に海水中の溶存酸素によって硫化物が酸化された結果と考えられる。一方全硫化物が比較的少ない立神浦下層部や多徳島の底質では、硫化物量と溶存酸素量との間には相関が認めがたく、また観測期間中溶存酸素消費量の極端な変化が認められない。これは、試料として用いた底質が 0.125mm 以下の小さな粒径のものであり、その存在場所が比較的還元状態にあったと考えられることから、微粒子による酸素吸着といったような要素が影響しているものと推定される。

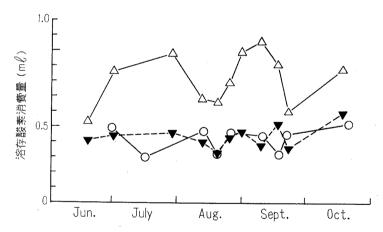
考 察

自然の海域においては、底質と海水との間の物質循環は順調に行なわれているが、ここに人為的あるいは不自然な要素が加わると、この平衡関係が破れやすいのは当然なことである。



注: △—△ 立神浦上層部, ▼—▼ 立神浦下層部, O—O 多德島 全硫化物量は乾燥泥1g当りの全硫化物をH2Smgで表わした。

第8図 立神浦および多徳島における底質の全硫化物量の季節変化



注: △─△ 立神浦上層部,▼─▼ 立神浦下層部,○─○ 多徳島 溶存酸素消費量は乾燥泥1g 当りの0zmℓで表わす

第9図 立神浦および多徳島における底質の溶存酸素消費量の季節変化

真珠養殖において、養殖されているアコヤガイの排泄する糞量は太田 $^{\circ}$) の報告から推算すると、後1台当り5,000 貝のアコヤガイが垂下されて4月から11月までの8カ月間養殖されたとすると、年間1台当りの糞量は乾燥重量にして約37kg に達する。 立神浦の中央部以奥では1,600台以上の筏が浮んでいるから、この水域の海底に落下する糞量は年間約59t という計算になる。さらに、貝に附着する附着物は年によって多小の増減はあるとしても、1年間に貝の重量と同じくらい附着すると考えられるので、これらの残骸が海底へ落下する量は莫大なものであろう。したがって、水深の比較的浅い湾奥部のしかも潮変り

の悪い水域では、このために物質循環の平衡が破れやすい状態にあることが推定される。 以上の考えのもとに著者らは底質や海水の諸成分の季節変化について分析したが、その 結果特に漁場老化の現象と密接に結びつくのは、環境水の水温・溶存酸素量と底質の有機 炭素量・過マンガン酸カリ消費量および全硫化物量の相互関係であろう。

真珠養殖は立神浦のような冬季に比較的水温の下る水域では、冬季は使用されておらず、4月より11月頃までが養殖に使用されている。したがって、春から秋にかけて漁場の底質の有機物量が増加するのは当然であり、第6図はその様子を明白に示している。一方底質中では水温の上昇と共に微生物の作用も活発になり、蓄積された有機物の分解が急激に進むものと考えられる。この現象の一端を示すのが第7図に示した過マンガン酸カリ消費量であろう。多徳島のような比較的開放され、英虞湾の中でも潮の動きが速い漁場では、底質に補給される有機物の量がそれほどではないので、分解の進行にしたがって底質中の過マンガン酸カリ消費量は増加しているが、逆に有機物量は減少していくのが認めがられ。

立神浦における底質の過マンガン酸カリ消費量は、7月中旬と8月下旬から9月上旬にかけて減少しているが,逆に硫化物量は増加しているのが認められる。一方,底層近くの溶存酸素量は底質の硫化物量が減少している時期に低酸素状態を示している。また,底層の水温は7月中旬までは25°C以下であり,その後上昇して8月中旬頃には27°Cに達するが,8月19日前後は一時25°Cに降下している。このような観測結果から,立神浦においては底層水の溶存酸素が水温の上昇につれて有機物の分解産物として底層に蓄積された硫化物を酸化し,遂には8月中旬までの高水温によってますます活発になったこの酸化反応が,無酸素層を形成するに至ったものと考えられる。しかしこの時期に無酸素形成による異常斃死が起こらなかったのは,成層が3m以深に形成されていて上下の混合が行なわれず底層の極く近くのみが無酸素状態にあったためと思われる。また8月下旬に底質の硫化物が増加し,溶存酸素量も増加したのは,この時に生じた25°Cという水温降下による酸化反応の減少と考えられ,この時期に底質の有機物の分解も一時低調になったことが過マンガン酸カリ消費量からも推察される。

この他, 灼熱損失量や全窒素量は季節的な変化が顕著でなく直接に漁場老化の現象を究明する鍵とはなりがたいと考えられる。

要約

- (1) 真珠養殖漁場の老化現象を解明するために、英虞湾立神浦において環境海水および底質中の諸成分の季節変化を追求した。
- (2) 環境海水の水温・溶存酸素量と底質の有機物量・過マンガン酸カリ消費量・全硫化物量の間には、密接な相互関係があることを認めた。
- (3) 灼熱損失量および底質の全窒素量は、季節的変化が顕著でなく、老化漁場における現象解明の指標となりがたいことを認めた。

文 献

(1) 荒川 清・新田忠雄 1943. 工場廃水の研究第1報(8) 海底泥の分析法に関する

研究,内海区水研報告第3号:27-32.

- (2) 梶川豊明 1955. 中海の赤潮に関する研究. 島取県水試報告35:1-361.
- (3) 新田忠雄 **1954.** 工場廃水に関する研究. 第2報(5)廃水分析法に関する研究. 内海区水研報告第6号:73-74.
- (4) 農芸化学実験書 1943. 京都大学農学部農芸化学教室編 上巻:228-233.
- (5) 奥田泰造・加藤健司 1952. 海洋底質の化学的研究 (5) 海底土による海水溶存酸素の消費作用について、北大水産学部研究彙報第2巻第4号:281-291.
- (6) 太田 繁 **1959**. アコヤガイの食性に関する研究 Ⅱ. アコヤガイの糞量の季節的 変化. 国立真珠研報 **5**:429—433.
- (7) 沢田保夫・丹下孚・関政夫 1958. 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究 1. 1958年 7月英虞湾立神浦における真珠貝異常斃死漁場の観測結果について. 国立 真珠研報4:347—355.
- (8) 関 政夫 1957. 真珠貝の異常斃死について. 真珠研究会報 7:7-11.
- (9) 富山哲夫・神崎嘉瑞夫 1951. 底土に含まれる硫化物の少量定量法. 日水誌17: 115—121.
- (10) 上野福三 1964. 真珠漁場における餌料基礎生産と漁場の海洋構造について Ⅱ. 海水並に底泥の性状の季節変化と海底耕耘の効果について. 三重県立大学 水産学部紀要第Ⅵ巻第2号:145—169.

第5表 立 神 浦 観 測 結 果 (1964)

	水深	6.月17日	7月1日	7月14日	7月28日	8月11日	8月19日	8月26日	9月1日	9月8日	9月16日	9月22日	10月16日
	0	23.3	25.6	30.5	33.2	31.5	28.5	29.3	29.5	28.8	28.3	26.5	20.7
水温	2	22.4	24.5	27.5	30.8	30.9	27.6	28.4	28.6	29.4	27.9	26.7	20.5
(°C)	4		22.3	24.4	24.6		25.2		28.3	26.9		26.4	21.1
	В	21.6		www.mast		27.8		26.1	27.2	~~~	26.9	<u></u>	21.3
	0	18.21	16.74	17.38	16.39	18,53	18.26	18.70	12.39	17.72	18.63	18.45	17.47
塩 素 量	2	18.65	18.41	18.74	18.36	18.56	18.77	18.70	17.97	18.59	18.67	18.55	18.08
(%0)	4	_	18.95	18.95	18.98		18.85	<u></u>	18.67	18.69		18.68	18.31
	В	18,90	_	···········		18.72		18.85	18.69		18.72		
	0	4.50	4.92	3.83	4.63	4.67	3.83	4.63	4.61	4.59	4.73	3.46	5.77
溶存酸素量	2	4.32	3.04	3.40	4.21	5.11	2.88	4.67	4.12	5.14	4.37	3.27	5.48
$(\mathrm{c.c.}/l)$	4		2.55	2.83	0.21	_	0		3.97	3.23	1.33	0.35	4.65
	В	4.56	_			1.46		3.07	1.89	*******		0	4.34
	0	1.9	1.8	1.1	1.9	1.9	3.4	2.1	2.5	1.1	1.3	1.8	
過マンガン酸カリ消費量	2	1.6	1.4	1.2	2.3	2.3	3.3	2.9	0.4	1.3	1.2	1.6	
(ml/l)	4		1:.9	0.7	4.3		3.8		1.8	1.7		2.6	_
Ç/ · /	В	1.9	_			2.6		3.2	1.5		4.0	3,3	

注 B は 4.5~5m

	水深	6月17日	6月30日	7月15日	7月29日	8月12日	8月19日	8月27日	9月2日	9月9日	9月17日	9月21日	10月20日
	0	23.1	24.5	28.8	29.6	29.7	29.3	28.8	29.0	. 27.6	26.6	27.1	20.9
水温	2	22.7	23.2	27.2	29.3	28.8	25.9	28.1	28.2	27.1	26.8	26.6	20.8
	5	21.1	21.6	23.1	24.9	27.6	23.9	26.9	26.8	26.6	25.6	26.0	20.7
(°C)	10	20.6	20.4	21.0	21.8	25.1	22.8	25.1	24.6	24.8	24.5	25.1	21.1
	15	20.3	20.2	20.1	20.7	23.5	21.9	24.2	24.1	24.1	23.9	24.4	21.1
	0	18.43		17.55	17.04	18.36	18.62	18.44	16.99	18,37	18.36	18.44	18.41
塩 素 量	2	18.63	18.21	18.36	17.65	18,13	18.58	18.60	18.22	18.37	18.85	18.51	18.44
	5	18.95	18.39	18.92	18,58	18.23	18.75	18.66	18.61	18.52	18.65	18.62	18.48
(‰)	10	19.10	19.05	19.06	19.05	18.82	18.98	18.74	18.77	18.64	18.78	18.69	18.58
	15	19.10	19.10	19.11	19.11	18.97	19.01	18.84	18.89	18.82	18.79	18.78	18.60
	0	4.61	5,05	4.27	4.17	4.59	5,22	4.55	4.43	4.31	4.55	4.59	4.70
溶存酸素量	2	4.56	4.33	4.58	4.50	4.64	5.05	4.54	4.54	4.35	4.55	4.34	4.75
	5	4.67	4.12	4.09	4.74	4.61	4.77	4.51	4.00	4.12	4.47	4.01	4.51
(c.c./l)	10	4.50	3.58	3.86	3.60	3.91	3.45	3.64	2.25	3,.28	3.77	3.33	4.36
	15	3.95	3.53	4.09	3.40	3.04	2.19	3.13	2.27	3.52	2.70	2.72	4.18
	0	1.9	3.5	0.4	1.8	1.6	2.3	1.9	1.4	0.7	1.0	1.6	
	2	1.6	1.4	0.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.0	0.5	0.8	1.4	_
過マンガン酸カリ消費量	5		1.3	0.5	1.4	1.2	1.4	1.5	1.2	0.6	0.8	1.1	
(ml/l)	10	1.4	1.2	0.5	1.4	1.6	1.5	1.3	0.9	0.4	0.8	1.2	_
(1100/0)	15	1.3	1.3	0.5	1.4	1.3	1.6	1.6	1.2	0.5	0.8	1.3	_
	В	8.5	3.7	3.4	3.8	3,2	4.5	5.1	3,3	2.0	2.0	3.5	

第6表 多 徳 島 観 測 結 果 (1964)

注 B は 15.5~16.5m

アコヤガイの種苗生産に関する基礎的研究

I. 切り出し卵巣卵の成熟度の判定と産卵期に おける変化について*,**

桑谷幸正

国立真珠研究所

これまで二枚貝の産卵期は主として各漁場で発生した稚仔貝の時期的分布密度を観測することにより 1.3.4.5.8など, あるいは貝の生殖巣の組織学的変化を観察することにより 5.11.12 13.14など) 推定されてきた。しかしながら、より優良な種苗を生産する目的をもって、産卵誘発または切り出しにより受精を行ない、しかもその後の成長が良好な稚仔貝を確保するためには、通念的な成熟生殖巣中に含まれる完熟卵の数および割合を知ることが必要であるが、上記の各方法によって推定された産卵期は環境諸要因の変化によって年ごとに、また各漁場ごとに異なり、しかもそれらの方法では生殖巣および卵の成熟度を、その日のうちに、またより詳細に階層分けすることは困難である。

二枚貝の卵は大部分のものが未成熟の状態で生殖巣中に蓄えられ、真珠貝その他ではそれらの卵をとり出し、普通海水中に放置しても成熟分裂および受精が非常に困難であること、またそれらを適度なアンモニア海水中に浸すと受精が容易に行なわれることが報告されている^{15.16.17.18)}。アンモニア海水中に浸された卵は、その卵の成熟の度合に応じて、最初に胚胞が消失し、ついで受精による卵分割が行なわれ、さらに充分に熟した卵では正常な発生を継続することが知られている^{6.10.15.16.17.18)}。

これらの知見にもとづき、1965年、アコヤガイの産卵期である6月から9月までの3か月間、時期別に切り出し一アンモニア海水処理による人工受精を行ない、その結果、この方法により生殖巣中の卵の成熟度分布を知ることが可能であると考えられたので、その結果を報告する。

報告にあたり、本研究の機会を与えられた国立真珠研究所々長 太田 繁氏に感謝の意 を表する。

材料および方法

供試アコヤガイは1965年6月上旬に三重県神前湾から同県アゴ湾の当所多徳島臨海実験

^{*} Yukimasa Kuwatani. Studies on the breeding of the Japanese pearl oyster, *Pinctada martensii* (Dunker), I. Change in the maturation of the eggs obtained from the excised gonads during the spawning season. With English summary, pp. 1241-1242. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 10: 1228-1243. 1965.

^{**} 国立真珠研究所業績 No. 138 (国立真珠研究所報告10:1228—1243. 昭和40年11月)

所養殖場に移した満2年生貝である。産卵期間中における卵巣卵の成熟度の変化に関する実験は1965年6月10日から9月6日まで7~10日間隔で計10回行なった。1回当りの使用貝数は放卵、未放卵のものを含めて雌貝10個、それに完熟雄貝1個とした。実験方法は、まず貝の右貝殻をはずし、ガーゼをもって粘液などを除き、雌雄の別を検鏡し、雌貝の卵巣をメスで数条切開し、卵巣を圧迫しないように注意しながらそのままビーカーの普通海水中に浸し、静かに揺り動かして卵を流出させた。10個の雌貝から集めた卵は、ミユラーガーゼをもって沪過し混入物を除いた後、9個の遠沈管に均等に分け、手動遠心分離器(約500回転/毎分)を用いて普通海水で2回洗滌して粘液などを除き、その後、それぞれ各種濃度に調整されたアンモニア海水に浸した。

使用海水中のアンモニアの濃度は、普通海水のアンモニア量を0とし(多徳島周辺海水中のアンモニア濃度, $10\sim20$ mg/m³) 7 、これにアンモニア水を添加し,0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75および $2.00\times10^{-3}N$ となるよう調整した。卵をアンモニア海水に浸してから15分後および30分後の2回,アンモニア海水が薄く白濁する程度に精液を注ぎ,ピペットをもって数回,攪拌混合した。精液は雄貝の生殖巣を雌貝と同様に切開し、普通海水に流出させたものを用いた。第2回目の精液を注いでから10分後,つまりアンモニア海水に浸してから40分後,手動遠心分離器を用いて,普通海水で卵を2回洗滌しアンモニアおよび精液を除去し,その後,普通海水300mlを満したビーカーに移してその発生をまった。受精した卵が坦輪子となり運動を開始した頃,5%フォルマリンで卵を固定,檢鏡し,卵の発生段階別に計数した。

なお、上記主実験を実施する過程において、実験方法の検討のため、つぎの各項の補足 実験を行なった。

- (1) アンモニア海水浸漬時間による卵核膜消失および卵分割の出現率について。
- (2) 同一時期における標本群間の卵熟度分布の相似性について(標本数についての検討)。
- (3) 遠心分離器の使用が卵の成熟および発生におよぼす影響について。 これらの補足実験の方法およびその結果については実験方法の検討の項で述べる。

実験方法の検討

アンモニア海水浸漬時間による卵核膜消失および卵分割の出現率について

1965年6月14日および8月10日の両日、生殖巣から切り出して、手動遠心分離器によっ

Table 1 Time required for inducing the nuclear-breakdown of the eggs in ammonical sea water..*

D.4.	WT.	Number of		Tim	e in min	utes	
Date	W 1.	eggs**	~10	~20	~30	~40	~40
14 Jun.	24°C	33	9	30	45	6	9%
10 Aug.	28	29	24	48	21	7	0

^{*} Concentration: 0.75×10⁻³ N NH₃.

^{**} Observed under microscope.

て洗滌した卵を $0.75 \times 10^{-3} N$ アンモニア海水に浸し、顕微鏡下 1 視野中33個および29個の卵の核膜の消失するまでに要する時間を測定した。結果は $Table\ 1$ に示すとおりである。

1965年 7 月 5 日,卵をアンモニア海水に浸してから精液を加えるまでの時間の長さをかえて,核膜消失および卵分割の出現率を測定した。この場合使用したアンモニアの濃度は 0.75×10^{-3} N,アンモニア海水に浸してから精液を加えるまでの時間の長さは浸漬後10分から10分間隔でもって80分までとし,それぞれ精子を加えてから10分後に洗滌し,普通海水にうつした。その結果は Fig. 1 に示すとおりである。

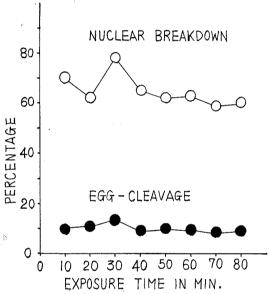


Fig. 1 Rate of nuclear-breakdown and egg-cleavage of eggs induced by the length of exposuer time to ammonical sea water, Eggs were inseminated after respective exposure time to ammonical sea water $0.75 \times 10^{-3} N$ NH₃, and further, after 10 minutes of that they were washed with plain sea water.

6月14日および8月10日の実験において、卵がアンモニア海水に浸されてから、その80 %以上のものが卵核膜を消失するまでの時間は、いずれの場合においても、およそ30分を要した。また、7月5日の実験においては、アンモニア海水に浸してから媒精までに30分間、媒精から洗滌までに10分間、計40分間の浸漬時間の場合が、核膜消失および卵分割の出現率が最高であった。しかしながらこれらの結果を別の観点からみると、同一卵巣から得た卵であっても核膜の消失に要する時間は10分以内から40分までの開きがあり、また6月14日に比較して8月14日においては、全般的により短時間に核膜の消失が行なわれているのが認められる。これらの現象は最も好適な浸漬時間は実験に供した卵の熟度によって著しく異なることを意味しているものと思われる。

また、7月5日の実験では上記の好適時間 (30+10=40分間) より長く浸漬されていたものの核膜消失および卵分割の出現率は低下しており、このことは、原形質膜を透過した

アンモニアは卵の成熟分裂を促進するとともにその適量(透過量は濃度と時間に関係すると思われる)を超えた場合には逆に成熟分裂,卵分割およびその後の発生を抑圧する作用がある,ということを暗示している。以上のことから,主実験においてアンモニア海水浸漬から媒精までの時間を30分としたことは,卵成熟期から放卵後期にいたる卵巣卵の熟度分布の変化をみるためには適当な処置であったと考えることができる。しかしながら \mathbf{Wada}^{18} は $\mathbf{Pinctada}$ fucata* の卵はいまだ卵核胞をもつ卵に精虫が侵入し,この種の卵では数分間,精子を含むアンモニア海水に浸すだけで受精され得ると述べており,この方法による成熟度の判定法および時期的な変異についても改めて検討する必要があると思われる。また,主実験においてはアンモニア海水への浸漬時間を同一とし,単にその濃度をかえて試みたが,濃度と浸漬時間との組み合わせにより,それらの熟度分布をより正確に判定できるのではないかと考えられる。

同一時期における標本群間の卵熟度分布の相似性について(標本数についての検討)

生殖巣の成熟度には、かなりの個体差があることが想定されるが、1回当り雌貝10個を もってその時期の全体の傾向を示しているかどうかについて、6月20~21日および7月24

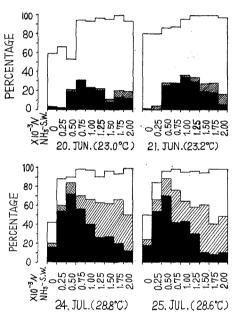


Fig. 2 Comparison between two groups of 10 specimens each of the oyster on the nuclear-breakdown and egg-cleavage of their eggs. Eggs were deposited to $0-2 \times 10^{-3} N$ NH₃-sea water for 30 minutes, and later 10 minutes washed with plain sea water. White area, uncleavaged egg dissolved the germinal-vessicle; oblique area, abnormal cleavaged egg; and black area, normal cleavaged egg.

^{*} Wada¹⁸¹は "There might be some opinions as to an identification of the Japanese pearl oyster, which has been for years designated *Pinctada martensii* (Dunker), as *P. fucata* (Gould) as is adopted in this paper." と述べている。

~25日の2回,主実験と全く同一の方法で処理し,同一時期における異なった標本群間の 卵の成熟度分布を比較した。結果は Fig. 2 に示すとおりである。

第1回の両日の卵の熟度分布を比較すると、細部にはかなりの相異がみられるが、これらを主実験の6月10日および7月1日の結果(Fig. 3 参照)と比較すると明らかに区別され、その観点からは両日の結果は非常に近似しているということができる。一方、第2回の両日の結果は、それだけを比較したときにはかなり似ているように思われるが、主実験における7月14日および8月4日の結果(Fig. 3 参照)と対比するときは明らかな異差を認めることはできない。主実験の結果から判断すると、第1回の実験時期は生殖巣の成熟期に相当しており、この時期には卵は急激にその成熟度を高めるため、両者はその前後に比較して近似しているようにみられたのであって、放出盛期および終期にこのような相似性がみられないのは、群体的には放卵・未放卵貝が混在し、個体的には放卵と成熟の現象とが交錯しているためと思われる。このような観点から、この標本数をもって得られた主実験の結果の検討は、卵の成熟期、放出盛期および後期というような大区分によって全体的な傾向を把握するに止めるべきであると思われる。したがって、より精密な目的のためにはより多くの標本についての調査が必要であり、さらに同一時期の未放卵、一部放卵および放卵貝それぞれの卵の熟度分布についての検討が必要であろう。

遠心分離器の使用が卵の成熟および発生におよぼす影響について

生殖巣から切り出した卵の洗滌および媒精後のアンモニアおよび精液除去のために手動遠心分離器を使用したが、本器使用のために生ずると思われる、核膜消失および正常・異常分割の出現率の変化を調査した。実験は7月8日および8月24日の2回、主実験と併行して静置沈澱による洗滌法を試みた。ただし、静置沈澱法では媒精後、アンモニア海水および精液を除去するための操作に20~30分を要した。結果は Table 2 に示すとおりである。なお、遠心分離器の中心軸から遠沈管までの距離は3cm、遠沈管の長さは12cm であり回転速度は約500回転/毎分とした。

Table 2 Effect of washing utilizing a centrifugal separator* in artificial fertilization on rate of nuclear-breakdown and egg-cleavage of the eggs. Still precipitation method was used as controll.

Date	8 J	un.	24 Aug.		
Method of washing**	С	S	С	S	
Number of eggs checked	98	102	119	154	
Immature egg	12 %	13 %	5 %	2 %	
Uncleavaged egg					
Dissolved germinal-vessicle	3	4	8	12	
Cleavaged egg	85	83	87	86	
(Normal	83	79	17	14	
{ Abnormal	2	4	70	72	
WT.	25	.1°C	30.4°C		
NH ₃ concentration	$0.5 \times$	$10^{-3}N$	0.75×1	$0^{-3} N$	

^{*} Number of revolution, 500/min.

^{**} C, centrifugal separation; S, still precipitation.

遠心分離法と静置沈澱法とによって得られたそれぞれの値について κ^2 -検定を試みると, いずれも危険率5%以下では有意な差を認めることができなかった。つまり,遠心分離器 によるこの程度の回転速度では,卵の核膜消失,受精および卵分割に何らの影響を及ぼさないものと考えられる。

主実験の結果

実験期間における供試雌貝の生殖巢の外見(未放卵、一部放卵および放卵の別)、アンモニャ濃度別の調査卵数および実験水温は Table 3 に示すとおりである。

各種の濃度のアンモニア海水を用いて誘起させた成熟分裂と発生の各段階によって仕分けられた切り出し卵巢卵の時期別熟度分布,つまり核膜消失,正常および異常分割の出現

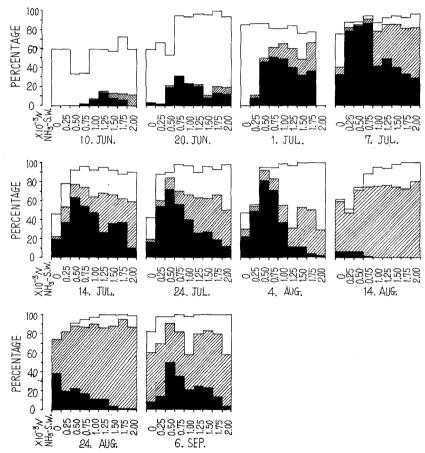


Fig. 3 Rate of nuclear-breakdown and egg-cleavage of eggs induced by various concentrations of ammonical sea water and the change throught out the spawning season. White area, uncleavaged egg dissolved the germinal-vessicle; oblique area, abnormal cleavaged egg; and black area, normal cleavaged egg.

Table 3 Course of the present experiment.

	-	App	earance of o	vary	Number of eggs checked ×10 ⁻³ N NH ₃ -sea water used								
Date	WT.	Unspawned	Partial spawned	Spawned	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
10 Jun.	24.1°C	10	0	0	97	94	129	88	82	85	90	64	54
20 "	23.0	10	0	0	117	112	115	100	111	134	174	164	113
1 Jul.	23.7	10	0	0	105	171	186	148	178	119	195	202	_
7 "	25.1	8	2	0 (2)	125	115	98	155	126	111	69	76	79
14 "	28.5	6	3	1 (1)	138	112	94	120	108	98	82	136	122
24 "	28.8	5	3	2	118	104	97	99	101	124	114	116	98
4 Aug.	29.5	6	2	2	60	142	75	172	72	75	117	94	86
14 "	30.2	3	4	4	163	96	1 51	129	179	157	150	213	198
24 "	30.4	2	3	5 (1)	74	171	157	119	81	118	89	87	185
6 Sep.	23.0	0	1	9	57	93	107	112	60	71	81	71	45

Figures in parenthesis show indisinctness species of the gonad.

率は Fig. 3 に示すとおりである。

考 察

Table 3 および Fig. 3 からつぎのことが考えられる。

処理海水のアンモニア濃度と核膜消失、正常および異常分割の出現率について

まず,処理海水のアンモニア濃度と卵核膜の消失率との関係については,全般的にみて普通海水からある濃度まではその濃度が高くなるに従って消失率が高くなるが,それ以上の濃度になっても濃度にともなう消失率の変化は認められない。また,それらの時期的な変化については,6月10日を除外するといずれも最高80%以上の出現率を示しており,明らかな差異および傾向を認めることはできない。これは,上記の実験方法により卵巢から流出する卵はその大部分のものが成熟分裂に移行し得る卵で占められていることを示しているものであって,6月10日の場合は流出卵数が少なく,切開により剝離された未熟卵の比が大きくなったための現象であると推察される。核膜の消失率が80%を超えるために必要な最も低い濃度は $0\sim0.75\times10^{-3}N$ の範囲にあり,時期的な推移傾向は認められない。

つぎに,処理海水のアンモニア濃度と正常分割の出現率との関係については,いずれの場合も例外なく単峰型を示しており,このことは $Wada^{18}$ がすでに述べているように,正常分割に対するアンモニアの好適濃度があることを示している。正常分割の出現率の最も高いアンモニアの濃度は実験期間を通じて $0\sim0.75\times10^{-3}\,N$ の範囲にあり, $0.5\times10^{-3}\,N$ の場合が最も多い。また,時期的にみてその好適濃度は実験初期(6月10日~7月7日)には高く,中後期(7月14日以降)には低い傾向がみられる。これに関連して,正常分割卵の発生段階別分布を時期的に対比すると, $Table\ 4$ に示すとおりであって,実験初期には 2 細胞期から坦輪子期までの広い分布がみられるが,時期の推移とともにその分布は次

Table 4 Distribution of the developmental stages of the normal cleavaged eggs which were matured and inseminated in ammonical sea water.

Date	20	Jun.	14	Jul.	24 Aug.		
×10 ⁻³ N NH ₃ *	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	
Stage,** 2 cells	5	8	5	4	0	0	
4 cells	1	4	7	6	0	0	
8 cells	5	4	7	10	0	0	
16 cells	2	5	10	11	0	1	
Morula	2	2	9	12	9	5	
Gastrula	4	3	11	10	12	9	
Trocophore	3	5	10	12	14	8	
Number of total	22	31	59	65	35	20	

Figures show number of eggs.

* Eggs were matured by those concentrations of ammonical sea water.

** The development of eggs were stopped by formalin solution when a part of them attained to the trocophore stage.

第に高度の発生段階に集約され,後期には桑実期から坦輪子期にいたる比較的狭い分布を示している。これらのことから発生におよぼすアンモニアの好適濃度は卵の熟度によって変化し,卵が未熟の場合には高く,卵の熟度が高くなるにともなって低くなると考えることができる。普通海水中での正常分割の出現率は実験初期(6月10日~7月1日)には殆んどみられないが,中期以降ではかなりの値(6~38%)を示し,とくに<math>8月24日にはアンモニア海水によって処理したいずれの群よりも高い値を示した。このことについて $Wada^{18}$ は"P. fucata の卵は普通海水中でかなりの数の卵が受精したがそれらの卵は正常な分割をしなかった"と述べており,両実験のこのような相違が何に基づいて生じたものか明らかでない。

処理海水のアンモニア濃度と異常分割の出現率については、前記の正常分割に対するアンモニアの好適濃度以下ではその出現率は比較的低いが、濃度が高くなるに従ってその出現率も急激に高くなっているのがみられる。また、時期的には実験初期に低く、後期になるに従って高くなる傾向がみられる。いま、假に、異常分割が受精したものにのみ起るものとして、正常分割に異常分割を加えて受精率とすると、アンモニア濃度と受精率との関係には大別して2つの型があるようにみみれる。

その1つは7月14日、7月24日および8月4日に明瞭に認められるところの単峰型であり、他の1つは7月1日、7月7日、8月14日および8月24日に認められるように、ある濃度までは次第に受精率は増加するがそれ以上濃度が高くなっても受精率の変化が殆んどみられない、いわゆる増加平行型である。これらを時期的に対比すると、単峰型が実験期間の中期を占め、その前後に増加平行型が位置していることになる。単峰型についてはWada¹⁸⁾が "アンモニアはその濃度が高くなるにつれて卵の成熟分裂を促進するが、もしその限度を超えた場合には受精卵は分割しないか、あるいは分割したとしてもその型は異常である"と述べているところの"分割しない受精卵"の存在を示し、またこれに対して増加平行型の場合には、受精卵のすべてが卵分割に移行したものとる考えことができる。しかしながら、現在の研究段階では時期的にこのような変化が起る原因を明らかにすることはできない。

異常分割の起る原因として,(1)未熟な卵が強度な外因的作用によって成熟分裂に移行したため,その途上で崩壊した場合,(2)未熟な卵が強度な外因的作用によって成熟分裂し受精し,異常分割した場合,(3)成熟した卵が過度の外因的作用を受けたため,その分割が異常となった場合,の3つが挙げられる。前中期における異常分割の大部分はアンモニアの好適濃度以上の範囲にみられ,主として(3)の原因によるものであって,(1)(2)の占める割合は比較的低いものであると判断される。しかしながら一方,後期においては前記(3)と同様に,完熟卵あるいは放出直前卵が強度なアンモニアの作用を受けたために異常分割となったとの理由だけでは,一般的なアンモニアの好適濃度以下,とくに普通海水中における異常分割の出現率が高い現象を説明することはできない。

Table 3 にみるように後期においては供試員の大部分が放卵員であり、したがって、それらの員から得られた卵のうち卵巢内残留卵の占める比はかなり大きくなっていると思われる。卵巢内残留卵については、放卵時すでに巢内で異常であったために残留したものか、あるいは残留後、次第にその発生的機能が衰退するものか明らかでないが、後期のこのような現象はおそらく残留卵の発生的機能に関連するものと推察される。

卵巣卵の熟度の類別

実験方法の検討および主実験の結果から、卵巢卵の熟度はつぎのように類別することができる(Fig. 4)。 この場合、熟度を判定する基準となる処理海水のアンモニア濃度は卵の正常分割の出現率が最も高い濃度とすることが妥当である。本実験方法に準據する場合は 0.5×10⁻³ N が好適濃度となっている例が最も多く、これを基準とするのが適当と考えられる。この基準濃度のアンモニア海水によって処理しても卵核膜が消失しない卵は、いまだ成熟分裂に移行するための準備、小島・前木²⁾ によれば原形質部の肥大と卵黄の貯蔵、が不充分であるところの未熟の卵であるということができる。これを未熟卵として類別する。卵核膜が消失しても卵分割に移行しない卵はいまだ卵分割に移行するためにはその発達が不充分な卵と考えられる。これらの卵には Wada¹⁸⁾ が述べているように未受精卵とがあると思われるが現段階ではそれらを区別することはできない。ここでは一括して成熟卵とする。アンモニア海水処理によって正常分割に移行した卵は、卵巢中ですでに成熟分裂および正常分割に移行するに足るだけの充分な準備がなされていた卵とみることができ、完熟卵として類別する。ただし、正常分割卵であっても Table 4 に示したように、その発生段階別分布には時期的にかなりの変動がみられ、それらの発生段階はおそらくより高い次元での卵の成熟度を示しているものとみられ今後改めて検討の必要があろう。

また、普通海水中で正常分割に移行した卵は、前述のアンモニア海水処理の場合と異なり、卵巢中ですでに成熟分裂に移行している卵と考えられ、おそらく放出直前の状態にあるものとみることができる。これを放出直前卵として完熟卵と区別する。異常分割した卵には、前項で述べたように種々の成因があることが考えられ、これを一括してある成熟段階に類別することは適当でない。そこで現段階としては異常分割卵として別に取り扱うことが妥当であると考えられる。

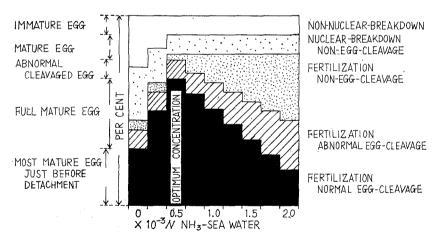


Fig. 4 Relationship between the developmental stages of eggs induced by exposure to various concentrations of ammonical sea water and a classification of the degree of muturity of the eggs obtained from excised gonads.

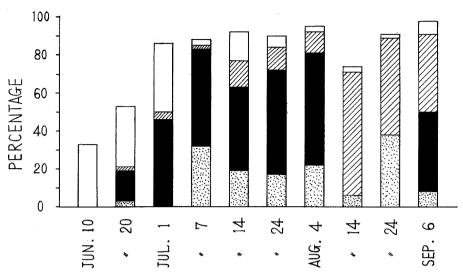


Fig. 5 Change in the distribution of muture degree of the eggs obtained from excised gonads during the spawning season. White area, uncleavaged egg disolved the germinal-vessicle; oblique area, abnormal cleavaged egg; and black area, normal cleavaged egg developed by exposure to 0.5×10^{-3} N NH₃-sea water. And dotted area, normal cleavaged egg developed by exposure to plain sea water.

卵熟度分布の時期的な推移

卵の熟度分布の時期的な推移をより明らかにするために $0.5 \times 10^{-3} N$ のアンモニア海水における核膜消失,正常分割および異常分割の出現率と,それに放出直前の状態にある卵を示すものとして普通海水中で正常分割した卵の出現率を加え図示すると $\mathbf{Fig.5}$ のとおりとなる。

この図から、実験時期は大きく3つに区分されるように思われる。つまり、前期は6月10日から7月1日までの間で、その間の特徴としては卵核膜の消失しない未熟卵が比較的多いこと、普通海水中で正常に分割する放出直前の卵がほとんどみられないことおよび異常分割卵が比較的少ないことが挙げられる。中期は7月7日から8月4日までで、その間の特徴としては前期に比較して未熟卵が少ないこと、完熟卵が多くなり放出直前の卵および異常分割卵もかなり増加していることが挙げられる。後期は前中期に比較して異常分割卵が極めて多いこと、また3回のうち2回の実験において完熟卵はすべて放出直前と思われる卵によって占められていることが挙げられる。

関® によれば、各年の天然の稚仔貝の出現数からみて三重県における代表的な放卵型として放卵の第1回の山は6月中旬、第2回は6月未~7月上旬、第3回は7月下旬~8月上旬にあるとしている。本実験を行なった1965年の春季は例年に比較してやや水温が低く、そのため全般的に放卵が遅れ、7月上旬~8月上旬に盛期があったものと判断され、実験時期における3様の卵熟度分布はそれぞれ卵成熟期、放卵盛期および放卵後期を示すものと推察される。

論 義

ふたたび実験方法の検討

さきに実験方法の検討の項で、アンモニア海水への浸漬時間、標本数および遠心分離器の使用について述べたが、さらに海水温および潮汐との関係、卵巢卵の総数とその熟度分布について検討を加える。

海水温および潮汐との関係:実験期間中における水温および潮汐は Fig. 6 に示すとおりである。これまでアコヤガイの放卵は 21° C において始まり、その盛期は 25° C 以上とされ、また潮汐との関係では内湾部においては大潮時に放卵が行なわれることが多いとされている $^{5\cdot8}$)。本実験における測定日の海水水温はすべて 21° C 以上であり, 7月1日以降が 25° C 以上となっている。また、測定日のうち 7月1日, 7月14日および 8月14日の 3回は大潮時あるいはその直後にあたり、たまたま、7月14日および 8月14日の両日はその前後に比較して正常分割の出現率が低くなっている。これは完熟卵を放出した直後の貝群を実験に供したためではないかとの疑問が持たれる。今後この種の実験においては大潮時を基準としてその前後に測定日を配置するよう計画すべきであると思われる。

卵巢卵の総数とその熟度分布について:今回の実験においては卵巢卵の総数とそれらの 熟度分布および切開により流出した卵数の計測が欠けていたため、採取卵が総抱卵数の何 %を占め、またその熟度分布が全卵の熟度分布に対してどのような位置を占めているかを 検討することができなかった。これらのことは、得られた実験結果を相互に比較する場合 に、実験方法的な基盤が安定しているかどうかの批判の対象となり得るものであって、今 後、この種の実験には欠くことのできない項目であると思われる。また、今回は未放卵貝、 一部放卵貝および放卵貝から得た卵を混合して取り扱ったが、本来、それぞれの流出卵数 およびその熟度分布を知った上で群としての取り扱かいをし、あるいは解析するのがより 妥当であると思われる。

種苗生産への応用

はじめに述べたように、より優良な種苗を生産する目的をもって、産卵誘発あはいは切

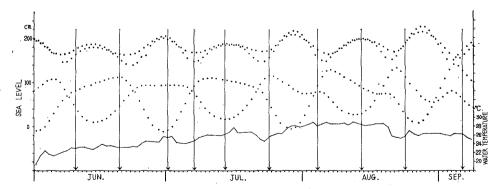


Fig. 6 Sea level and water temperature at the depth of 2m. during the spawning season, 1965. Dots, sea level; crawling line, water temperature; and longitudinal line with an arrow, work day of the present experiment.

り出しによる卵の人工受精を行ない,しかもその後の成長が良好な稚仔貝を確保できるかどうかは,供試母貝の卵巢内に充分に熟した卵が含まれているかどうかにかかっているのであって,現段階ではこれを外見的に判定することは極めて困難である。このため,一般的には産卵期間中に幾回となく人工受精・飼育が試みられ,一回の成功のかげには多くの失敗例が積み重ねられている現状である。このような状態を改善するためには,これまでの外見的な熟度の判定に加えて,本実験で行なったように,一部の標本を使用して切り出した卵を普通海水および $0.5 \times 10^{-3} N$ アンモニア海水で成熟を促進し,媒精してその成熟度分布を測定すれば,それらの卵巢がどの程度の完熟卵を持っているかについてのより正確な判定を下すことができると考えられる。

また、この種の実験に対する方法的確立が得られるならば、産卵期における環境条件と 放卵機構に関する研究、産卵の促進および抑制に関する研究、挿核時における仕立技術の 改善などにも利用できるものと思われる。

要 約

アコヤガイの種苗生産に関する基礎的な研究として産卵期間中における卵巢卵の成熟度の変化について検討した。

本実験は1965年 6 月から 9 月までに10回行なった。実験の方法は 1 回当り10個の雌貝を用い,卵巢を切開して自然流出卵をとり出し,洗滌の後,各種の濃度のアンモニア海水に浸し,浸漬後15分および30分の 2 回に媒精し,さらに10分後に洗滌して普通海水中に移し発生させた。受精した卵の一部が坦輪子となり運動を開始した頃,ホルマリンをもって固定し,卵の発生段階を類別計数した。なお,実験方法の検討のため期間中につぎの各項について補足実験を行なった。(1)アンモニア海水浸漬時間による卵核膜の消失率および卵分割の出現率について(Table 1, Fig. 1),(2)同一時期における標本群間の卵熟度分布の相似性について(Fig. 2),(3)遠心分離器の使用が卵の成熟および発生におよぼす影響について(Table 2)。

主実験の結果は Table 3 および Fig. 3 に示すとおりであって、その結果からつぎのことが考えられる。

- (1) 処理海水のアンモニア濃度と卵核膜の消失率,正常おび異常分割の出現率について:卵核膜の消失率;普通海水からある濃度までは次第に消失率が高くなるがそれ以上の濃度になっても消失率の変化はみられない。核膜の消失率が80%を超えるための最低濃度は $0\sim0.75\times10^{-3}N$ の範囲内にあり,とくに時期的な変化は認められない。正常分割の出現率;普通海水からある濃度までは次第に出現率が高くなるが,濃度がそれ以上になると逆に出現率は低くなる。アンモニアの好適濃度は $0\sim0.75\times10^{-3}N$ の範囲にあり, $0.5\times10^{-3}N$ の場合が最も多い。好適濃度は実験初期には高く,中後期に低い。普通海水中での出現率は実験初期に低く,中期以降ではかなりの値(最高38%)を示している。異常分割の出現率;正常分割に対するアンモニアの好適濃度以下では比較的低いがそれ以上では濃度の増加にともなって高くなる。実験初期に低く後期に高くなる傾向がみられる。
- (2) 卵巢卵の熟度の類別:正常分割に最も好適な濃度のアンモニア海水処理による発生段階を基準として(この実験方法に準據する場合は $0.5 \times 10^{-3} N$)、卵核膜の消失しない

ものを未熟卵、卵核膜が消失していても卵分割していないものを成熟卵、正常分割しているものを完熟卵とし、とくに普通海水中で正常分割したものを放出直前卵と分類する。なお、異常分割には種々の成因があると想定されるので別に異常分割卵として取り扱かう(Fig. 4)。

(3) 卵熟度分布の時期的な推移:実験期間は卵熟度分布からみて3期に区分される。前期;未熟卵が多く,放出直前卵および異常分割卵は少なく成熟卵および完熟卵が次第に増加する傾向を示す。中期;前期に比較して完熟卵,放出直前卵および異常分割卵が増加する。後期;前中期に比較して異常分割卵が極めて多く,また正常分割卵のうち完熟卵が少なくなり放出直前卵がその大部分を占めるようになる。実験前期,中期および後期はそれぞれ卵成熟期,放卵盛期および放卵後期を示すものと推察される(Fig. 5)。

SUMMARY

The Japanese pearl oyster, *Pinctada martensii*, two years old was used to investigate the change in the maturation of eggs obtained from excised gonads during the spawning season. The main experiment was conducted ten times during about three months from June 10 to September 6, 1965. The maturation of eggs from ten incised ovaries was activated by exposure to various concentrations of ammonical sea water. The eggs were inseminated twice, 15 and 30 minutes after exposure, and then were washed with and removed to plain sea water ten minutes after the later insemination. They were further fixed by formalin solution when some of them attained the trochophore stage, and were classified according to their developmental stages. The following supplementary experiments were made for re-examination of the method mentioned above. (1) Rate of nuclear-breakdown and egg-cleavage induced by the length of exposure time to ammonical sea water was observed (Table 1 and Fig. 1). (2) Development of the eggs of groups of 10 oysters each, induced by exposure to ammonical sea water was compared (Fig. 2). (3) Effect on egg-development by washing utilizing a centrifugal separator in artificial fertilization was studied (Table 2).

From the results of the main experiment shown in Table 3 and Fig. 3 the following conclusions are drawn:

(1) The rate of nuclear-breakdown gradually becomes higher as the concentration from plain sea water to a certain concentration of ammonical sea water increases, but remains unchanged in the higher range than that concentration. The respective lowest concentrations needed for exceeding 80% at the rate of nuclear-breakdown are ranged $0-0.75\times10^{-3}~N$ NH₃, and among those concentrations any tendency to change during the period of experiment is not found. Rate of normal egg-cleavage gradually becomes higher to the extent of a certain concentration of ammonical sea water, but in the higher range than that concentration there is a tendency for the rate to become lower as the concentration becomes higher. Optimum concentrations which bring the greatest abundance of normal egg-cleavage range $0-0.75\times10^{-3}N$ NH₃ through the period of experiment, $0.5\times10^{-3}N$ NH₃ in most cases. The potimum concentration is higher in the earlier term and lower in the middle and later terms of the period of experiment.

The rate of normal egg-cleavage in plain sea water is lower in the earlier term, but it shows considerable increase (maximum 38%) in and after the middle term. The rate of abnormal egg-cleavage is generally lower in the lower range than in the optimum concentration of normal egg-cleavage, but it gradually becomes higher in the higher range.

There is a tendency for a lower rate of abnormal egg-cleavage to occur in the earlier term, and a higher rate in the later term of the period of experiment.

- (2) On the basis of the developmental stages of eggs induced by exposure to the optimum concentration of ammonical sea water $(0.5 \times 10^{-3} N \text{ NH}_3)$ in the present experiment), the egg with the intact germinal-vessicle is classified as the immature stage; the uncleavaged egg with dissolved germinal-vessicle is classified as the mature stage; the normal cleavaged egg is classified as the full mature stage. The normal cleavaged egg developed in plain sea water is classified as the most mature stage, because it may be presumed that it is in the state of just before detachment from the gonad. The abnormal cleavaged eggs are put into a special separate class, because it is presumed that they result from various causes (Fig. 4).
- (3) The period of the present experiment is divided into three terms by the degree of maturity of the eggs. Earlier term: many immature eggs, and a few of the most mature eggs and abnormal cleavaged eggs. The mature eggs and full mature eggs show a tendency to increase in number with the work days of this term. Middle term: more full mature eggs and abnormal cleavaged eggs respectively than in the earlier term. Later term: a great number of abnormal cleavaged eggs as compared earlier and middle terms, and the most mature eggs command a majority instead of the full mature eggs of previous terms. It is presumed that the earlier, middle and later terms of the period of the present experiment correspond to the mature and spent and after-spent stages of the gonad during the spawning season of the oyster, respectively.

文 献

- 小林新二郎 1951. 英虞湾におけるアコヤガイ稚貝発生の豊凶と海況および気象要因との相関について. 真珠の研究 2 (1,2):19-27.
- 小島吉雄・前木孝道 1955. アコヤガイにおける生殖集の発達について. 遺伝学雑誌 30 (4): 151—157.
- 3) 三重県水産試験場 1954、昭和29年度真珠貝採苗試験. 時報 176:40-44.
- 4) 1956. 昭和30年度真珠貝採苗試験. 時報 179:3-7.
- 5) 宮村光武 1957. アコヤガイの採苗と成長. 水産増殖 3(4):69-75.
- 6) 新村 厳・豊田正雄 1956. まべ Pteria penguin (Roding) の増殖に関する基礎的研究 I. 人工受精と発生について. 昭和31年度廉児島水試報告:33-43.
- 7) 沢田保夫 1961. インドフェノール法による海水中のアンモニアの定量. 国立真研報 6:615—618.
- 8) 関 政失 1965. 真珠養殖全書 第2編第4章採苗:88—122. (全真連).
- 9) 瀬戸口 勇 1959. クロチョウガイ *Pinctada marganitifera* (L.) の生殖巢の周年変化に関する 組織学的研究. 昭34年度廉児島水試報告:143—152.
- 10) 1959. クロチョウガイ Pinctada marganitifera (L.) の人工受精と初期発生について、 昭和34年度廉児島水試報告:137—142.
- 11) 立石新吉・安達甫朗 1957. アコヤガイの生殖巢の周年変化に関する組織学的観察. 長崎大水産 研報 5:74—79.
- 12) 植本東彦1957. アコヤガイの Pinctada martensii (Dunker) の生殖腺に関する研究 I.卵抜き
作業中の変化についての組織学的観察. 国立真研報 3:183—193.
- 13) 1958. Ⅱ. 周年変化および卵抜き作業中の変化についての組織学的観察. 国立真 研報 4:287—307.
- 14) ―――・谷口宮三郎 1959. ――Ⅲ. 避寒漁場における生殖腺および具体重量の変化. 国立真研報 5:424—428.
- 15) 和田清二 1941. シロチョウガイ Pinctada maxima (Jameson) の人工受精と発生について、科

学南洋 4(3):202-208.

- 17) Wada, S.K. 1961. Fertilization of *Crassostrea* and *Pinctada* eggs as related to germinal vessicle breakdown. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 10:1—8.
- 18) ———— 1963. Studies on the fertilization of pelecypod gametes—1. Increase in maturity and accomplishment of fertilization of pearl oyster gametes in ammonical sea water. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 12(2): 92—108.

アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究

V. 第1中間宿主におけるセルカリアの発育 とその経過*,**

阪 口 清 次

国立真珠研究所

Bucephalus varicus Manter と同定された吸虫"のセルカリアが寄生したアコヤガイは真珠養殖業者によって「黄貝」とか「網卵貝」と呼ばれ、挿核用母貝としては勿論、ピース貝としても殆んど利用価値がない。しかし、感染初期のアコヤガイは生殖腺の発達している正常の貝と誤認されやすいために挿核用母貝として使用されることが多い。これらの感染初期のアコヤガイは夏季までは吸虫の寄生のみられない正常の貝と同じような良好な発育状態を示しているが、秋季になると衰弱して斃死するものが多く、また、これらから産出される真珠は殆んどが不良品となる。

したがって、感染初期のアコヤガイを早期に発見することは病害の予防対策の上からも必要なことなので、その病徴を摑むため、それらの軟体部を寄生のみられない正常の個体と比較検討し、また、生活史研究の一環として、宿主内における虫体の発育経過ならびにセルカリアの発育にともなうその形態的変化を観察して 2、3 の知見を得たので報告する。報告にさきだち、終始御鞭撻いただいた国立真珠研究所太田繁所長ならび御指導をいただいた東京大学大島泰雄教授ならびに東京水産大学保科利一教授に深謝する。

観察方法および結果

1. 虫体の発育にともなう形態の変化

1-1. 方 法

観察は種々の発育段階の虫体がみられるアコヤガイの生殖腺の一部を切り出して行ない、Neutral red による生体染色を併用した。また、切片標本も観察に供したが、その作製には Zenker液で固定し、パラフイン法によって薄片を作り、Ehrlich's haematoxyline-eosin 染色を行なった。

全体標本は貝から切り出した虫体をカバーグラスの上に取った少量の海水中に浮遊させ,

^{*} Seiji Sakaguchi. Studies on a trematode parasite on the pearl oyster (*Pinctada martensii*), V. Development of its cercaria in the first intermediate host. With English summary, P.1252 -1253. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 10: 1244-1253. 1965.

^{**}国立真珠研究所業績 No. 139 (国立真珠研究所報告10:1244—1253. 昭和40年11月)

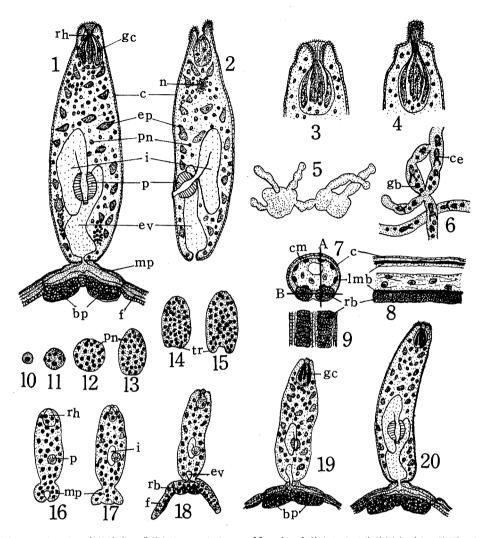


図 1 1~2:自然泳出の成熟したセルカリアの Netral-red 染色による生体標本 (1:腹面, 2:側面)

- 3:吸着器官の一部の陥入によって形成されている唇状部と柔組織にみられる腺細胞群。普通に引込めている状態
- 4:第2中間宿主への侵入の際にみられる陥入部の内壁が突出した状態
- 5:生殖腺内にみられる感染初期の若いスポロシスト
- 6:発育したスポロシストとその中に発達している虫体
- 7:発育したセルカリアの鞭状部の横断面
- 8:7のA方向による縦断面
- 9:7のB方向による縦断面
- 10:直径10μの胚細胞
- 11:直径22μの胚球。2個の扁平細胞がみられる。
- 12:直径45μの発育段階の胚球
- 13: 体長50μ-段階で体の前後に伸び始めて卵形を呈する。

- 14:55μ-段階で体の後方両端に尾部の原基としての膨出部を生ずる。
- 15:60μ-段階で尾部の原基は更に発達する。
- $16:80\mu$ -段階で吸着器官および咽頭の原基がみられ、 基幹部は一部が 不連続の ドーナツ状を呈する。
- 17:90 μ -段階で囊状の腸管が発達し、吸着器官は陥入部とそれに連なる柔組織として 明 ら かに認められる。
- 18:100μ-段階で基幹部の両端には鞭状部が発達し、基幹部の中央部に顆粒を含む細胞群が 現われる。嚢状の排泄嚢がかすかに観察される。
- 19:130μ-段階で吸着器官に4個の唇状部と柔組織内に著大な腺細胞が発達する。
- 20:180μ-段階で自然泳出の成熟したセルカリアと形態的に同様な体制が整えられる。bp: 椀状あるいは鞍状にみえる器官, c: クチクラ層, ce: セルカリア, cm: 輪走筋, ep: 上皮細胞, ev: 排泄囊, f: 鞭状部, gc: 腺細胞, gb: 胚球, i: 腸管, lmb: 縦走筋束, mp: 基幹部, n: 脳細胞, P: 咽頭, Pn: 柔組織の細胞核, rb: 顆粒(エオシンに濃染し屈折性に富む)を含む細胞, rh: 吸着器官, tr: 尾部の原基

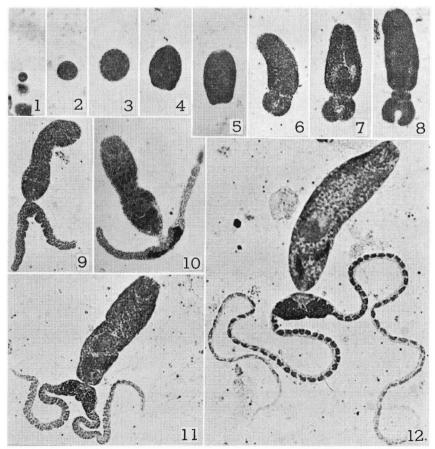


図 2 宿主の生殖腺内にみられる種々の発育段階の虫体(器官の形成の詳細は図 $1-10\sim20$)× 240 1 : 胚細胞, $2\sim3$: 胚球, 4 : 体長 50μ -段階の虫体, 5 : 60μ -段階, 6 : 70μ -段階, 7 : 80μ -段階, 8 : 90μ -段階, 9 : 100μ -段階, 10 : 120μ -段階, 11 : 130μ -段階, 12 : 180μ -段階

これに光アルコールを滴下して麻酔し、アルコール・酢酸液 (アルコール95, 酢酸 5cc) で固定して、Heidenhain's iron・haematoxyline-eosin で染色し、虫体の大きさの計測はこの標本によった。

1-1. 結 果

円筒状あるいは樹枝状に分岐したスポロシストの中に生ずる胚細胞は直径 10μ の球形で(図 1-10),分裂して 22μ の球状の胚球となる(図 1-11)。 胚球は発育して直径 45μ の虫体になると前後に伸びはじめ卵形を呈するようになる(図 $1-12\sim13$)。 この段階の虫体は柔組織で充たされていて,尾部,吸着器官,咽頭,腸管ならびに排泄嚢などの原基はまだ認められない。

尾部の原基は体長 $55\sim60\mu$ の発育段階の虫体 (以下 $55\sim60\mu$ -段階と呼ぶてとにする) において体の後方両端の膨出部として生じ(図 $1-14\sim15$), 発育して一部が不連続のドーナツ状あるいは三角状を呈する基幹部を形成する(図 $1-16\sim17$)。 100μ -段階で基幹部の中央部付近のエオシンに濃染する屈折性の球状の顆粒を含む細胞が現われ, さらに基幹部の両端から遊泳器官としての鞭状部が発達する。顆粒を含む細胞は鞭状部の内側にも 2 群が縦走して現われ, 虫体の発育につれて鞭状部の先端にむかって分布するようになる(図 1-18)。 130μ -段階になると基幹部と鞭状部の境にかすかに観察できる隔壁を生じ, さらに基幹部の中央部付近にみられた顆粒を含む細胞群はその内側にむかって発達し, 基幹部の柔組織に接する部分に壁を生じて, 中央部の窪んだ 2 個の相接する椀状ないしは鞍状にみえる器官を形成する(図 1-9)。 100 不列車のカキに寄生するセルカリアについて、この部分を 101 の 102 の 103 の 104 の 105 の

 180μ -段階の虫体(図 1-20)の鞭状部の切断面をみると(図 $1-7\sim9$),宿主体内から自然泳出した成熟セルカリアと同じく,表面は薄いクチクラ層に覆われ,その内側には輪走する筋繊維層が存在し,さらにその内壁には鞭状部の方向に 8 個の帯状の筋繊維が縦走している。このうち 6 個は輪走する筋繊維層に,また 2 個は顆粒を含む細胞群に接している。最内腔は柔組織によって充たされており,そのなかに 1 個の縦走する排泄管が存在する。これらのことから尾部は 180μ - 段階の虫体となるころに形態的に完成された体制を整えると考えられる。

吸着器官の原基は 80μ -段階になってはじめて体の前端部にかすにみられ(図 1-16), 90μ -段階では体表からの浅い陥入部とそれに連なる柔組織として認められる(図 1-17)。 100μ - 段階となると 陥入部に連なる柔組織と体柔組織との間に明らかな隔壁がみられるようになる(図 1-18)。 さらに 130μ - 段階になると体の前端部に 4 個の唇状部が発達する。背面 1 ,両側面に 4 ,腹面に 4 個であるが,腹面の唇状部の突出は他のものに比べてやや短かい。また,陥入部に連なる柔組織部に著大な腺細胞群が発達して 4 個の唇状部の基底に 開口するのが認められる(図 1-19)。

咽頭の原基は, 80μ -段階になると,体の中心部からやや後方の腹面正中腺上 に 現 わ れ (図 1-16), 90μ -段階では長さ 25μ の嚢状の腸管が認められるようになる (図 1-17)。 さらに 180μ -段階になると咽頭は直径 30μ ,腸管は $70\sim100\mu\times20\mu$ の嚢状体として形成され,形態的に完成される (図 1-20)。

囊状の排泄囊は 100μ -段階の虫体でかすかにみられるが(図 1-18), 130μ -段階になると 20μ × 6μ の嚢状体として明らかに認められるようになる (図 1-19)。 さらに発育して180

 μ -段階になると $70\sim100\mu\times20\mu$ のやや迂曲した I 型の排泄嚢として咽頭の側面をやや前方へ越す位置にまで達し (図 1 -20),自然泳出の成熟したセルカリアと同じような体制が整えられる。

これらの観察結果から、体長 **180**μ- 段階の虫体となると諸器官が形成され、発育したセルカリアとして形態的に完成されるものと考えられる。

2. 宿主内における発育経過

2-1. 方 法

7月(1962年)に感染初期のアコヤガイを選別して置き、その後の虫体の発育状態を観察するためその一部を9月に取りあげて固定し、残余の材料は第1年目のセルカリアが殆んど泳出した12月から翌年の12月までの1年間に適時に取りあげて固定標本を作製して観察に供した。固定切片標本の作製方法は前述と同様である。

2-2. 結果

感染第1年目の9月の固定標本ではスポロシストは生殖腺の殆んど大部分に拡がっており、その中には種々の発育段階を示す虫体が認められる。一方、宿主の生殖腺の沪胞はスポロシストのために押し縮められ、そのなかには未成熟ないしは退化しつつあると思われる少数の生殖細胞が若干認められた(図3)。

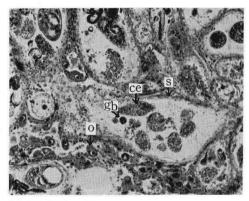


図 3 感染第1年目の宿主の生殖腺×160. スポロシストは生殖腺の大部分に拡がり中には種々の発育段 階の虫体がみられる。宿主の沪胞は押し縮められ、未成熟の 生殖細胞が若干認められる(9月)。 ce:セルカリア,gb:胚球,o:卵母細胞,s:スポロシスト

12月になると第1年目のセルカリアの増殖は殆んど停止し、スポロシストのなかには少数のセルカリアがみられる。宿主の生殖腺の沪胞壁は明らかでなく生殖細胞は全く認められない(図4-9)。 1月から3月にかけてはスポロシストはそのまま宿主の体内に残って越冬する。その間、スポロシスト内には新らたに生じた虫体はみられず、かえって第1年目の虫体の崩壊ないし吸収の像が認められる。生殖腺内のスポロシストとスポロシストの間隙には遊走細胞ならびに結合組織が認められる(図1-4~2)。 5月になるとスポロシストのなかに第1年目の虫体の像が全く観察されなくなる(図4-3)。 7月の標本では第2年目の少数の胚球の発達がみえはじめるが、宿主の生殖腺の生殖細胞の発達は認

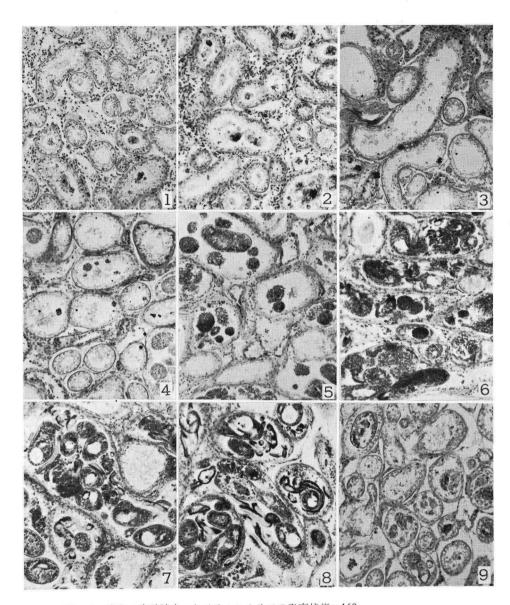


図 4 宿主の生殖腺内におけるセルカリアの発育状態×160。

- 9:感染第1年目の虫体の生産は殆んど停止している(12月)
- $1 \sim 2$: 感染翌年の冬季の状態でスポロシストの中には第1年目の虫体の崩壊ないしは吸収の像がみられる(1:1月, 2:3月)
- 3:第1年目の虫体の像は全く認められなくなる(5月)
- 4:第2年目の少数の胚球が発達する(7月)
- 5:多数の胚球と若いセルカリアがみられる(8月)
- 6:種々の発育段階の虫体と引き続き発達している胚球がみられる(9月)
- $7 \sim 8$:発育したセルカリアはスポロシストの中に充たされる(7:10月,

8:11月)

められない(図 4-4)。 8月になるとスポロシストのなかには多数の胚球が発達し、若いセルカリアとして発育する個体が観察されるようになる。宿主の生殖細胞の発達は前月と同様に全く認められない(図 4-5)。 9月には発育した多数のセルカリアと引き続き発達している胚球が認められる(図 4-6)。 10月から11月を極期として発育ししたセルカリアがスポロシストの中に充たされる。一方、宿主の生殖腺の大部分はスポロシストによって占められ、生殖細胞は全く形成されることがない(図 $4-7\sim8$)。 12月にいたり、虫体の産出は再び停止する。

3. 罹病したアコヤガイの識別

罹病貝の生殖腺にみられる初期のスポロシストは嚢状で少数の枝状突起をもっているが (図1-5),発育すると円筒状あるいは樹枝状に分岐した管状体 (図1-6) となって生殖腺を侵し、次第に分裂、増殖して殆んど全組織におよぶ。スポロシストのなかに生ずる

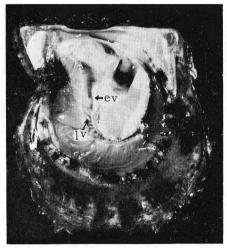


図 5 感染初期のアコヤガイの識別 腎臓部を取り除き入鰓静脈を見やすくした。入鰓静脈の肥大 とその乳白色化(正常のものでは無色透明)が特徴となる。 ev:入鰓静脈, lv:鰓葉間連接静脈

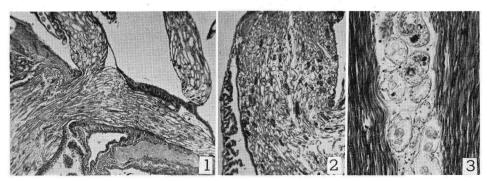


図 6 スポロシストに侵されている各組織 1:鰓葉間連接静脈×20, 2:入鰓静脈×20, 3:閉殼筋×160

若い虫体は殆んど無色透明であるが、発育すると黄色味を帯び、寄生部位は肉眼的に黄色を呈するので当業者はこれらの貝を「黄貝」と呼び、さらにスポロシストが生殖腺のなかに充満すると網目を張ったようになるので「網卵貝」とも呼んでいる。しかし、感染初期にはこれらの特徴は認められず、生殖腺の黄色化のみをもって識別すると、生殖腺の発達した正常の目を罹病目と誤認してしまうことが多い。

初期のスポロシスト(図1-5)に侵されている個体は入鰓静脈が肥大し、乳白色(正常のものでは無色透明)を呈するのが特徴である(図5)。 しかし、時日が経過するにつれて入鰓静脈はさらに肥大し、黄色化するとともに、スポロシストの寄生範囲は鰓葉間連接静脈、鰓葉血管あるいは閉殼筋にまでおよび(図6)、寄生部位は肉眼的に黄色を呈し、前述のように「黄貝」、「網卵貝」としての特徴を示すようになる。

これらのことから、感染初期のアコヤガイは入鰓静脈の肥大とその乳白色化という特徴をもって識別することができる。

考 察

罹病しているアコヤガイの生殖腺からは種々の発育段階の虫体が得られ、そのうちには自然泳出の成熟したセルカリアと形態的構造において殆んど同様な体制を整えているものも認められたが、これらの第2中間宿主への人工感染試験では宿主へ侵入し被嚢を形成するものは殆んどみられない。このことは、生殖腺から得たセルカリアはたとえ形態的には完成されているように観察されても未だ完熟とはいえず、生活史の研究、とくに第2中間宿主への人工感染はあくまで自然泳出したセルカリアを対象にして研究を行なわなければならないことを暗示している。

また、罹病貝の体内における虫体の発育経過の観察から、セルカリアは9月から11月にかけて成熟し、宿主から泳出することが明らかになったが、この時期は罹病したアコヤガィが著しく衰弱する時期²¹と一致していることが判明した。

なお、本セルカリアの形態については、すでに尾崎らいが研究し、アメリカ産のカキに寄生するセルカリア Bucephalus haimeanus と類縁関係にあるが、尾部の形およびその発達などにおいて異なっていると報告している。しかし、尾崎らはその相違点の詳細については触れていない。著者の観察から、本セルカリアと Tennet の記載した B. haimeanus とを比較すると、尾部の発達の経過については相違点を見出し得なかったが、その鞭状部にみられる帯状の縦走筋において、B. haimeanus では 2 個ずつ組み合った筋繊維が 6 個みられるとしているが、本虫ではそれぞれは 1 個の帯状の筋繊維束であり、その数は 3 個である(図 $1-7\sim8$)。 また、附着器官の一部の陥入によって形成される唇状部については、B. haimeanus では 3 唇とされているが、本虫ではく唇に分岐しており、さらに Tennentは陥入部の基底から moucos plug の突出している個体を記載しているか本虫ではこれが認められるものはなかった。しかし、陥入部の内壁が裏返しになって突出した状態(図 $1-3\sim4$)が全体標本では Tennent による moucos plug のようにみえることを観察した。以上のように、本虫と B. haimeanus とは形態的に殆んど一致するが、なお、若干の器官において相違していることを認めた。

要 約

アコヤガイに寄生する吸虫の発育状態について観察を行なった。

- 1. 管状あるいは樹枝状に分岐したスポロシストの中に生ずる胚細胞は分裂して 直径 22μ の胚球を形成する。胚球は発育して直径 45μ の虫体にとなると前後へ伸びはじめる。尾部の原基は体長 $50\sim60\mu$ の虫体に現われ、咽頭ならびに吸着器官の原基は 80μ の虫体に認められ、排泄嚢は 100μ の虫体において嚢状体としてみられる。 180μ の発育段階の虫体になると諸器官は自然泳出の成熟したセルカリアと同様な体制を整えるようになる。
- 2. 感染第1年目の9月にはスポロシストは生殖腺の大部分へ拡がりその中には種々の発育段階の虫体がみられる。一方、宿主の生殖腺の沪胞はスポロシストのために押し縮められ未成熟の生殖細胞が若干認められる。12月にはセルカリアの生産が殆んど停止し、スポロシストはそのまま宿主の体内に残って越冬する。スポロシストの中に第2年目の胚球が生ずるのは7月頃であり、8月には胚球が若いセルカリアとして発育する。9月から11月にかけて、若いセルカリアは成熟して宿主から泳出する。12月になるとセルカリアの生産は再び停止する。

吸虫の寄生をうけたアコヤガイが衰弱する時期 2)は宿主内におけるセルカリアの成熟 ・泳出の時期($9 \sim 11$ 月)と一致している。

3. 病状の進んだアコヤガイでは寄生部位が黄色を呈し、綿くず状に充満したスポロシストのために網目状にみえるようになるのでその識別は比較的容易である。感染初期のアコヤガイではこのような特徴がみられず、その識別は困難であるが入鰓静脈の肥大とその乳白色化(正常のものでは無色透明)という点に病徴が認められるので、これを基にして母貝から病貝を選別することができる。

Summary

The digenetic trematoda classified by the author (1966) as *Bucephalus varicus* Manter was studied to investigate its larval development in Japanese pearl-oysters injured by its parasitism.

The results are summarized as follows:

(1) The active sporocyst in pearl-oyster has one or more cylindrical branches, in which spherical germ-cells arise and each develops by nuclear divisions into a germ-ball 22μ in diameter. The germ-ball begins to elongate soon after and, when it grows to a length of 50 to 60μ , a pair of rudimental tails comes to be discernible on the end of the body. When the larval cercaria is about 80μ in length, a pharynx and rhynchus (anterior sucher) are formed on the posterio-ventral surface of the midbody and the anterior extremity of the body respectively. When the larval cercaria is about 100μ in length, the excretory vesicle can be seen.

In this way the cercaria, about 180μ in length, is morphologically completed.

(2) Germ-balls found in sporocysts of pearl-oyster in July become young cercariae in August. From September to November the young grow larger and soon leave the first intermediate host. Sporocysts, however, remain in the body of pearl-oyster and pass the winter, and in the following year the formation of cercariae begins again with the rise of water-temperature.

The time when the physiological condition of pearl-oyster declines by the effects of the parasitism corresponds to the period when cercariae become mature and leave the host.

(3) Although advanced stages of infection are easily recognized by the yellow network of trematode sporocysts which permeate most of the organs, oysters in the early stages of infection can hardly be distinguished from normal oysters except by the condition of the efferent branchial veins which in the normal are colorless and transparent, but in the early infected are corpulent and light yellow.

参考文献

- 1) 阪口清次 1966. アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究 \mathbb{N} . ナガエバ, マルエバから見出された Bucephalus 属の吸虫について・日水誌へ投稿中.
- 2) ______ 1964. 同前 II. 第1中間宿主としてのアコヤガイにおよばす影響. 国立真珠研報9: 1161-1169
- 3) TENNENT, D. H. 1906. A Study of the Life-history of *Bucephalus haimeanus*, a Parasite of the Oyster. Quart. Jaurn. Micr. Sci. 49: 635-690.
- OZAKI, Y. and ISHIBASHI, C. 1943. Notes on the Cercaria of the Pearl Oyster. Proc. Imp. Acad. Sci. 10(7): 439-441.

産地の異なる母貝によって 生産された真珠品質の比較***

蓮 尾 真 澄・山 口 一 登

国立真珠研究所

真珠養殖事業の進展にともない、これに対応するための真珠母貝の生産体制も一応は確立されているようであるが、稚貝採苗および母貝養成の漁場と真珠生産のための漁場とは、その性格が合致していないので、母貝の需給状況に甚だしい不均衡の認められているところがある。この場合、供給量の不足している県にあっては、その解決策として他県において生産された母貝を移入、使用することができるので、需給の不均衡は必ずしも事業発展上の阻害要因になっているとは考えられないが、真珠養殖業者間においては、母貝の地方差による挿核作業の難易が経験的見地から論議され、さらに主観的見解によってあたかも母貝の産地が真珠の品質決定に関与する一要素であるかのように考えられ勝ちであるため、母貝の移入に際して、どの産地のものを選択するかは業者にとって大きな関心事とされている。また現在の母貝生産状況からみて、母貝の移動交流は永い将来にわたって盛んに行なわれるものと考えられるが、このような母貝の産地と真珠品質との関係についての研究報告はまだみあたらない。

このような意味から、著者らは産地を異にする母貝によって得られた真珠の品質を比較し、「産地」が「品質」を支配する一つの因子としてとりあげねばならぬものであるかどうかを検討するために、昭和32年から40年までの間に5回の試験を実施し、いくつかの知見を得たので報告する。

報告にあたり、母貝を提供していただいた関係業者各位、ならびに供試貝管理の労を煩 わした当所村上、中尾両技宮に深謝する。

方法および結果

I. (昭和32~34年) 大村湾産, 三重県産

試験材料は大村湾産(昭和30年採苗),三重県英虞湾産(昭和30年採苗,同年11月大村湾に移し,約1年9か月養成)の満2年貝を使用した。昭和32年9月下旬に産地別各200貝に挿核手術(核のサイズ 5.70 ± 0.10 mm,「ふくろ」,「うかし」への2個入れ)を行なった。

^{*} Masumi Hasuo and Kazuto Yamaguchi. On the qualities of cultured pearls produced by the mother oyster, *Pinctada martensii* (Dunker)of different habitats. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 10: 1254—1263, 1965.

^{**} 国立真珠研究所業績 No. 140. (国立真珠研究所報告10:1254——1263. 昭和40年11月)

試験地は真珠研究所大村支所地先に設置した竹筏を使用し、養成かごの垂下深度は2mとし、養成期間中にかごの交換とあわせて貝掃じを3回実施した。冬季間は長崎県西彼杵郡大島町地先へ避寒し、34年1月中旬に真珠を採取した。

採取した真珠の品質は、色別の出現率および巻きについて比較した。真珠の色については、浜上げ真珠(白だま、くずだまを除いたもの)を肉眼的観察によって、ホワイト系、クリーム系、グリーン系、およびブラック系の4系統の色に分類し、その出現個数について、 χ^2 -検定で比較した。

巻きについては、浜上げ真珠を母貝の産地別および真珠の色別に全数秤量して、巻きを 1 個当りの平均重量によってあらわし、その差を F- 検定法によって比較した。 真珠の色別の出現分布状態を示すと第 1 表のとおりになる。

	各					
産地				グリーン系	ブラック系	計
大	村	63 (50.81%)		21 (16.93)	12 (9.68)	124 (100.)
三	重	32 (52.46)	19 (31.15)	7 (11.47)	3 (4.92)	61 (100.)

第 1 表

第1表から、産地の異なる母貝からそれぞれ生産された真珠の色の出現分布の差について検定すると(ブラック系統は出現個数が少量のため、これを除いて検定した)、

$$\gamma_s^2 = 1.872$$
 $n = 2$ $Pr. \{\gamma_s^2 < 5.991\} = 0.05$

となり、5%以下の危険率で有意の差は認められない。すなわち、母貝として大村湾産と 三重県産を使用した場合に、両者から生産された真珠の色の出現状態は同じような傾向を 示すということができる。

次に、真珠1個当りの平均重量を示すと第2表のとおりになる(ブラック系は除く)。

産地	色	ホワイト系	クリーム系	グリーン系
大	村	0.349g	0.357	0.357
三	重	0.384	0.384	0,343

第 2 表

第2表から、母貝の産地が異なれば真珠の巻きにも差異があらわれるかどうかを検定すると、

$$H_0: \sigma_m = 0$$
 $F_s = 384.00/345.50 = 1.11: F_2^1(0.05) = 18.51$

となり、5%以下の危険率で有意の差は認められない。すなわち、母貝として大村湾産と 三重県産とを使用した場合に、真珠の巻きの程度は同じであることを示している。

Ⅱ. (昭和36~37年)大村湾産,愛媛県産,大分県産

大村湾産(昭和34年採苗),愛媛県宇和島湾産,大分県入津湾産(以上いずれも昭和34年に採苗,35年5月中旬に大村湾に移し,約1年3か月養成)の満2年貝を使用し、母貝とピース貝の組合せから次に示すとおり9種類の試験区分を作った。挿核手術は昭和36年9月下旬に行ない(核のサイズ4.65±0.03mm,2個入れ),冬季間は西彼杵郡大島町地先へ

避寒し、養成期間中にかごの交換とともに貝掃じを3回実施し、37年11月中旬に真珠を採取した。

母貝產地		ピース	ピース貝産地	
大	村	大 大 爱	村 分 媛	
大	分	大 大 爱	村分媛	各 100 貝
愛	媛	大 大 爱	村分媛	

母目とピース貝の産地が同じである場合の色の出現分布状態を示したのが第3表である。

	AT V AX									
母貝	- 人目	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	計				
大 村	大村	個 31 (39.24%)	34 (43.04)	5 (6.33)	9 (11.39)	79 (100.)				
大 分	大 分	30 (38.96)	38 (49.35)	5 (6,49)	4 (5.20)	77 (100.)				
愛 媛	愛媛	28 (39.44)	32 (45.07)	6 (8.45)	5 (7.04)	71 (100.)				

第 3 表

第3表から、真珠の色の出現分布の差について検定すると、

$$\chi_s^2 = 2.642$$
 $n = 6$ $Pr.\{\chi_s^2 < 12.592\} = 0.05$

となり、5%以下の危険率で有意の差は認められない。すなわち、母貝、ピース貝の産地が同じである場合、大村湾、愛媛県、大分県の各地産から生産された真珠の色は同じような出現状態を示すということができる。

一定の母貝に各地産ピース貝を組み合わせた場合の真珠の色の出現分布状態を示したのが第4, 5, 6表であり、それぞれについての検定の結果を示すと第7表のとおりになり、いずれの組合せについても有意の差は認められない。すなわち、大村湾、愛媛県、大分県産を母貝として使用した場合に、真珠の色の出現状態は同じような傾向を示すということである。

一定のピース貝に各地産母貝を組み合わせた場合の真珠の色の出現分布状態を示したの

母貝	色 - ス貝	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	ā†				
	大 村	31 (39.24%)	34 (43.04)	5 (6.33)	9 (11.39)	79 (100.)				
大 村	大 分	33 (39.29)	36 (42.86)	6 (7.14)	9 (10.71)	84 (100.)				
	愛媛	34 (38.20)	44 (49.44)	6 (6.74)	5 (5.62)	89 (100.)				

第 4 表

1575	_	====
耕	3	衣

母貝	色ス貝	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	計
	大 村	35 (37.63%)	38 (40.86)	9 (9.68)	11 (11.83)	93 (100.)
大 分	大 分	30 (38.96)	38 (49.35)	5 (6.49)	4 (5.20)	77 (100.)
	愛媛	34 (36.96)	40 (43.48)	9 (9.78)	9 (9.78)	92 (100.)

第 6 表

母貝ピ	色 - ス貝	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	il
	大 村	33 (41.77%)	34 (43.03)	6 (7.60)	6 (7.60)	79 (100.)
愛 媛	大 分	35 (39.77)	38 (43.18)	8 (9.09)	7 (7.96)	88 (100.)
	愛媛	28 (39.44)	32 (45.07)	6 (8.45)	5 (7.04)	71 (100.)

第 7 表

母	月	ピ	-	ス	貝	χ²s	自	由	度	$F_0(a=0.05)$
大	村					2,476	(3-	-1)(4-1)=6	12.592
大	分	大村	,大	分,	愛媛	3,453				
愛	媛					0.261				

第 8 表

型具	٢	色 - ス貝	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	
大	村		31 (39.24%)	34 (43.04)	5 (6.33)	9 (11.39)	79 (100.)
大	分	大 村	35 (37.63)	38 (40.86)	9 (9.68)	11 (11.83)	93 (100.)
愛	媛		33 (41.77)	34 (43.03)	6 (7.60)	6 (7.60)	79 (100.)

第 9 表

母貝	色ス貝	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	計
大 村		個 33 (39.29%)	36 (42.86)	6 (7.14)	9 (10.71)	84 (100.)
大 分	大 分	30 (38.96)	38 (49.35)	5 (6.49)	4 (5.20)	77 (100.)
愛 媛		35 (39.77)	38 (43.18)	8 (9.09)	7 (7.96)	88 (100.)

第 10 表

母貝	色ス貝	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	<u> </u>
大 村		個 34 (38.20%)	44 (49.44)	6 (6.74)	5 (5.62)	89 (100.)
大 分	爱媛	34 (36.96)	40 (43.48)	9 (9.78)	9 (9.78)	92 (100.)
愛 媛		28 (39.44)	32 (45.07)	6 (8.45)	5 (7.04)	71 (100.)

第 11 表

日:		貝	ピ ー		χ ² _s	自	Н	度	$F_{0}(a=0.05)$
	l c	we let	大	村	1.733	(3-	-1)(41)=6	12.592
大村,	大分,	愛媛	大 爱	分媛	2.408 2.014				

が第8, 9, 10表であり、それぞれについての検定の結果を示すと第11表のとおりになり、いずれの組合せについても有意の差は認められない。すなわち、ピース貝の産地が異なるために真珠の色の出現状態に差異をきたすことはないことを示している。

次に、真珠1個当りの平均重量を示すと第12表のとおりになる。

第 12 表

母貝	色 ピー ス貝	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系
	大 村	0.240g	0.244	0.224	0.254
大 村	大 分	0.232	0.236	0.250	0.264
	愛 媛	0.226	0.230	0.200	0.252
	大 村	0.221	0.246	0.228	0.253
大 分	大 分	0.243	0.249	0.244	0.213
	爱 媛	0.238	0.232	0.204	0.242
***************************************	大村	0.242	0.249	0.288	0.297
愛 媛	大 分	0.232	0.229	0.214	0.247
	愛 媛	0.235	0.249	0.225	0.244

第12表から、母貝の産地およびピース貝の産地による真珠の重量の差を検定すると、母 貝については、

 $H_0: \sigma_m = 0 \quad F_s = 421.75/248.70 = 1.70: F_{12}^2(0.05) = 3.88$

ピース貝については,

 $H_0: \sigma_P = 0$ $F_S = 932.58/248.70 = 3.75: F_{12}^2(0.05) = 3.88$

となり、いずれも5%以下の危険率で有意の差は認められない。

また、母貝とピース貝の交互作用について検定すると、

 $H_0: \sigma_{mp} = 0$ $F_s = 590.21/248.70 = 2.37: F_{12}^4 (0.05) = 3.26$

となり、5%以下の危険率で交互作用効果には有意の差は認められない。すなわち、母貝およびピース貝の産地が異なっていても、真珠の巻きに影響をおよぼすことはないということである。また、母貝とピース貝の産地別の組合せによっても相乗作用、相殺作用は認められず、どの産地の母貝にどこのピース貝を使った場合に、とくに巻きが良いとか、あるいは悪いというようなことはない。

Ⅲ. (昭和37~38年) 大村湾産, 三重県産, 佐賀県産

大村湾産(昭和35年採苗),三重県五ケ所湾産(昭和35年採苗,36年5月中旬大村湾に移し、約1年1か月養成),佐賀県伊万里湾産(昭和35年採苗,37年5月下旬大村湾に移し、約10日間養成)の満2年貝各200貝を使用した。挿核手術は37年7月下旬に実施(核のサイズ4.25±0.05mm,2個入れ),養成期間中にかごの交換とあわせて貝掃じを2回行ない、38年1月中旬に真珠を採取した。

第13表は真珠の色別の出現分布状態を示したものである。

産地	色	ホワイト系		グリーン系	ブラック系	計
大	村	94 (41.05%)	100 (43.67)	19 (8.30)	16 (6.98)	229 (100.)
	重	96 (39.18)	104 (42.45)	26 (10.61)	19 (7.76)	245 (100.)
佐	賀	96 (39.18)	111 (45.31)	25 (10.20)	13 (5.31)	245 (100.)

第 13 表

第13表について検定すると、

 $\chi_s^2 = 2.250$ n = 6 $Pr. \{ \chi_s^2 < 12.592 \} = 0.05$

となり、有意の差は認められない。すなわち、大村湾、三重県、佐賀県の各地産母貝を使 用しても、生産される真珠の色の出現状態は同じような傾向を示すということである。

次に、第14表は真珠1個当りの平均重量を示したものである。

産地	色	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系
大	村	0.161g	0.162	0.153	0.176
Militaria Security	重	0.160	0.163	0.165	0.177
佐	賀	0.146	0.157	0.145	0.169

第 14 表

第14表から、4系統の色の真珠について各産地間の平均重量の差を検定すると、

 $H_0: \sigma_m = 0$ $F_s = 154.08/15.64 = 9.85: F_6^2(0.05) = 5.14$

となり、5%以下の危険率で有意の差が認められる。すなわち、母貝の産地が異なることによって真珠の巻きに差があらわれたことを示している。

次に、どの産地間に真珠の重量の差があるかを調べるため、組合せを作り検定すると、 第15表のとおりになる。

第 15 表

組 合 せ	帰 無 仮 説	F_{s}	É	由 度	$F_{\rm o}(\alpha=0.05)$
			n ₁	n2	
大 村,佐 賀	H_{0} : $\sigma m=0$	1531.12/9.46 = 16.19	1	3	10.13
三 重,佐 賀	$H_0:\sigma m=0$	288.00/20.00 = 14.40			
大村,三重	$H_0:\sigma m=0$	21.12/17.46= 1.21			

第15表から、佐賀県産と大村湾、三重県の各産地間には5%以下の危険率で有意の差が認められ、大村湾産と三重県産との間には有意の差は認められない。すなわち、大村湾産および三重県産の母貝を使用した場合は、佐賀県産の母貝を使った場合よりも真珠の巻きが良いことを示しており、また、大村湾産と三重県産の母貝から生産された真珠については、巻きに差異が認められなかった。

IV. (昭和38~39年) 大村湾産, 三重県産, 佐賀県産

前回(昭和37年度)において使用した大村湾,三重県,佐賀県産をひきつづき大村湾で約1年間養成したもの(満3年貝)各150 貝を使用した。挿核手術は38年7月下旬に行ない(核のサイズ 4.95 ± 0.05 mm,2個八れ),養成期間中にかごの交換,貝掃じを2回実施し,39年1月中旬に真珠を採取した。

真珠の色の出現分布状態を示すと第16表のとおりになる。

第 16 表

産地	色	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	ā†
大	村	52 (39.70%)	63 (48.09)	13 (9.92)	3 (2.29)	131 (100.)
	重	69 (41.07)	82 (48.81)	14 (8.33)	3 (1.79)	168 (100.)
佐	賀	52 (39.39)	67 (50.76)	11 (8.33)	2 (1.52)	132 (100.)

第16表から、真珠の色の出現分布に差があるかどうかを検定すると(ブラック系は出現個数少量のため除いた)、

$$\chi_s^2 = 0.425$$
 $n=4$ $Pr.\{\chi_s^2 < 9.488\} = 0.05$

となり、5%以下の危険率で有意の差は認められない。すなわち、大村湾、三重県、佐賀県の各地産母貝から得られた真珠の色の出現状態に差異はなかったといえる。

第 17 表

産 地	色	ホワイト系	クリーム系	グリーン系
大	村	0.201g	0.211	0.202
	重	0.200	0.214	0.201
佐	賀	0.205	0.213	0.198
	1		1)

次に、真珠1個当りの平均重量を示すと第17表のとおりになる。

第17表から、4系統の色の真珠について各産地間の平均重量の差を検定すると、

$$H_0: \sigma_m = 0 \quad F_s = 0.33/6.67 < 1$$

となり、有意の差は認められない。すなわち、大村湾、三重県、佐賀県の各地産母貝から得られた真珠については、いずれの巻きが良いとも悪いともいえない。

V. (昭和39~40年) 大村湾産, 三重県産, 愛媛県産, 大分県産

大村湾産(昭和37年採苗),三重県五ケ所湾産(37年採苗、38年5月上旬大村湾に移し、約1年間養成),愛媛県宇和島湾産、大分県入津湾産(以上いずれも37年採苗、39年4月下旬に大村湾に移し、約1か月養成)の満2年貝各200貝を使用した。挿核手術は39年7月上旬に実施(核のサイズ4.55±0.03mm, 2個入れ),養成期間中にかごの交換,貝掃じを2回行ない、40年1月下旬に真珠を採取した。

産地別に真珠の色の出現分布状態を示すと第18表のとおりになり、母貝の産地によって 色の出現分布に差異があるかどうかを検定すると、

産地	色	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系	#†
大	村	個 94(39.01%)	116 (48.13)	21 (8.71)	10 (4.15)	241 (100.)
	重	119 (40.34)	149 (50.50)	22 (7.46)	5 (1.70)	295 (100.)
愛	媛	108 (40.00)	129 (47.78)	23 (8.52)	10 (3.70)	270 (100.)
大	分	112 (35.90)	169 (54.17)	26 (8.33)	5 (1.60)	312 (100.)

第 18 表

 $\chi_S^2 = 8.165$ n = 9 $Pr. \{\chi_S^2 < 16.919\} = 0.05$

となり、5%以下の危険率で有意の差は認められない。すなわち、大村湾、三重県、愛媛県、大分県の各地産母貝を使用した場合に、それらから採取した真珠の色の出現状態は同じような傾向を示した。

次に、産地別、色別に真珠 1 個当りの平均重量を示すと第19表のとおりになり、母貝の産地の相違によって真珠の巻きに差異があるかどうかを検定すると、

$$H_0: \sigma_m = 0$$
 $F_s = 48.66/65.77 < 1$

となり、有意の差は認められない。すなわち、大村湾、三重県、愛媛県、大分県の各地産 を母貝として使用しても、真珠の巻きに差異はあらわれないことを示している。

			.,		
産地	色	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	ブラック系
大	村	0.185g	0.199	0.194	0.241
Ξ	重	0.193	0.204	0.190	0.230
爱	媛	0.184	0.197	0.201	0.251
大	分	0.188	0.204	0.187	0.220
				1	

第 19 表

考 察

母貝評価の諸要素が漁場条件に支配される面が極めて大きいことは、経験的にも、また既往の研究結果によっても明らかにされている。たとえば、殼形については、太田⁵⁾ (1957)、蓮尾¹⁾²⁾ (1958, 1964) によると、殼形に産地の特徴が認められるアコヤガイも、移植して同一の環境におくことによって、成長にともない相互に類似していく傾向があるとし、これは産地における貝殼形態の特異性が本質的なものとは考えられず、移植後の環境条件がその形態変化に大きく関係するようであると述べている。また、真珠の品質についても、環境条件のうちどのような要素が品質決定に関与しているかは、まだ解明の段階に達していないが、養殖漁場の性格がそれを支配する要因となることはすでに報告されている³⁾⁽¹⁶⁾⁷⁾。今回とりあげた母貝の産地の問題も、産地の環境条件が母貝の生理的、および生態的な面に与えた影響が移植後においても、残存するものであるかどうかを解明することにほかならぬものであると考える。5回の試験の結果、いずれの場合についても、母貝の産地が異なるために、真珠の色の出現状態に差異を生ずることはなかった。

真珠の巻きについては、Ⅲの試験において、佐賀県産母貝を使用した場合は、大村湾産、および三重県産母貝を使用した場合よりも真珠の巻きが劣るという結果が得られた。しかしながら、同一の母貝を大村湾でひき続いて1年間養成して使用したⅣの試験結果では、3者から生産された真珠の巻きに差異を認めることはできなかった。

これらの試験結果の相違が何によって生じたかを考察すると、Ⅲの試験の場合は、佐賀県産母貝を大村湾へ移植し約10日間をおいて直ぐに母貝仕立てを行ない、挿核手術を実施したものである。すなわち、輸送による貝の疲弊、ならびに環境条件の急変による影響が仕立て作業開始時にはまだ残存し、移植漁場に対する順応の時間的余裕が少なかったために、それらが真珠の巻きの低下となってあらわれたものと考えられる。

一方約1年後のIV試験における佐賀県産母貝はIIと同一のものでありながら、漁場への順応が充分に行なわれていた結果として、真珠品質に差異が認められなかったものと考えられる。

すなわち、母貝の産地別による地方差が、生理的、および生態的に何んらかの形で特性 としてあらわれるとしても、それが同じ環境におかれることによって、それぞれがその環 境に順応し地方差的な特性はほとんどあらわれることはないものと思われる。

以上のように、母貝の産地と真珠の品質との間には関連性は認め難いが、この場合、移植漁場の環境に順応するまでの期間を重視する必要があるようである。この漁場への順応期間は季節により、また輸送の諸条件、移出入両漁場の環境条件の差などによっても異なることは当然であると考えられる。

一般に母貝の移入時期としては、採苗当年の秋から翌年春に稚貝として移入する場合と、 挿核可能な母貝として、いわゆる2年貝の秋から3年貝の春に移入するのが通例となって いるが、ここで実際の養殖事業の面から「順応」を考慮した場合、手術計画、漁場の収容 面積などとも考え合わせて、その移入時期を選定する必要があるものと思われる。

Vの試験では愛媛県産、大分県産の母貝をいずれも4月末に大村湾へ移し、1か月後の5月末から仕立て作業を行なったが、三重県産(約1年前より大村湾で養成)、大村湾産のものとの間に真珠の品質に差異が認められなかったことから推察して、大村湾ではこの時

期としては、移植後に必要な順応期間を1か月程度とみて差しつかえないのではなかろうか。

次に当業者間においては、母貝の使用にあたり産地別の好みというものがあるようである。これはおもに主観的なものと考えられ、挿核手術の難易にも伝承的な先入観が大きいようであるが、移植された母貝が漁場に対して順応した場合は、真珠の品質について差異が認められないのであるから、母貝の産地的な因子を考えに入れる必要はないものと推察される。

要 約

- 1) 産地を異にする母貝によって生産された真珠の品質を比較するため、大村湾、三重県、愛媛県、大分県、および佐賀県産の母貝を使用し、それぞれの組合せを作り、5回の試験を実施した。
 - 2) 真珠の色については、その出現分布状態にいずれについても差は認められなかった。
- 3) 真珠の巻きについては、佐賀県産母貝を使用した場合は、大村湾産および三重県産に比較して劣る結果となったが、同一母貝を大村湾でひき続いて約1年間養成して使用した場合には、3者に差が認められなかった。また、その他の産地別の組合せについては差が認められなかった。
- **4)** 移植漁場への順応が充分に行なわれた場合には、産地による地方差はあらわれない ものと思われる。
 - 5) 移入に際しては、移植漁場への順応期間を重視する必要がある。

文 献

- 蓮尾真澄 1958. 大村産アコヤガイと三重県産との殻形の比較に関する研究Ⅱ. 三重県産稚貝と 英虞湾に移殖した大村産稚貝の成長に伴う殻形の変化の比較. 国立真珠研報4:318— 324.
- 2) ______ 1964. 大村産アコヤガイと大分県産, 愛媛県産との殻形の比較に関する研究. 国立真 珠研報 9:1170—1178.
- 3) 蓮尾真澄・阪口清次・山口一登・村上悦男 1962. 長崎県下真珠養殖漁場において生産された真珠品質およびアコヤガイの成長度の比較に関する研究. 国立真珠研報 8:920—947.
- 4) 蓮尾真澄・山口一登・船越将二・村上悦男・中尾安隆・永田康子 1963. 真珠養殖未利用漁場の 特性区分とその生産性に関する研究. 国立真珠研究所別報: 1-29.
- 5) 太田 繁 1957. 大村産アコヤガイと三重産との殻形の比較に関する研究 I. 大村産稚貝と大村湾に移殖した三重産稚貝の成長に伴う殻形の変化の比較. 国立真珠研報 2:119—126.
- 6) 沢田保夫・丹下 孚 1959. 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究 II. 英虞湾内の 4 点において生産 される真珠品質の比較と海况について、国立真珠研報 5:459—480.
- 7) 山口一登・太田繁・丹下孚・片田清次 1957. 養殖環境と挿核部位による真珠の色及び巻きの差 異について、国立真珠研報 2:137—141.

アコヤガイの成長を測定するために 用いた水中重量の検討*,**

西 飯 保

国立真珠研究所

二枚目の成長に関する従来の研究においては、その成長量を貝殻形態の計測あるいは貝全体・貝殻・貝肉部の重量測定などによって表現している。しかし、貝殻の大きさを計測する場合、アコヤガイのように鱗片状突起を有するものでは誤差を生じやすい。また、空中における重量は、測定時の貝の取り扱い方によって、その内部に含まれる海水の量を異にするために、正確な測定値を得がたい。これらのことは、とくに短期間の成長をみるうえにおいていちじるしい障害となっている。

Havinga¹⁾ はカキについて、その重量を海水中で測定する方法を試み、 短期間の試験においても、その成長量を正確に表わすことができると報告している。

著者はアコヤガイについてこの方法を試み空中および海水中で貝の全重量, 貝殼および 貝肉の各重量を測定し, それらの相互関係を時期別ならびに年令別に検討した結果, 2,3 の知見を得たので報告する。

▶ 報告に先だち、御指導をいただいた国立真珠研究所太田繁所長ならびに養殖研究室長桑 谷幸正技官に深謝する。

試 験 方 法

試験に供したアコヤガイの年令、試験期間および測定項目は一括し、第1表に示した。すなわち、1963年の供試材料は、核を「フクロ」の部位に1個づつ挿入した満2年生の手術貝で、1965年の供試材料は、満1年から5年生までの各年令の母貝である。

養殖方法は、それぞれの試験貝をハイゼックス段籠に50個ずつ収容し、英虞湾多徳島の 真珠研究所臨海実験所地先の水深 2m 層に垂下したが、夏季の高水温時および冬季の低水 温時にはそれらの影響を考慮して 5m 層に下げた。

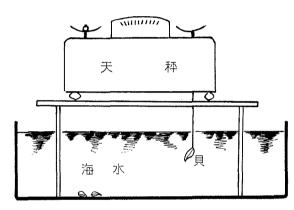
試験貝の重量の測定および浜揚げは毎月1回行なった。水中重量の測定は、容器に養殖水域の海水をとり、その中へ貝を貝殻内部に気泡が入らないように注意して入れ、第1図の装置で秤量した(水中における貝の全重量。以下これを貝水中重量と呼ぶ)。 つぎに、これを取り出し、開口器で貝殻を開き、内部に含まれている海水を数回振って除いたのち、

^{*} Tamotsu Nishii. Examination of the underwater weight used for measuring the growth of the pearl oyster, *Pinctada martensii*. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 10: 1264—1282. 1965.

^{**} 国立真珠研究所業績 No. 141 (国立真珠研究所報告10:1264—1282昭和40年11月)

	年	次		1963年	1965年
試	馬		貝	満2年生の手術貝	満1年~5年生の母貝
挿	核	月	日	6 月25日	
核	の	重	量	147, 148, 149, 150 mg	
試	験	期	間	'63年7月3日より '64年12月18日まで	'65年6月14日より '65年7月12日まで
測	定	項	B	貝水中重量,貝 貝殼空中重量, 貝殼乾燥重量,	貝肉空中重量,

第1表 試 験 材料



第1図 水中での重量測定装置

空中で貝の全重量を測定した('63年7月の母貝にのみ実施,以下貝空中重量と呼ぶ)。 さらに、これを貝殻と貝肉に分け、それぞれ表面の水気を取り去ってその重量を測った(これらを貝殻空中重量および貝肉空中重量と呼ぶ)。 つづいて貝殻については海水中で秤量した(これを貝殻水中重量と呼ぶ)。 手術貝については、貝肉部から真珠を取り出した。上記の測定を終了後、貝殻と貝肉とを60°Cの定温乾燥器で4日間乾燥し(開始後3日以降において重量はほぼ安定する)、それぞれの乾燥重量を測定した(これらを貝殻乾燥重量および貝肉乾燥重量と呼ぶ)。

試験期間中に使用した海水の比重 (δ_{15}) は1.022から1.026の範囲であったが、この比重 の範囲における水中重量の測定値の差は0.4%以内にすぎないので、この比重の範囲内で の測定値には比重の違いによる補正を行なわず、そのまま水中重量値として使用した。

試 験 結 果

I. 水中および空中における重量の相互関係

空中において同一個体の貝の重量をくり返し測定すると、第2表のように測定ごとに値が一致せず、また、第3表に示すように水中から取り揚げてから測定するまでに要する時

(単位 g)

間の違いによっても値を異にし、その減少率に何らの規則性も認められない。これは主として貝の内部に含まれる海水の量に起因すると考えられる。一方、海水中の貝の全重量は、その排除した海水の目方だけ軽い値で示され、しかも測定した値は、測定条件を変えないかぎり、何回実施しても全く同じ値を示した。このように貝の重量を水中で測定すると、

第2表	空中における貝重量	

No.	1 回 目	2 日 日*	3 🗇 🗎
1	28.12	28.12	27.95
2	29.72	29.60	30.22
3	28.10	28.20	28.75
4	35.10	37.18	36.92
5	34.75	35.00	35.07
6	30.10	29.66	28.50
7	31.05	31.40	30.80
8	30.92	31.40	31.80
9	30.72	31.23	31.10
10	29.46	29.12	29.59

^{*1}回目の測定後、海水中に戻し1時間後取り揚げて測定3回目も同様

第3表 経過時間にともなう貝重量の減少率

(単位 g)

No.	取揚げ直後	1 時間後	2 時 間 後	3 時 間 後
1	42.00 (100.)	39.80 (94.7)	39.18 (93.2)	38.90 (92.6)
2	31.56 (100.)	31.40 (99.4)	31.25 (99.0)	31.15 (98.7)
3	35.26 (100.)	35.00 (99.2)	34.93 (99.0)	33,52 (95,0)
4	34.30 (100.)	30.33 (88.4)	30.25 (88.1)	30,22 (88,1)
5	45.62 (100.)	42.15 (92.3)	41.74 (91.4)	41.65 (91.2)
6	35.00 (100.)	33.60 (96.0)	33.25 (95.0)	33.08 (94.5)
7	32.70 (100.)	29.03 (88.7)	29.00 (88.6)	28,70 (87.7)
8	38,28 (100.)	34.60 (90.3)	33.62 (87.8)	32,95 (86.0)
9	38.04 (100.)	35.70 (93.8)	34.26 (90.0)	33.52 (99.1)
10	35,96 (100.)	33,30 (92,6)	33.05 (91.9)	32.69 (90.9)

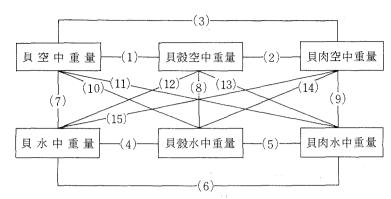
()百分率

第4表 空中ならびに水中における貝, 貝殻および 貝肉の重量の関係 (単位g)

	貝	貝 殼	貝 肉
空中における重量	27.29 (100.0)	14.31 (52.4)	9.82 (35.9)
水中における重量	$8.28 \\ (100.0)$	7.98 (96.3)	0.29 (3.5)

母貝15個の平均値

()百分率



第2図 水中ならびに空中における、貝、貝殼、貝肉の各重量の相関関係とその検定結果

```
(1) r=0.839 ** (2) r=0.263 - (3) r=0.585 *
(4) r=0.997 ** (5) r=0.052 - (6) r=0.545 *
(7) r=0.894 ** (8) r=0.977 ** (9) r=0.588 *
(10) r=0.893 ** (11) r=0.677 ** (12) r=0.983 **
(13) r=0.457 - (14) r=0.316 - (15) r=0.328 -
```

**…危険率 1%以下で有意 *…危険率 5%以下で有意 ―危険率 5%以下で有意でない

空中での重量の測定方法と異なり、気象条件や貝の取り扱い方に影響されることが少なく 常に正確な値が得られ、その処理方法もきわめて容易である。

満 2年生母貝15個('63年 7月資料)について、貝、貝殼および貝肉の各重量を水中ならびに空中で測定し、それぞれの方法によって得られた各部位の重量の平均値および比率を調べると第 4 表のようになる。すなわち、貝空中重量に対する貝殼ならびに貝肉空中重量の比率は、それぞれ52.4%、35.9%で前者は貝全体の約½、後者は約½を占める。貝水中重量に対する貝殼ならびに貝肉水中重量の比率は、それぞれ96.3%、3.5%となり、水中重量においては、貝殼が貝全体の重量の大部分を占めることが認められる。

また、水中ならびに空中における貝重量、貝殻重量および貝肉重量の相互関係をまとめたのが第2図である。このうち、相関が危険率1%以下で有意と認められる関係にあるものは、貝空中重量と貝殻空中重量・貝水中重量・貝殻水中重量・貝肉水中重量と貝殻水中重量として、および貝殻空中重量と貝水中重量・貝殻水中重量との間、さらに貝水中重量と貝殻水中重量との間にみられる。相関が危際率5%以下で有意と認められる関係は、貝空中重量と貝肉空中重量との間、月肉空中重量と貝肉水中重量との間にみられる。相関が危険率5%以下で有意と認められなかったのは、貝殻空中重量と貝肉空中重量・貝肉水中重量との間、貝肉空中重量・貝肉水中重量との間、および貝殻水中重量と貝肉水中重量との間である。

Ⅱ. 各月における各部重量の相互関係

前述の諸関係のうち、貝水中重量に対する貝殻空中重量・貝殻水中重量・貝殻乾燥重量・貝肉空中重量・貝肉乾燥重量などの関係が、1963年の実験において毎月得られた材料についても適用しうるかどうかを検討した。

Ⅱ-1. 貝水中重量と貝殼空中重量の関係

月別に両者の関係をまとめると付表 1 になる。この表で明らかなように,各月の相関係数は,いずれも非常に高く危険率 1 %以下で有意と認められる。ここで得られた各月の回帰(直線の勾配)について,回帰係数間の差を共分散分析で検定した結果,有意の差が認められなかった(危険率 5 %以下)。このことは,各月の回帰がすべて平行していることを意味するので,これらを平均した共通の回帰で代表するのが適切であると考えられる。したがって,これらを代表する回帰係数(b),相関係数(r)および回帰方程式を求めると,

$$b=1.7286$$

r = 0.982

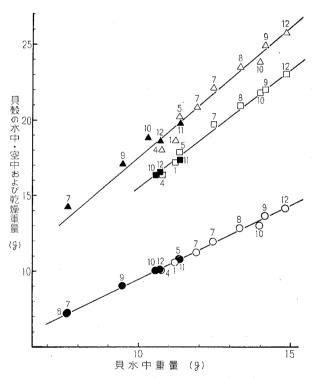
 $\hat{S} = 1.7286W + 0.246$

Ŝ…貝殼空中重量の推定値(g)

W…貝水中重量(g)

となる。第3図は、各月における貝殼空中重量の貝水中重量に対する平均回帰を示したものでほぼ直線的関係が認められる。

また、目水中重量と目殼水中重量および目殼乾燥重量の各関係を前述と同じように検定



第3図 各月の貝水中重量に対する貝殼水中重量, 貝殼空中重量および貝殼乾燥重量の平均回帰.

○…貝水中重量と貝殼水中重量の関係

△…貝水中重量と貝殻空中重量の関係

□…貝水中重量と貝殻乾燥重量の関係 (黒は'63年,白は'64年,数字は月) し、全く同様の結果を得たので、これらの回帰係数、相関係数および回帰方程式を付表2、3 に記載し、それらの関係を第3図に示した。

Ⅱ-2. 貝水中重量と貝肉空中重量の関係

月別に両者の関係をまとめると付表4になる。この表によれば、各月の相関係数はいず

れも高く、危険率 1 %以下で有意と認められる。ここで得られた各月の回帰係数間の差を共分散分析で検定した結果、有意の差が認められる(危険率 5 %以下)。 このことは、各月の回帰がその時期によって異なることを意味している。第 4 図は、各月における貝肉空中重量の貝水中重量に対する回帰を示したものである。この図から、各月の回帰がそれぞれ違った勾配をもっていることがみられる。

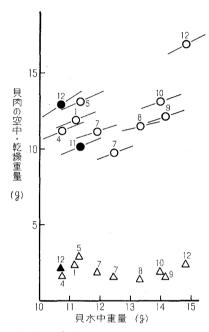
また、貝水中重量と貝肉乾燥重量の関係は、 上記と同様に検定した結果、有意差が認められた。これらの回帰係数、相関係数を付表 5 に記載し、各月の平均を第4図に示した。

Ⅲ. 年令別における各部重量の相互関係

前述の諸関係のうち、貝水中重量と貝殻空中重量・貝殼水中重量・貝殼水中重量・貝殻乾燥重量・貝肉空中重量・貝肉乾燥重量などの関係が、1965年6月14日と7月12日の両日に浜揚げした満1年生から5年生までの各年令の母貝について適用できるかどうかを検討した。

Ⅲ-1. 貝水中重量と貝殼空中重量の関係

時期別,年令別に両者の関係をまとめると付表6(6月の資料),7(7月の資料)になる。すなわち,どの年令の貝においても相関係数は非常に高く危険率1%以下で有意と認



第4図 各月の貝水中重量に対する貝内 空中重量および貝肉乾燥重量の 回帰 ○…貝水中重量と貝肉空中重量

の関係

の関係 △…貝水中重量と貝肉乾燥重量

(黒は'63年,白'64年,数字は月)

められる。また、同じ時期の各年令の回帰について、回帰係数間の差を共分散分析で検定すると、両時期の各年令には有意の差が認められない(危険率5%以下)。 すなわち、各時期について各年令別の回帰を求める必要がなく、これらを平均した共通の回帰で代表するのが適切であると考えられる。これらを代表する回帰係数(b)、相関係数(r) および回帰方程式を求めると、

6月では、b=1.6845 r=0.981 $\hat{S}=1.6845W+0.489$

7月では、 b=1.6790 r=0.983

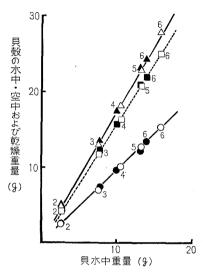
 $\hat{S} = 1.6790W + 0.706$

さらに、これら 6 月および 7 月の両時期の回帰について、その間の差を共分散分析で検定した結果、 $F_0=0.1670/0.2489 < F_{208}^1(0.05)=3.88$ となり、有意差は認められない。 す

となる。

第5表	時期,	F令別における貝水中重量と貝殼水中重量および貝殼乾燥I	重量の回
	帰係数	(b) 相関係数 (r) および回帰方程式 (Ŷ)	

	b	r	Ŷ
月 殼 水 中 重 量	0.9773	0.998	0.9773W-0.186
月殼乾燥重量	1.5764	0.999	1.5764W-0.055



第5図 年令別における貝水中重量に対する貝殼水中重量, 貝殼空中重量および貝殼乾燥重量の平均回帰

○…貝水中重量と貝殻水中重量 の関係

△…貝水中重量と貝殻空中重量 の関係

□…貝水中重量と貝殻乾燥重量の関係

(白…6月,黒…7月,数字は年令)

なわち、6月および7月の両時期の回帰は、 これらを平均した回帰で代表するのが適切で ある。そこで代表する回帰係数 (b),相関係 数 (r) および回帰方程式を求めると、

$$b=1.7219$$
 $r=0.997$ $\hat{S}=1.7219W+0.039$ となる。

また, 貝水中重量と貝殼水中重量および貝 殼乾燥重量との関係を上記と同様に検定し, 有意の差が認められなかった。したがって, それらの回帰係数, 相関係数および回帰方程 式について貝水中重量と貝殼水中重量の関係 を付表8 (6月の資料), 9 (7月の資料) に, 貝水中重量と貝殻乾燥重量の関係を付表10 (6月の資料),11(7月の資料)に記載した。 なお, 貝水中重量と貝殼水中重量および貝殼 乾燥重量の6月および7月を代表する回帰係 数(b),相関係数(r)および回帰方程式を 第5表に示した。第5図は、両時期の各年令 おける貝殼空中重量, 貝殼水中重量および貝 殻乾燥重量の貝水中重量に対するそれらの平 均回帰を示したものである。この図から明ら かなように, それぞれきわめて密接な関係の あることが認められる。

Ⅲ-2. 員水中重量と貝肉空中重量の関係

時期別,年令別に両者の関係をまとめると付表12(6月の資料),13(7月の資料)になる。両表のうち付表12の3年生母且では,相関関係が認められないが(危険率5%以下),他はすべて相関係数が高く危険率1%以下で有意と認められる。また,同じ時期の各年令別の回帰について(但し,付表12の3年生母且を除く),回帰係数間の差を共分散分析で検定した結果,各時期の年令別の回帰には有意の差が認められない(危険率5%以下)。 したがって,6月および7月の両時期とも各年令の回帰は,これらを平均した回帰で代表するのが適切と考えられる。すなわち,その回帰係数(b),相関係数(r)および回帰方程式を求めると,

6月では、 b=0.6629 r=0.534

 \hat{M} =0.6629W+4.468 \hat{M} …貝肉空中重量の推定値(g)

7月では、b=0.7185 r=0.57

 $\hat{M} = 0.7185W + 3.175$

となる。

さらに、6月および7月の回帰について、その間の差を共分散分析で検定した結果、 $F_0=3.61/3.64$ 〈 $F^1_{268}(0.05)=3.88$ となり、有意の差が認められない。したがって、6月および7月の両時期の回帰は、これらを平均した回帰で代表するのが適切である。すなわち、その回帰係数 (b)、相関係数 (r) および回帰方程式を求めると、

b = 0.9037 r = 0.911

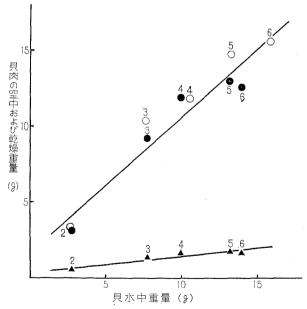
 $\hat{M} = 0.9037W + 1.628$

となる。

第6図は、両時期の各年令における貝肉空中重量の貝水中重量に対する平均回帰を示したものである。との図から、これらの点が、ほぼ直線の周りに点在していることが認められる。

Ⅲ-3. 貝水中重量と貝肉乾燥重量の関係

年令別に両者の関係をまとめると付表14 (7月の資料)になる。この表によれば、どの年令についても相関係数が高く危険率1 %以下で有意と認められる。また、各年令の回帰係数間の差を共分散分析で検定した結果、有意の差が認められない(危険率5 %以下)。したがって、各年令の回帰は、これらを平均した回帰で代表するのが適当と考えられる。すなわち、その回帰係数 (b)、相関係数 (r) および回帰方程式は



第6図 年令別における貝水中重量に対する貝肉空中重量, 貝肉乾燥 重量の平均回帰

○…貝水中重量と貝肉空中重量の関係 △…貝水中重量と貝肉乾燥重量の関係 (白…6月,黒…7月,数字は年令) 7月では、b=0.1112 r=0.609 $\hat{M}_{\text{p}}=0.1112W+0.337$ となる。

第6図は、各年令における貝肉乾燥重量の貝水中重量に対する平均回帰を示したものである。これらの点がほぼ直線上にあり、密接な関係のあることが認められる。

考 察

水中ならびに空中における各部重量の相互関係について考察すると、貝全体に対する目 殼および貝肉の重量比が、貝殼では水中の場合が空中よりも高い比率を示し、貝肉では反 対に空中の方が高い比率を示した。このことは、貝全体、貝殼233, 貝肉40の各比重がそれ ぞれ異なること、また、水中で測定する場合の重量比が、そのものの比重から海水の比重 を減じたものにその体積を掛けたものの比で表わされることによる。したがって、水中の 目重量はその大部分が貝殼重量で、貝肉重量はわずかを占めるにすぎない。このように水 中においては貝殼の占める比率が大きいこと、さらに貝殼水中重量と貝殼空中重量とは、 密接な関係にあることから、貝水中重量と貝殼空中重量にもきわめて密接な関係がみられ る。実験結果からこれら三者の間では、一方の測定値から他の値を推定しても実測値と殆 んど差異が認められない。また上記の関係は、各月浜揚げした資料のどの月においても、 また、試験期間全般を通じても認められ、各年令(満1年から5年生の母目)別にみても 年令に関係なく適用される。すなわち、これまでの貝殻空中重量の測定では、貝を生かし たままで測定ができず、その成長量をみる場合にも、その都度、異なる個体の貝殼重量を 測り、それを連続させて調べる方法しかなかったが、上記の結果から、年令、時期にかか わらずいつでも貝水中重量から貝殼空中重量を高い精度で推定でき、しかも同一個体を継 続的に測定しうることがわかった。したがって,その成長量をきわめて正確に追及するこ とが可能になった。

なお、貝水中重量と貝肉水中重量および貝肉空中重量などの間で相関度が低い(r=0.43-0.74)のは、前述のように貝肉水中重量が貝水中重量のごくわずかを占めていることに起因する。すなわち、貝肉重量に変化が生じても、よほど大きな量でないかぎり、貝肉水中重量の変化としてあらわれないからである(貝肉水中重量/貝肉空中重量=1/20)。 貝水中重量と貝肉空中重量の相関で、1963年7月の母貝ならびに年令別の1965年6月の3年生母貝で、いずれも相関関係が認められなかったのは、1963年7月の場合は、材料数が15個にすぎななかったこと、年令別の3年生母貝では、試験地に搬入して短時日(12日目)のうちに試験に用いたので馴化が不充分であったことに基因すると思われる(40日目以降の試料では相関が認められる)。 その他、各月の資料および年令別の資料については、どの月、どの年令についても相関が認められる。しかも、年令別では、各年令の回帰がその時期の共通の回帰によって代表される。このように貝水中重量と貝肉空中重量の関係は、年令にかかわらず、季節的にそれぞれ特徴のある独自の関係を示す傾向がうかがわれる。したがって、貝水中重量から貝肉空中重量を推定するには、その時期における回帰方程式に基づいて求めなければならない。

要 約

Havinga によって提案された水中重量の測定方法を用いて、アコヤガイの各部の重量を 測定し、その相互関係を調べ、その関係が各月、各年令についても適用されるかどうか検 討した。

- 1) 貝の重量を測定する場合,空中での測定法では誤差を生じやすく,測定値の正確を欠くが,水中での測定法では,誤差がともなわず正確な値が求められる。水中では,貝重量はその大部分が目標重量であり、目肉重量はわずかにしかすぎない。
- 2) 貝水中重量と貝殻空中重量との関係は、どの月、どの年令においても、きわめて密接な直線的関係が認められる。しかも、各月、各年令を代表する関係が認められたことから、時期、年令に関係なくすべてを共通する一次回帰方程式で示され、貝水中重量から貝殻空中重量の推定値を高い精度で求めることができる。
- 3) 貝水中重量と貝肉空中重量との関係は、どの月、どの年令においても直線的関係が認められる。しかも、同じ時期の各年令では共通した回帰で代表される。したがって両者の関係は、それぞれの時期の特徴ある回帰で示される。すなわち、貝肉空中重量の推定値は、その時期の回帰方程式によって求められる。
- 4) これまでは同一個体による貝殼重量,貝肉重量を継続して知ることができなかったが,本実験の結果から,生きたままの貝を水中で測定することによって,それらの重量を推定できることが判明した。すなわち,貝の成長量を追及するうえで同一個体の重量変化を継続的に知ることが可能になった。このことは種々の研究において,成長量を適確に把握できるということであり,きわめて意義あることと考えられる。

参考文献

- 1) Havinga, B. 1928. The daily rate of growth of oysters during Summer. Jour. du Cons. 3: 231-245.
- 2) 市瀬元吉 1946. 貝殻の比重及び気孔率に就いて。Venus 14:244-247.
- 3) 小林新二郎 1951. アコヤガイに於ける再生試験から見た介殼形成力の勾配と年変化。真珠の研究 2 (1,2):2-6.
- 4) 植本東彦 1961. アコヤガイのそう核手術に関する生理学的研究 I 一Ⅲ。 国立真珠研報 6:619 —635

付表 1 各月における貝殻空中重量の貝水中重量に対する回帰と 相関データおよび共分散分析 ('63年)

т п	c	V. 2	V., V.	V 72		1	推	É定の誤	差差
年月日	f	Σx^2	$\sum x \sum y$	Σy^2	r	b	f	平方和	平均平方
'63. 7.23	46	40.2203	75.5863	150,6298	0.971**	1.8793	45	8,5805	
9.18	44	50.2148	92,8462	179.4837	0.977**	1.8489	43	7.8204	
10.16	88	188,9038	328,3048	583.2674	0.989**	1.7379	87	12.7065	
11.19	88	202.7904	362,6903	676.3478	0.979**	1.7884	87	27.7125	
12.19	83	115.9231	209.0582	394,5261	0.977**	1.8034	82	17.5106	
'64. 1.14	91	190,5252	324,7986	569.9482	0.985**	1.7047	90	16.2641	
4.13	88	209.0502	365.4292	661,4187	0.982**	1.7480	87	22.6485	
5,22	73	172.7168	293.1583	566.9492	0.936**	1.6973	72	69.3717	
7.7	82	268.5689	469.9944	897.5225	0.957**	1.7499	81	75.0793	
7.27	84	285,6316	510.6007	959,6602	0.975**	1.7876	83	46.9104	
8.24	84	262,1162	452.5827	800.5298	0.987**	1.7266	83	19.1006	
9 24	81	520.8567	886.7195	1546,7136	0.987**	1.7024	80	37.1624	
10.22	84	501,9340	841.3437	1424.8410	0.994**	1.6762	83	14.5807	
12.4	244	1544.7327	2659.5869	4684.5122	0.988**	1.7217	243	105.5015	
月 内		100000000000000000000000000000000000000		, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,			1246	480.9497	0.3859
回帰係数							13	6.6517	0.5116-
共通の	1260	4554.1847	7872.6998	14096.3502	0.982	1.7286	1259	487.6014	0.3872
修正平均							13	208.9376	16.0721*
全 体	1723	9070.3350	15510.9693	27221.4874			1272	696.5390	

b=1.7286 r=0.982 $\hat{S}=1.7286W+0.246$

**…危険率 1 %以下で有意 - …危険率 5 %以下で有意でない

付表 2 各月における貝殼水中重量の貝水重量に対する回帰と 相関データおよび共分散分析 ('63年)

***************************************		1012		777 BX75 VI				
Arri Et ess	c	V T 0	D D	X 7 2	r b	拊	ま定の 誤	. 差
年月日	f	Σx^2	$\Sigma x \Sigma y$	Σy^2	r b	f	平方和	平均平方
['] 63. 7.23	46	40.2203	37,5309	36.3638	0.981** 0.9331	45	1.3426	
8.22	42	35.1562	35.8088	37.2401	0.989** 1.0185	41	0.7689	
9.18	44	50.2148	47.8267	47.5491	0.978** 0.9524	43	1.9971	
10.16	88	188.9038	181.4874	175.8578	0.995** 0.9607	87	1.5029	
11.19	88	202,7904	187.9844	183,2662	0.975** 0,9269	87	9.0235	
12.19	83	115.9231	109.1921	105.7949	0.985** 0.9419	82	2.9469	
'64. 1.14	91	190.5252	180.8634	174.2383	0.992** 0.9492	90	2,5483	
4.13	88	209.0502	201.2802	202.3427	0.978** 0.9628	87	8.5502	
5.22	73	172.7168	172,8187	177.4772	0.987** 1.0005	72	4.5721	
7.7	82	268,5689	253,2202	261,1286	0.956** 0.9428	81	22.3800	
7.27	84	285,6316	280.2315	278,6241	0.993** 0.9810	83	3,6918	
8.24	84	262,1162	255.8841	250,6366	0.998** 0.9762	83	0.8375	
9.24	81	520,8567	513,5068	512,9156	0.993** 0.9858	80	6.6596	
10.22	84	501.9340	486.5406	492.3706	0.978** 0.9693	83	21.7216	
12. 4	244	1544.7327	1486,6885	1438,9074	0.978** 0.9624	243	8.0887	
月内		***************************************				1287	96.6317	0.0750
回帰係数						14	0,2212	0.0158-
共通の	1302	4589.3409	4430.8643	4374.7130	0.988 0.9654	1301	96.8529	0.0744
修正平均						14	16.1631	1.1545**
全 体	1316	9997.6306	9642.1894	9412.4010		1315	113.0160	

b=0.9654 r=0.988 $\hat{S}_w=0.9654W-0.171$

**…危険率1%以下で有意 -…危険率5%以下で有意でない

付表3 各月における貝殻乾燥重量の貝水中重量に対する回帰と 相関データおよび共分散分析 ('63年)

/c = = =	f	Σx^2	V. V.	V2		b	推	住定の誤	差差
年月日	I	$\angle x^z$	$\sum x \sum y$	Σy^2	r		f	平方和	平均平方
'63.10.16	88	188.9038	299,0583	477.9269	0.975**	1.5831	87	4.4878	
11.19	82	190.0223	296,1297	474.0261	0.986**	1.5583	81	12.5672	
12.19	83	115.9231	179.5204	282.8649	0.991**	1.5486	82	4.8597	
'64. 1.14	91	190.5252	292.8698	466.9755	0.981**	1.5371	90	16.8054	
4.13	88	209,0502	324.2345	506,6616	0.996**	1.5509	87	3.8061	
5,22	73	172,7168	280.8515	479.2230	0.975**	1.6260	72	22.5585	
7.27	84	285.6316	446.8827	727,6350	0.980**	1.5645	83	28.4871	
8.24	84	262.1162	392,6628	652,9846	0.949**	1.4980	83	64.7758	
9,24	81	520.8567	813,5660	1318.7470	0.981**	1.5619	80	48.0383	
10.22	84	501.9340	781.6146	1225.2658	0.996**	1.5572	83	8,1310	
12. 4	244	1544.7327	2389.8284	3767.5198	0.990**	1.5470	243	70.4553	
 月 内		***************************************					1071	284.9722	0.265
回帰係数							10	1.6756	0.1675-
共通の	1082	4182,4126	6497.2187	10379.8302	0,986	1.5534	1081	286.6478	0.2649
修正平均							10	38.2674	3.8267**
全 体	1092	7207.3886	11371.5418	18266.4986	-		1091	324.9154	

b=1.5534 r=0.986 $\hat{S}_{p}=1.5534W+0.036$

**…危険率 1 %以下で有意 - …危険率 5 %以下で有意でない

付表 4 各月における貝肉空中重量の貝水中重量に対する回帰と 相関データおよび共分散分析 ('63年)

	_	ALLIF			(00))		ì	推定の誤	. 差
年月日	f	Σx^2	$\Sigma x \Sigma y$	$\Sigma_{\mathcal{Y}^2}$	r	b	f	平方和	平均平方
'63.11.19	88	202.7904	176,0065	320,2237	0.690** (0.8679	87	167,4677	
12.19	83	115,9231	147,4461	414.7609	0.672** 1	1.2719	82	227,2198	
'64.1.14	91	190.5252	163.9373	742.7487	0.435** (0.8604	90	601,6905	
4.13	88	209,0502	171.3617	366.3542	0.619** (0.8197	87	225.8891	
5.22	73	172.7168	145.1535	305,8600	0.631**	0.8404	72	183.8716	
7.7	82	268.5689	168.7633	365,1928	0.538** (0.6283	81	259.1471	
7.27	84	285,6316	233.4401	347.8804	0.740** (0.8172	83	157.0969	
8.24	84	262,1162	128,8949	345.5147	0.428**	0.4917	83	282,1320	
9.24	81	520,8567	374.7850	432.5271	0.789**	0.7195	80	162.8506	
10.22	84	501.9340	371.7959	804.9013	0.584**	0.7407	83	208,6949	
12. 4	244	1544.7327	1636.7387	3299.7275	0.724** 1	1.0595	243	1565.5047	
月 内							1071	4041.5649	3.773
回帰係数]						10	469.8751	46.9875**
共通の	1082	4274.8458	3718.3230	7745.6913			1081	4511.4400	4.173
修正平均							10	3246.8498	324.684**
全 体	1092	6961,3192	6587,8885	13992.7797			1091	7758.2898	

**…危険率1%以下で有意

付表 5 各月における貝肉乾燥重量の貝水中重量に対する回帰と 相関データおよび共分散分析 ('63年)

						ł	推定の 記	呉 差
年月日	f	Σx^2	$\Sigma x \Sigma y$	Σy^2	r b	f	平方和	平均平方
'63.12.19	83	115.9231	29,8320	16.1665	0.689** 0.2573	82	8.4895	
'64. 1.14	91	190.5252	40.3541	23,3598	0.604** 0.2118	90	14.8129	
4.13	86	208.7702	16,2626	10,1432	0.353** 0.0778	85	8.8780	
5.22	73	172,7168	36.5212	24,3967	0.562** 0.2114	72	16.6743	
7. 7	83	266,3603	25.1425	10.8126	0.468** 0.0943	82	8.4417	
7.27	84	285,6316	36.7516	19,8206	0.488** 0.1286	83	15.0944	
8.24	84	262,1162	19.3480	5,5122	0.505** 0.0738	83	4.1035	
9.24	81	520,8567	27.6675	10.9888	0.365** 0.0531	80	9.5193	
10.22	84	501.9340	69.4282	15.4470	0.788** 0.1383	83	5.8437	
12. 4	244	1544.7327	279.1700	93,6107	0.734** 0.1807	243	43.1591	
月内						983	135.0164	0,1373
回帰係数						9	12.4432	1.3825**
共通の	993	4069.5668	580,4777	230,2581		992	147.4596	0.1486
修正平均						9	214.8877	2.3876**
全 体	1002	6573.1201	612.3677	419.3969		1001	362.3473	

**…危険率1%以下で有意

付表 6 年令別における且殼空中重量の貝水中重量に対する回帰 と相関データーおよび共分散分析 ('65年 6 月14日)

/TT			Σx^2	$\Sigma x \Sigma_V$	Σv^2		L.	推	生定 の 記	 呉 差
年	令	f	2x-	2x2y	2.9-	r	b	f	平方和	平均平方
2		28	8.3214	14,9055	27.1971	0.990**	1.7912	27	0.4981	
3		29	11.2753	18,2582	32.4888	0.953**	1.6193	28	2.9233	
4		29	52.1979	84.1891	138.1497	0.991**	1.6128	28	2,3628	
5		29	103.4140	185.4282	344.4078	0.982**	1.7930	28	11.9240	
6		28	134.6659	219.2128	370.5740	0.981**	1.6278	27	13.7351	
年 !	内		35-17-49-49					138	31.4433	0.2278
回帰係	数							4	2.0584	0.5146-
共 通 (の	143	309.8745	521.9938	912.8174	0.981	1.6845	142	33.5017	0.2359
修正平	均							4	7,112	1.778 **
全 化	体	147	3338.5589	5764.7910	9994,8533			146	40.6137	

 $b\!=\!1.6845$ $r\!=\!0.981$ $\hat{S}\!=\!1.6845W\!+\!0.489$ **…危険率 $1\,\%$ 以下で有意 - …危険率 $5\,\%$ 以下で有意でない

付表7 年令別における貝殼空中重量の貝水中重量に対する回帰 と相関データおよび共分散分析 ('65年7月12日)

		Σx^2	P. P.	Σv^2		ь	推	生定 の 記	呉 差
年 令	f .	2X2	$\Sigma x \Sigma y$	2y²	r	В	f	平方和	平均平方
2	30	10.7872	19.8656	37.8195	0.983**	1.8416	29	1,2353	
3	28	31.9444	53.5541	92.7994	0.983**	1.6765	27	3.0176	
4	31	97,1723	162.2209	275.3922	0.991**	1.6694	30	4.5791	
5 .	30	113.5272	195.4795	341.3239	0.993**	1.7219	29	4.7337	
6	30	83.0618	133.8537	232,9036	0.962**	1.6115	29	17.1998	
年 内		7-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-					144	30.7655	0.2136
回帰係数							4	0.8784	5,2196-
共通の	149	336.4929	564.9738	980.2386	0.983	1.7790	148	31,6439	0.2138
修正平均							4	1.9229	0,4557-
全 体	153	2851,9938	4894.9120	8434.7644			152	33,5668	

b=1.6790 r=0.983 \hat{S} =1.6790W+0.706 **…危険率 $1\,\%$ 以下で有意 - …危険率 $5\,\%$ 以下で有意でない

付表8 年令別における貝殻水中重量の貝水中重量に対する回帰 と相関データおよび共分散分析 ('65年6月14日)

Are	_	c	Σx^2	$\Sigma x \Sigma y$	V2	-	ь	推	住定の 記	呉 差
年	令	f	Δx^{c}	2x2y	Σy^2	r	D	f	平方和	平均平方
. 2	2	28	8.3214	7.8701	7.5397	0.993**	0.9457	27	0.0965	
3	3	29	11,2753	10,3634	10.1233	0.958**	0.9191	28	0.5981	
4	f	29	52.1979	52,4880	53.3177	0.994**	1.0055	28	0.5384	
9	5	29	103,4140	99,8098	98.4605	0.989**	0.9651	28	2.1301	
ϵ	5	28	134.6659	135.5892	143.3179	0.975**	1.0068	27	6.8000	
年	内			, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	*			138	10.1631	0.0736
回帰	係数							4	0.1840	0.046-
共通	質の	143	309,8745	306,1205	312.7591	0.983	0.9878	142	10.3471	0.0728
修正	平均					And the second s	•	4	3.0475	0.7619**
全	体	147	3338.5589	3261.2372	13199.1008			146	13.3946	

 $b\!=\!0.9878$ $r\!=\!0.983$ $\hat{S}_w\!=\!0.9878W\!-\!0.343$ **…危険率 $1\,\%$ 以下で有意 $-\dots$ 危険率 $5\,\%$ 以下で有意でない

付表 9 年令別における貝殼水中重量の貝水中重量に対する回帰と 相関データおよび共分散分析 ('65年7月12日)

,										
年		f	Σx^2	νν	Σv^2		b	推定の誤差		
4	, fd.	1	2.0	$\sum x \sum y$	29"	r	D	f	平方和	平均平方
2	2	30	10.7872	10.3025	10.0297	0,990**	0.9551	29	0.1902	
3	3	28	31.9444	30.4952	29.5873	0.991**	0.9546	27	0.4757	
4	ļ	31	97 1723	95.3968	94.0259	0.998**	0.9817	30	0.3730	
5	;	30	113.5272	109.3526	105.9385	0.997**	0.9632	29	0.6079	
6	,	30	83.0618	82,1070	81.5216	0.997**	0.9885	29	0.3589	
年	内							144	2.0057	0.0139
回帰	係数							4	0.0499	0.0124-
共通	値の	149	336.4929	327.6541	321.1030	0.996	0.9737	148	2.0556	0.01388
修正	平均							4	0.2006	0.05015**
全	体	153	2851.9938	2789.0537	2729.7588			152	2.2562	

 $b\!=\!0.9737$ $r\!=\!0.996$ $\hat{S}_w\!=\!0.9737W\!-\!0.101$ **…危険率 $1\,\%$ 以下で有意 - …危険率 $5\,\%$ 以下で有意でない

付表10 年令別における貝殼乾燥重量の貝水中重量に対する回帰 と相関データおよび共分散分析 ('65年6月14日)

	f	$_{\mathbf{f}}$ $\Sigma_{\mathbf{x}^{2}}$		$\mathcal{\Sigma} \mathcal{y}^2$		b	推定の誤差		
			$\Sigma x \Sigma y$		r		f	平方和	平均平方
2	28	8.3214	12.8887	20.0262	0.998**	1.5488	27	0.0635	
3	29	11.2753	17.0306	27.6030	0.965**	1.5104	28	1.8759	
4	29	52.1979	83.3113	133.8065	0.996**	1.5960	28	0.8367	
5	29	103.4140	164.2144	266.3491	0.989**	1.5879	2 28	5.5882	
6	28	134.6659	212.2559	336,9673	0.996**	1.5761	27	2.4181	
年 内							138	10.7860	
回帰係数							4	0.082	0.020^{-}
共通の	143	309.8745	489.7009	784.7521	0.993	1.5803	142	10.8680	0.0765
修正平均							4	2.4588	0.6147**
全 体	147	3338.5589	5264.5108	8314.8349			146	13.3268	

 $b\!=\!1.5803$ $r\!=\!0.993$ $\hat{S}_{\scriptscriptstyle D}\!=\!1.5803W\!-\!0.209$ **…危険率 $1\,\%$ 以下で有意 $-\dots$ 危険率 $5\,\%$ 以下で有意でない

付表11 年令別における貝殼乾燥重量の貝水中重量に対する回帰 と相関データおよび共分散分析 ('65年7月12日)

年 令		T 2	V V	3 77 0		b	推定の誤差			
	f	$\mathit{\Sigma}x^{\scriptscriptstyle 2}$	$\Sigma x \Sigma y$	Σy^2	r		f	平方和	平均平方	
2	30	10.7872	17.1103	29.0562	0.966**	1.5861	29	1.9166		
3	28	31.9444	51.5878	84.9643	0.990**	1.6149	27	1.6542		
4	31	97.1723	153.1392	242,2870	0.998**	1.5759	30	0.9473		
5	30	113.5272	181.5066	290,6229	0.999**	1.5988	29	0.4320		
6	30	83,0618	129.7103	206.3500	0.990**	1.5616	29	3.7931		
年 内							144	8.7432	0.0607	
回帰係数							4	0.1011	0.0252	
共通の	149	336.4929	533.0542	853.2804	0.994	1.5841	148	8.8443	0.0597	
修正平均							4	0.5406	0.1351	
全 体	153	2851.9938	4494.2759	7091.6288			152	9.3849		

 $b\!=\!1.5841$ $r\!=\!0.994$ $\hat{S}_{D}\!=\!1.5841W\!-\!0.019$ **…危険率 1 %以下で有意 - …危険率 5 %以下で有意でない

付表12	年令別における貝肉空中重量の貝水中重量に対する回帰
	と相関データおよび共分散分析 ('65年6月14日)

<i>F</i>	^	c	Σx^2	V V	NI 2		1	推定の誤差			
年	令	f		$\Sigma x \Sigma y$	Σy^2	r b	f	平方和	平均平方		
	2	28	8.3214	10.1095	17.3101	0.842** 1.2148	27	5.0284			
3	3	29	11.2753	7.0185	51.8326	0.290- 0.6224	28	8.1453			
4	1	29	52.1979	47.9728	118.2513	0.610** 0.9190	28	74.1619			
	5	29	103,4140	66,4175	146.5571	0.539** 0.6422	28	103.9012			
-(5	28	134.6659	73.4377	177.6782	0.474** 0.5453	27	137.6305			
年	内						138	328.8673	2.3830		
回帰	係数						4	47.2008	11.8002**		
共 ii	重の	143	309.8745	204,9560	511.6293		142	376.0681	2.648		
修正	平均						4	183,2800	45.820**		
全	体	147	3338,5589	3043.0644	3333.0720		146	559.3481			

但し3年生貝を除く b=0.6629 r=0.534 $\hat{\mathbf{M}}$ =0.6629W+4.468 **…危険率1%以下で有意 - …危険率5%以下で有意でない

付表13 年令別における貝肉空中重量の貝水中重量に対する回帰 と相関データおよび共分散分析 ('65年7月12日)

-		. V. 2		77.0		ь	推定の誤差			
年 4	f f	$\sum x^2$	$\Sigma x \Sigma y$	Σy^2	r		í	平方和	平均平方	
2	30	10.7872	9.7875	16.0114	0.744**	0.9073	29	7.1311		
3	28	31.9444	25.5377	61.7089	0.575**	0.7994	27	41.2931		
4	31	97.1723	70.5239	125.2836	0.534**	0.7258	30	74.1002		
5	30	113.5272	92.3477	222,7373	0.580**	0.8134	29	147.6180		
6	30	83.0618	43.5840	01,6310	0.474**	0.5247	29	78.7621		
年 P	4						144	348.9045	2.4229	
回帰係数	女						4	4.7412	1.1853-	
共通の	149	336.4929	241.7808	527.3722	0.573	0.7185	148	353.6457	2.389	
修正平均	自						4	177.6560	44.414 **	
全位	153	2851.9938	2437, 2975	2614,2021			152	531.3017		

 $b\!=\!0.7185$ $r\!=\!0.573$ $\hat{M}\!=\!0.7185W\!+\!3.175$ **…危険率 $1\,\%$ 以下で有意 - …危険率 $5\,\%$ 以下で有意でない

付表14 年令別における貝肉乾燥重量の貝水重量に対する回帰と 相関データおよび共分散分析 ('65年7月12日)

/T:	^	_	$_{ m f}$ Σx^2	V V	V		1	推定の誤差			
年	令	令 f		$\Sigma x \Sigma y$	Σy^2	r	ь	f	平方和	平均平方	
2	2	30	10.7872	1.3179	0.3496	0.678**	0.1222	29	0.1886		
;	3	28	31.9444	6.6145	2.4117	0.753**	0.2071	27	1.0422		
4	4	31	97,1723	10.6598	2.5755	0.673**	0.1097	30	1.4063		
	5	30	113.5272	10.5771	3.2321	0.552**	0.0932	29	2.2468		
. (5	30	83.0618	8,2525	2.6221	0.559**	0.0994	29	1.8027		
年	内							144	6.6866	0.0464	
回帰	係数							4	0.3427	0.0856^{-}	
共通	直の	149	336.4929	37.4218	11.1910	0.609	0.1112	148	7.0293	0.0474	
修正	平均							4	3.8689	0.9672**	
全	体	153	2851.9938	286.6243	39.7038			152	10.8982		

b=0.1112 r=0.609 \hat{M}_{D} =0.1112W+0.337 **…危険率 1 %以下で有意 - …危険率 5 %以下で有意でない

学会誌発表論文

ON THE ANATOMY AND FUNCTION OF STOMACH OF JAPANESE PEARL OYSTER, PINCTADA MARTENSII (DUNKER)

Yukimasa Kuwatani

日本水産学会誌
第三十一巻第三号別刷
昭和四十年三月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries Vol. 31, No. 3, March 1965.

ON THE ANATOMY AND FUNCTION OF STOMACH OF JAPANESE PEARL OYSTER, PINCTADA MARTENSII (DUNKER)*

Yukimasa Kuwatani** (Received July 13, 1964)

The anatomy and function of the stomach of lamellibranchs have been studied by a number of workers (Yonge¹⁶⁻¹⁸⁾, Owen^{9,10)}, Purchon¹¹⁻¹⁴⁾, Nakazima⁴⁻⁶⁾ and others), and of the Family Pteriidae Purchon¹²⁾ took up *Pinctada vulgaris* representing the family. Nakazima⁷⁾ working on *Pteria maxima*, *Pinctada martensii* and *Aterina japonica*, as less specialized species in Pelecypoda, described differentiation of the organ among these species. Those authors, however, have not gone in details as to animal-food materials and the function and physiology of food selection, digestion, etc. of the digestive organ. Our knowledge on *P. martensii* and most of pseudolamellibranchs in this respect is by no means adequate as far as the literatures came across are concerned. The present study, under such circumstances, has been started to make clear the problems on *P. martensii*, which is one of the most valuable species of molusk in the fisheries industry of Japan.

The writer wishes to express his deep gratitude to Mr. Sigeru Ota, Chief of National Pearl Research Laboratory, who provided the present study as his research project in the laboratory, and to Dr. Masao Nakazima, Professor of Tokyo University of Education, who was generous to supply the kind suggestions. Also, the writer is indebted to Dr. Katsuzo Kuronuma, Assistant Professor of Tokyo University of Fisheries, for his kind and careful correction of the manuscript. Messrs. Haruhiko Uemoto and Akira Machii are herewith recorded with his high appreciation in their sincere help given to his laboratory work.

Materials and Methods

The test animals used in the present study, 8-10 cm. in the hight of shell, had been reared at nursery bed at Tatokujima station of the laboratory and were collected from November, 1963 to May, 1964. The gross anatomy of the stomach was made on fresh animals and those preserved in 10% formalin solution; the detail of the stomach structure was studied from mold of the organ impressed on methacrylic acid resin. The histological study of the organ was based on the materials which were fixed in 10% formalin and Bouin's solution, sectioned by means of parafin or frozen methods, and stained with Ehrlich's haematoxylin-eosin or Heidenhain's iron-haematoxylin. The ciliary currents in the organ were observed by the aid of carmine, India ink

^{*} Contribution No. 130 from National Pearl Research Laboratory.

^{**} Natl. Pearl Res. Lab. (桑谷幸正,国立真珠研究所).

and fine sand suspension.

Anatomy of the stomach

The anatomical features of the Japanese pearl oyster are described herewith from the materials studied by the aid of illustrations (Figs. 1, 2 and 3).

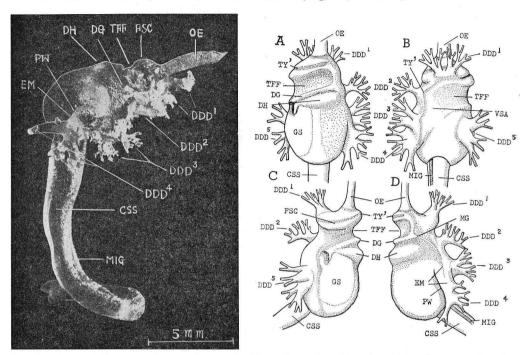


Fig. 1. Cart of the stomach manufactured with methacrylic acid resin and its diagrammatic view from each side. A: dorsal face, B: ventral face, C: left lateral face, D: right lateral face. For abbreviations used throughout all figures see text.

The lumen of the stomach is divided into anterior and posterior parts, separated by an unusually large, typical fleshy fold (TFF). The anterior part is again divided into dorsal and ventral regions by an anterior fold (AF) which ridges on the anterior wall of the stomach.

The dorsal region consists of an orifice of the oesophagus (OE), a non-ciliated smooth area (SM) surrounding the orifice and a tongue of the major typhlosole (TY') accompanied on each side by intestinal groove (IG, IG'). The tongue and the two grooves are led to the posterior part on the ventral region of the anterior part. From the postero-ventral to the right side of the region, there is a marginal goove (MG), drawing a boundary between the region and the posterior part of stomach; the typical fleshy fold (TFF) forms the posterior wall of the region. The dorsal region connects with the ventral region in a caecum (FSC) which projects from the left wall of the anterior part of stomach. The caecum has been named the food-sorting caecum by many workers.

On the ventral region there is found a group of two or three mouths (four or five orifices of branch ducts are seen in this opening) of ducts from the disgetive diverticula (DDD¹, anterior opening of ducts), the tongue of major typhlosole accompanied on each side by intestinal groove and the rejection tract (RT') after-mentioned.

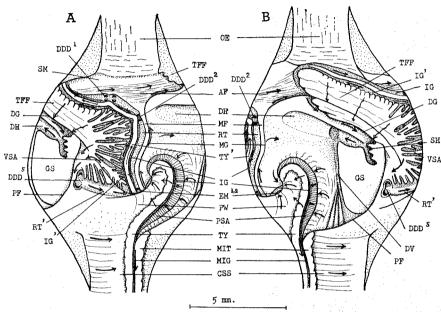


Fig. 2. View of interior of the stomach after opening it by a median incision in the dorsal roof and posterior wall (A), and ventral floor (B), from the oesophagus to the mid-gut. Arrow used throughout all figures indicates the direction of ciliary current.

In the anterior part of the stomach there is the absence of a ciliated sorting area of ridges and grooves on the anterior face of the food-sorting caecum, between the oesophagual orifice and the tongue of typhlosole, which feature markes from much families of Pseudolamellibranchia. However, there are ciliated fine ridges on the anterior fold in parallel to its long axis, and ciliated rough ridges on the anterior face of the typical fleshy fold transversely to its long axis. The cilia on the anterior fold beat towards the marginal groove of the right wall, and those on the tipical fleshy fold beat towards the dorsal groove across over it. And further, the cilia in the dorsal groove beat from the marginal groove along the posterior side of the typical fleshy fold towards the stirring hollow (SH) abutting on the dorsal side of the gastric shield (GS).

The posterior part of the stomach is divided into ventral and dorsal regions, bordered by the swelling right-posterior wall and the gastric shield (GS) on the left wall of the stomach.

In the ventral region, the following portions are arranged chiefly; typical fleshy fold (TFF) and ciliated food-sortig area (VSA) covering its basal part, partition wall

(PW) arising from the posterior floor and stretching on the right wall of the stomach, major typhlosole (TY) and its tongue (TY') accompanied on each side by the intestinal groove (IG, IG') and extending to the caecum of the anterior part of the stomach, and openings of crystalline style sac (CSS) and mid-gut (MIG) leaving the posterior

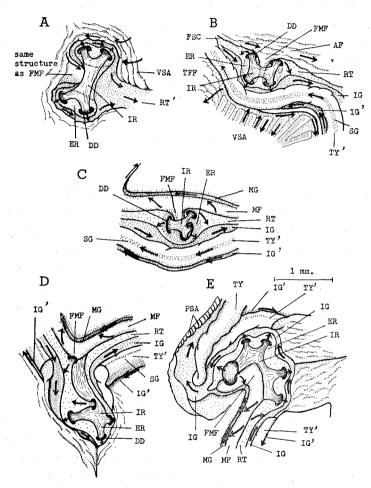


Fig. 3. View of the openings of ducts and embayments cut open towards the depth. A: left pouch, B: anterior opening, C: right-anterior opening, D: first embayment, E: second embayment.

floor. The major typhlosole (TY) forming the right edge of the partition wall (PW) and the posterior intestinal groove (IG) forming the outer moat of the wall turn downwards into a deep embayment (EM², second embayment) formed on the anterior side of the wall, in which receive five or six ducts from the digestive diverticula (DDD⁴). The tongue (TY′) arising from the major typhlosole in the second embayment emerges from this embayment, and turns back into the first embayment (EM¹) lying nearer to the left pouch. In the first embayment there are five orifices of the

ducts from the digestive diverticula (DDD³). Emerging from the first embayment the tongue of typhlosole and intestinal grooves pass further forwards along the ventral margin of the right wall of the stomach, and then bend sharply to the left at the point opening a mouth (three orifices of the branch ducts) of ducts from the digestive diverticula (DDD², right-anterior opening of ducts). They pass transversely to the left past in front of the anterior opening of ducts (DDD¹) and then upwards into the food-sorting caecum in the anterior part of the stomach. The ciliary current in the intestinal grooves passes forwards from the origin of the left groove (IG′) in the second embayment to the food-sorting caecum, and turns round the apex of the tongue of typhlosole and then flows into the mid-gut by way of the right groove (IG).

The tongue of typhlosole is doubled up in front of each opening of the ducts and in the embayments, and on summit of the tongue there is a longitudinal groove (SG, summit groove) in which cilia beat towards the apex of the tongue. Consequently the ciliary current in the summit groove is poured into the openings of ducts and the embayments at the doubling points of the tongue. On the right or anterior side of the right intestinal groove from the second embayment to the food-sorting caecum there is a longitudinal ciliated tract distinguished from the intestinal groove by the difference of their surface structures, which is named the rejection tract (RT) from its function. The tract connects with the ciliated exhalant region (ER) of the ducts from the digestive diverticula. The cilia on the tract beat transversely towards the right intestinal groove. It is presumed that the tract is a variety of the food-sorting area observed on the right-anterior side of the right intestinal groove in many families of Pseudolamellibranchia. A fold (MF, marginal fold) is on the ventral side of the right wall of the stomach and along the right-anterior side of the rejection tract, which arises from the anterior fold and terminates in the second embayment. The marginal fold inserts its short flares (FMF) into the openings of ducts and the embayments, and the flares connect with the non-ciliated and flame-like structured inhalant region (IR) in the ducts. There is a groove between the marginal fold and the right wall of the stomach, and it connects with the above-mentioned marginal groove (MG) forming the right-posterior margin of the anterior part of the stomach.

A pouch (LP, left pouch) on the ventral side of the gastric shield is shallow and extended in which open two mouths (four orifices of the branch ducts) of ducts from the digestive diverticula (DDD⁵). The ciliated rejection tract (RT') from the left pouch connects with the left intestinal groove at the left exit of the first embayment, on which cilia beat towards the groove.

The ventral food-sorting area (VSA) is surrounded with the left intestinal groove extending from the first embayment to the food-sorting caecum, the rejection tract from the left pouch and the gastric shield. The area consists of a series of ciliated ridges and grooves radiating outwards from the mouth of left pouch and from the anterior side of the gastric shield. The cilia on these ridges beat towards the mouth

of left pouch and the anterior side of the gastric shield, while cilia in these grooves beat towards the left intestinal groove.

On the dorsal region of the posterior part of the stomach the following portions are arranged chiefly; typical fleshy fold (TFF) forming the boundary from the anterior part of the stomach, gastric shield (GS) taking a broad space on the left-posterior roof, dorsal hood (DH) and stirring hollow (SH) traversing the roof in association of them, posterior fold (PF) rounding the posterior wall of the stomach and posterior food-sorting area (PSA) on the swelling right wall surrounding the right side of the partition wall. The gastric shield (GS) of cuticule is divided into dentate (TGS) and membranous (MGS) parts by a slit, and the mouth of the stirring hollow (SH) situated on the just dorsal side of the gastric shield is invested by the lobes (LGS) projecting on each side of the slit. The stirring hollow connects with the dorsal groove (DG) and the non-ciliated dorsal hood (DH) which is a broad groove crossing the roof. The posterior part of the roof takes the form of longitudinal valley made by the membranous part of the gastric shield and the swelling right posterior wall when viewed from the ventral side of the stomach. So the portion is named the dorsal valley (DV). The valley starts from just behind of a middle hollow of the dorsal hood and connects with the foot of the posterior fold (PF). The posterior fold extends from the dentate part of the gastric shield to the minor typhlosole (MIT) rounding the posterior wall of the stomach. The bottom of the valley is branched off by several folds in its end part. The cilia in those portions are likely to beat backwards but much slowly.

Along the posterior intestinal groove (IG) surrounding the right side of the partition wall, there is a distinguished food-sorting area (PSA, posterior food-sorting area) consisting of a narrow belt of transverse ciliated fine ridges and grooves. In the grooves the cilia beat down to the intestinal groove while on the ridges the cilia beat up towards the swelling posterior right wall. In addition, on the swelling posterior right wall along the sorting-area there are rough ridges and grooves on which cilia beat in two directions mainly towards the sorting-area and the posterior fold.

Consideration

Function of the stomach noted below was deduced from the observation on ciliary current in the fresh stomach and the current presumed from the distribution of food particles found in the sectioned tissue (Fig. 4). The fresh food materials entering the stomach are transported directly from the oesophagus into the dorsal groove across the typical fleshy fold, or are gathered by the ridges on the anterior fold and then carried upwards in the marginal groove. In this process, the non-food materials like sand particles is believed to be settled directly on the intestinal grooves lying between the oesophagual orifice and typical fleshy fold, and then conveyed to the

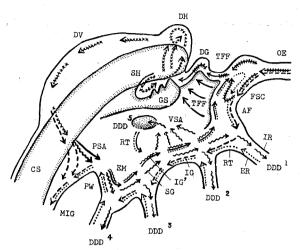


Fig. 4. Diagrammatic representation of the probable circulation of material within the stomach of *Pinctada martensii*, probably most of Pseudollamellibranchia. Each arrow indicates a direction of the ciliary current with food materials as following state. ← | − | − | − |: fresh materials, ←×××: food materials being mixed with the sol of caystalline style, ← − : indigestible materials and corse particles, ← − : undigested materials, ← → □: digeste dfoodstuffes and fine particles, ← − : waste materials.

posterior end of the stomach. The materials entering the dorsal groove are conveyed into the stirring hollow invested by the lobes of gastric shield (Fig. 5). Judging from

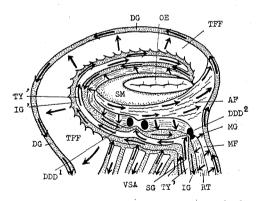


Fig. 5. Diagrammatic representation of the structures and ciliary current's direction on the anterior part of the stomach.

the direction of ciliary current on the inner face of the crystalline style sac and from the current interpreted from the distribution of food particles in the sectioned stomach tissue, the crystalline style seems to conduct a continuous rotary motion in anticlockwise viewed from the posterior end of stomach. It is apparent that the crystalline style by drawing an arc from the sac comes into contract with both of teeth and left-anterior part of membraneous gastric shield, and the style is grazed mechanically by the teeth. Judging from the sectioned sample, the

food materials conveyed from the dorsal groove are believed to be mixed with the sol of crystalline style in the stirring hollow at first, then in the dorsal hood (Fig. 6).

The samples fed by substantial carmine in the diet were fixed immediately in

formalin at every given hour. Majority of the carmine was stored immediately, though temporarily in the posterior roof of the stomach, and consumed in later hours (the details will be published in separate report). It is thus presumed that the food

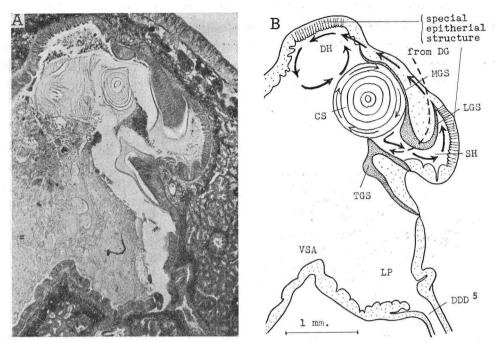


Fig. 6. A: section through the gastric shield, stirring hollow and dorsal hood of the stomach.

B: diagrammatic representation of the probable currents of food materials in there.

materials mixed with the sol of crystalline style in the dorsal hood are pushed and stored temporarily in the dorsal valley, while the digestion of the materials by the enzyme of the style is continued. The food materials are sorted by the cilia on the end part of the dorsal valley, the swelling posterior right wall and the posterior foodsorting area, successively. Indigested materials and coarse particles are conveyed towards the intestinal groove or mid-gut by way of the anterior foot of the posterior fold, while digested materials and fine particles are drifted into the second embayment over or round the partition wall. The later in further conveyed towards the food-sorting caecum by the strong ciliary current on the summit of and on the left side of the tongue of typhlosole (Fig. 7). In this way, owing to the ciliary action of the tongue of typhlosole doubled up in front of the anterior and right-anterior openings of ducts and in the embayments, the food materials running on the summit groove are poured into these parts in which open the ducts from the digestive diverticula. The food materials entering these parts are not absorbed directly into the ducts, but whirled with vortices formed by ciliary beating on the flare from the marginal fold. A part of the materials then is absorbed into the duct by inhalant counterpart current on the center of its orifice. It is also apparent that there is no

ciliary current on the region of flame-like structure corresponding to the inhalant region in the ducts, when the openings of ducts and embayments are opened. As a result, it is possible to pressume that the inhalant current in the duct is produced by the lower pressure arising by exhalant current in the smooth region of the duct. While, the rest are conveyed out of the marginal groove by the ciliary current of the marginal fold or come back to the left intestinal groove. The waste materials excreted from the duct by its exhalant current are carried into the right intestinal groove by the ciliary beating of the rejection tract, and then evacuated to the mid-gut along the groove (Fig. 8). The food materials running on the left side of the tongue

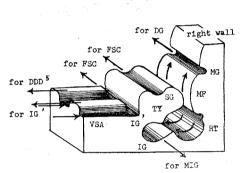


Fig. 7. Diagrammatic representation of the structures and ciliary currents in the tongue of major typhlosole and its environs in the middle of the ventral floor.

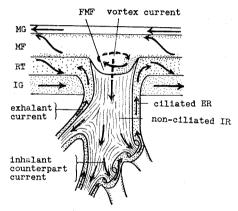


Fig. 8. Diagrammatic representation of the structures and ciliary currents in the opening of duct from the digestive diverticula.

of typhlosole are selected out on the ventral sorting area, and fine particles of the materials carried toward the left pouch by cilialy currents of its folds, while the coarse particles towards anterioly for the dorsal groove across the typical fleshy fold. The waste materials from the left pouch are conveyed to the left intestinal groove by way of the ciliary rejection tract. An attempt was made without success to trace in the present study whether the waste materials are carried either into the dorsal digestive circle or into the riget intestinal groove around the tip of the tongue of typhlosole.

As mentioned above, the function within the stomach can be categorized into four: selection, digestion, absorption to the digestive diverticula and excretion. The selective action is performed succeessively in the order of seven portions: anterior face of the stomach including food-sorting caecum, folds and grooves in the rear part of the dorsal valley and on the swelling right-posterior wall, posterior food-sorting area, summit groove and left intestinal groove, ventral food-sorting area, and each opening of ducts together with the embayments and left pouch. The digestive action is executed mainly by the enzyme of the crystalline style on the dorsal roof, and further on the other process on the circulation in lesser extent. Of the absorption

by the digestive diverticula, the digested food is carried into the ducts through the following five portions: anterior opening and right-anterior opening of ducts, first and second embayments, and left pouch. As to the excretive action, the waste materials having been intermixed to the food materials and excreted from the ducts are carried into the intestinal grooves by way of the portions as follows: anterior face of the stomach, posterior food-sorting area with the ridges and grooves on the swelling right-posterior wall, rejection tract in each opening of ducts including the left pouch and embayments.

Discussion

The anatomy of the stomach

The main structural variations of the stomach between *Pinctada martensii*, and *P. vulgaris* described by Purchon¹²⁾, and the common structural features of these species in comparison with the other families of Pseudolamellibranchia are as follows.

- A. There are the following variations between the two.
- 1) In *P. vulgaris*, the major typhlosole enters a blind pocket on the right wall of the stomach. In the stomach of *P. martensii*, however, such a pocket was not found.
- 2) In *P. martensii*, the posterior food-sorting area was found distinctly on the right wall of the stomach. Yet, it is not described in *P. vulgaris* by Риксном¹²⁾.
- 3) In *P. vulgaris*, the tongue of typhlosole sends a small flare into the openings of anterior and right-anterior groups of ducts from the digestive diverticula. In *P. martensii*. in spite of the careful analysis, such a flare was found nowhere, though the tongue was doubled up in front of these openings.
- 4) In *P. vulgaris*, the left intestinal groove arises close by the left pouch and a rejection tract from the pouch lead to the origin of the groove. In *P. martensii* the groove, however, arises at the point coming the tongue from the major typhlosole in the second embayment, and the rejection tract connects with the way of the groove.
- 5) In *P. vulgaris*, on the left side of the anterior part of the stomach there is a curious wavy ridge which passes downwards from the region of the left corner of the oesophagual orifice to the anterior opening of ducts. In *P. martensii*, on a carful analysis, that sort of ridges was not found on this portion, but there are ciliated fineness ridges and grooves on the anterior fold running parallel with the long axis of the fold.
- 6) In *P. vulgaris*, the dorsal hood (this portion described by Purchon¹²⁾ may be the same as the stirring hollow included with the dorsal hood described in the present report) bears a small sorting area. In *P. martensii*, on the dorsal groove, stirring hollow, dorsal hood and these environs, there is nothing like a sorting area.
 - 7) Very little was described about the features of the dorsal roof in P. vulgaris

by Purchon¹²⁾, so it is impossible to compare the species with P. martensii in present study.

- B. They have the following portions in common.
- 1) The major typhlosole sends a "tongue" accompanied on its each side by the intestinal groove, deep into a food-sorting caecum on the left-anterior side of the stomach.
- 2) The intestinal groove arises outside the left pouch with which it communicates by a ciliated rejection tract.
- 3) The left pouch is shallow and extended, and ducts from the digestive diverticula open outside the hollow which is invested by the gastric shield.
- 4) There is no ciliated food-sorting area of ridges and grooves on the right or anterior side of the tongue of major typhlosole.
- 5) Some of the ducts open directly into the stomach, others are concentrated and open via the embayments formed by the partition wall.
- 6) The style sae and mid-gut are conjoined and leave the posterior floor of the stomach.

The function of the stomach

The mechanisms of digestion and absorption in *P. martensii* had not been examined by previous workers. Physiological functions of the organ were studied in the present study by pursuing mainly the ciliary currents in the fresh stomach, accompanied by the observation on the sections which was pressumed to show the distribution of food particles and current in the stomach. A deduced representation of the structural features of the stomach and the circulation of food materials in the stomach of *P. martensii* is given here.

Firstly, it was elucidated that the following portions on the dorsal roof take part in the digestive function of the stomach: the dorsal groove formed on the posterior side of the typical fleshy fold conveys the fresh food materials from the oesophagual orifice to the stirring hollow. The materials are mixed with the sole of crystalline style grazed by the teeth on gastric shield in the stirring hollow and dorsal hood, and stored in the dorsal valley. They are conveyed gradually toward the posterior sorting area, in which they are separated into digested and fine particles and indigestible and coarse particles.

The mechanisms of absorption towards and excretion from the ducts of digestive diverticula became more clearly by analyzing the structure and ciliary currents of the following portions. Some of the food conveyed into the opening of ducts and embayments from the summit groove on the tongue of typhlosole are drawn into the digestive diverticula by inhalant counterpart current in the center of duct orifice. The others left behind are carried towards the marginal groove by the ciliary movements of the marginal fold and anterior fold, then to the stirring hollow via the dorsal groove. The waste materials excreted from the ducts by exhalant current

on the rejection region in the duct are carried into the intestinal groove by the ciliary movement of the rejection tract, then conveyed towards the mid-gut.

The results reached by Mansour-Bek²⁾, Rosen¹⁵⁾ and George¹⁾ show that weak extracellular proteases and lipases are present in the stomach of the Lamellibranchia. Morton³⁾ suggested that the excretory spheres produced by the fragmentation of the tuble cells may contain proteases and liperses, and traces of these enzymes could be liberated into the stomach in this way. While Owen⁹⁾ described that such an explanation is improbable since the ciliary mechanisms of the stomach would appeare to prevent material carried by the intestinal groove from returning to the general circulation within the stomach. In this respect, judging from the present study on *P. martensii*, the waste materials carried out from the ducts of four groups in the right and anterior sides of the stomach appeared to be carried completely into the right intestinal groove by ciliary mechanisms of the rejection tract. However, it was uncertain whether or not the materials from the left pouch are carried again into the dorsal digestive circle in the stomach. If extracellular proteases and lipases do exist in the stomach, it may possible that these enzymes included in the exhaling materials from the left pouch return into the general circulation.

Summary

- 1. The internal features and mechanisms, selection, digesition, absorption to the digestive diverticula and excretion relating to the stomach of Japanese pearl oyster. *Pinctada martensii*, were investigated.
- 2. The main structural variations of the stomach between P. martensii investigated in the present study and P. vulgaris described by $Purchon^{12}$, and the common structural features of these species in comparison with the other families of Pseudolamellibranchia were confirmed.
- 3. A diagrammatic representation of the features and the circulation of food materials in the stomach were given.
- 4. It was found that the portions on the dorsal roof of the stomach take part in the digestive function of the stomach. And the mechanisms of absorption towards and excretion from the ducts of digestive diverticula became clear by analyzing of the structural features and the ciliary currents in the openings of ducts and embayments.

References

- 1) GEORGE, W. C.: Biol. Bull., 102, 118 (1952).
- 2) Mansour-Bek: Enzymologia, 12, 221 (1948).
- 3) MORTON, J. E.: Quart. J. Micr. Sci., 92, 1 (1951).
- 4) NAKAJIMA, M.: Jap. Tour. Zool., 11 (4), 469 (1956).
- 5) : Jour, Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool., 13, 271 (1957)
- 6) ————: Venus, 20 (1), 101 (1958a).

7)	NAKAJIMA M.: Venus, 20 (2), 197 (1958b).
8)	———: Venus, 20 (4), 356 (1959).
9)	OWEN, G.: Jour. Mar. Biol. Aso. U.K., 32, 85 (1953).
10)	: Jour. Sci., 96 (4), 517 (1955).
11)	Purchon, R.D.: Proc. Zool. Soc. Lond., 127 (4), 511 (1956).
12)	: Proc. Zool. Soc. Lond., 129 (1), 27 (1957).
13)	————: Proc. Zool. Soc. Lond., 131 (4), 487 (1958).
14)	: Proc. Zool. Soc. Lond., 135 (3), 431 (1960).
15)	Rosen, B.: Ark. Kemi., 1, 205 (1949).
16)	Yonge. C. M.: Trans. Roy. Soc. Edinb., 54, 703 (1926a).
17)	
18)	: Oysters, London, (1960).

STUDIES ON THE MINERALIZATION OF THE CALCIFIED TISSUE IN MOLLUSCS—X. HISTOCHEMICAL DETERMINATION OF THE NATURE OF ACID MUCOPOLYSACCHARIDE IN ORGANIC CRYSTALS.*

Koji Wada** (Received October 6, 1964)

It has been known that acid mucopolysaccharides, assumably complex with protein, are located in both calcifying and calcified tissues of molluscs (Abolins-Krogis 1958, 1963b, Simkiss 1963, and Wada 1964b, c), as in cartilage, bone and teeth of vertebrates (Logan 1935, Sylvén 1947, Follis and Berthrong 1949, Heller-Steinberg 1951, Lorber 1951, Pritchard 1952, Bevelander and Johnson 1955, Irving 1960, and Yoshiki and Kuwana 1964), and crayfish gastrolith and exoskeleton (Travis 1960, The calcification of regenerating membrane of the Helix shell damaged appears to advance by mineralizing of organic crystals, which mainly consist of mucopolysaccharides and protein, formed on organic matrix (Abolins-Krogis 1963b). Further, Wada (1964a, b) has demonstrated in radioautographs that 45Ca are selectively fixed in and on metachromatic substance and localized concentrically in organic crystal and mineral one, and indicated that non-mineralized tissues such as some cuttlefish shell, periostracum and intraprismatic conchiolin of prismatic layer are orthochromatically stained with toluidine blue solution, whereas mineralized regions such as nacre, calcitostracum and interlamellar sheet in prismatic layer are metachromatically stained, in Bivalvis, Gastropoda and Cephalopoda.

In biological mineralization, the possible roles of acid mucopolysaccharides and protein have been discussed by Rubin and Howard (1951), Sobel (1952, 1955), Newman et al. (1952), Newman and Newman (1958), and Glimcher (1960) for mineralized tissues of mammalian. However, it has been not well known whether the occurrence of metachromasia in molluscan shell matrix is due to the carboxyl, phosphate or sulfate radicals. To exploring the nature of the metachromatic substance in mineralizing and mineralized tissues seems to be much significant with special reference to the mechanism of high concentration and selective fixation of Ca ions or complex on and in the calcifying matrices of molluscan shells. The nature of acid mucopolysaccharide accumulated in organic crystals will be histochemically identified in this paper.

Materials and Methods

Pinctada martensii, Pinna attenuata, Mytilus edulis, Ostrea gigas and Chlamys nobilis were used as an experimental animal and collected from the Tatokujima water in Ago Bay, Japan. Glass coverslips placed between mantle and shell valve

^{*} Contribution No. 131 from Natl. Pearl Res. Lab.

^{**} National Pearl Research Lab. (和田浩爾 国立真珠研究所).

in the same way as reported in the preceding paper³²⁾ were removed at various intervals and fixed in either absolute alcohol or 10% neutral formalin.

Without sectionings and decalcifyings, the preparation of these coverslips was directly made by one of the following staining methods; (1) hematoxylin-eosin, (2) van Gieson, (3) azan, (4) von Kossa, (5) periodic acid-Schiff before and after salivary digestion, (6) alcian blue 8G (pH 2.2)¹⁴⁾, (7) 0.05% toluidine blue (pH 2.5, 4.1 and 7.0), (9) 0.01% toluidine blue (pH 3.4) adding 1 mEq and 100 mEq concentrations of uranyl nitrate and barium nitrate as a competitor¹⁴⁾, and (9) 0.05% toluidine blue solution (pH 7.0) after methylation for 4 hours to 4 days and after subsequent saponification.¹⁴⁾

Results

As has been reported on the above-mentioned marine bivalves in the preceding paper³²⁾, the organic crystals develop in not only round (Figs. 2 and 4) and boat-like shapes (Figs. 3 and 4) but also various ones (Fig. 1), and are purple with hematoxylin-

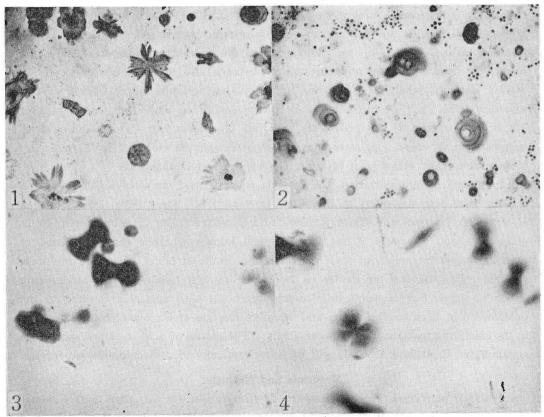


Fig. 1. Hematoxylin-eosin staining. Organic crystals with various shapes found in P. martensii. $\times 90$. Fig. 2. Azan staining. Round organic crystals with concentric patterns of P. martensii. Small grains are wandering cells. $\times 90$.

Fig. 3. PAS staining. Boat-like organic crystals of *P. martensii*. ×500.
Fig. 4. Toluidin blue staining. Note organic crystals in intense metachromasia. ×500.

Table 1. Data showing staining and histochemical reactions of organic crystals found in several marine bivalves.

Materials Elements	P. martensii	P. attenuata	$M.\ edulis$	$O.\ gigas$	C. nobilis
Hematoxylin-eosin	purple	purple	purple	purple	purple
Van Gieson	red	red	red	red	red
Azan	blue	blue	blue	blue	blue
Von Kossa	-~+	-~+	-~+	-~+	-~+
PAS	+	+ .	. +	+	+
PAS after salivary digestion	+	+	+ .	+	+
Alcian blue (pH 2.2)	+	+	+	+	+
Metachromasia with toiuidine blue pH 2.5	+	+	+	+	+
pH 4.1	+	+	+	. +	+ '
pH 7.0	+	+	+ .	+	+
metachromasia with toluidine blue pH 3.4	+	. +	+ .	+	+
metachromasia containing 1 mEq UO2(NO3)2	+	. +	+	+	+
metachromasia containing 100 mEq UO2(NO3)2	_	+	_	_	
metachromasia containing 1 mEq Ba(NO ₃) ₂	+	+	+ .	+ '	+
metachromasia containing 100 mEq Ba(NO ₃) ₂		+		_	_
Stainability and metachromasia after methylation	_		_. –	_	
Stainability and metachromasia after methylation	•				
and saponification	-	_		-~+	-~+

eosin, red with van Gieson's staining and blue with azan staining. The properties obtained with these staining suggest that collagen-like protein presents in the organic crystals. In addition the periodic acid-Schiff's reaction stains the organic crystals similarly light-pink before and after salivary digestion, indicating the presence of mucoprotein or glycoprotein. The metachromasia of the organic crystals with tolutidine blue solution of pH 2.5 and 3.4 does not seem to be due to the carboxyl group of acid mucopolysaccharides.

Alcian blue 8G (pH 2.2) stains the organic crystals greenish blue, and it is evident that the organic crystals are unmineralized at the initiation of their formation by the use of von Kossa's method.

The metachromasia of the organic crystals which were stained with toluidine blue at the low pH value (pH 2.5) is unaffected by adding 1 mEq uranyl nitrate or barium nitrate to the pH 3.4 toluidine blue solution, in all bivalves used throughout this study. However, the metachromasia is extinguished with the solution containing 100 mEq of the nitrates except those in *P. attenuata* which are slightly metachromatic.

After methylation for 3~4 days, the stainability and metachromasia of the organic crystals are considerably or completely reduced, but are partly recovered in both O. gigas and C. nobilis after the treatment of subsequent saponification.

The results obtained are summarized in Table 1.

Discussion

The presence of polysaccharides in mantle, extrapallial fluid and shell organic matrices of molluscs has been histochemically or biochemically ascertained by many workers^{2),4),6),10),12),13),17),22),28-31)}. Horiguchi (1956) succeeded in the separation of sulfomucopolysaccharides from the mantle of some bivalves. In his paper strip electrophoresis on the extrapallial fluid of several bivalves, Kobayashi (1964) suggested that the fluid contains acid mucopolysaccharides bound with protein fractions. On the other hand, there are also polysaccharides in organic matrices of shells, and acid mucopolysaccharide in shell organic matrices^{22),28),31)} and organic crystals^{1),32)}. Further, Wada (1964) has observed that acid mucopolysaccharide is located in the organic matrices of calcified shell elements and shells but not in non-calcified ones. According to Abolins-Krogis's report (1958) about the regeneration of damaged snail shell, the acid mucopolysaccharide contained in the organic crystals appears to be in chondroitin sulfate type.

In the present study, some of histochemical techniques were used to identify whether the metachromasia is due to carboxyl, phosphate or sulfate group of acid mucopolysaccharides. That is, the metachromasia due to the carboxyl group is distinguishable from that due to the phosphate and sulfate groups, since the former will be extingished below the pH 3.4 of toluidine blue solution and recovered by subsequent saponification after methylation by which the metachromasia is ex-

tingished. While the metachromasia due to the phosphate group is possible to separate from that due to the sulfate group, since the former will be lost by addition of 1 mEq uranyl nitrate to the pH 3.4 toluidine blue solution. On the bases of the above conception, the acid mucopolysaccharide in the organic crystals, as is judged from Table 1, appears to be the sulfuric ester, and furthermore the occurrence of the metachromasia at the low value as pH 2.5 seems to suggest histochemically it to be corresponded to chondroitin sulfate type. But the organic crystals found in O. gigas and C. nobilis have a confusion which is caused by either of the following reasons; (1) the glass coverslip technique is obliged to use different specimens for each staining, or (2) acid mucopolysaccharides with carboxyl and sulfate groups coexist in the organic crystals of the two species with calcitic shell. Further study will elucidate this problem.

According to GLIMCHER (1960), the mucopolysaccharides have been assumed to be an inhibitor of mineralization in mammalian tissues. Considering the series of Wada's observations³⁰⁻³²⁾ on molluscan shell mineralization, it may probably suggest that the certain protein matrices without metachromatic substance are not involved with mineralization $in\ vivo$.

The author expresses his sincere thanks to Dr. Shusaku Yoshiki of the Department of Pathology, Tokyo Dental College, for his useful advices and guidance. Thanks are also extended to Mr. Akira Machii for his available discussions.

Summary

- (1) The nature of acid mucopolysaccharide in the organic crystals found in glass coverslip preparations of several marine bivalves was identified on the point of histochemical view.
- (2) It was considered that the acid mucopolysaccharide localized in the organic crystals is the sulfuric ester, probably chondroitin sulfate.

References

- 1) ABOLINS-KROGIS, A.: Acta Zool., 39, 19 (1958).
- 2) ——: Arkiv. Zool., 15, 461 (1963a).
- 3) ——: Acta Univ. Upsaliensis, 20, 5 (1963b).
- 4) BEVELANDER, G. and BENZER, P.: Biol. Bull., 94, 176 (1948).
- 5) BEVELANDER, G. and JOHNSON, P.S.: Anat. Rec., 108, 1 (1950).
- 6) DURNING, W. C.: J. Bone and Joint Surg., 3A, 377 (1957).
- 7) Follis, R. H. and Berthrong, M.: Bull. Johns Hopk. Hosp., 85, 281 (1949).
- 8) GLIMCHER, M. J.: in "Calcification in Biological Systems" Amer. Assoc. Advance. Sci., 64, 421 (1960).
- 9) Heller-Steinberg, M.: Amer. J. Anat., 89, 347 (1951).
- 10) HORIGUCHI, Y.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 22, 463 (1956).
- 11) IRVING, J. R.: Clin. Orthopaedies, 17, 92 (1960).
- 12) KADO, Y.: J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, 14, 243 (1953).
- 13) Kobayashi, S.: Biol. Bull., 126, 414 (1964).

- 14) LISON, L.: "Histochemie et Cytochemie Animales. Principes et Methodés (3e éd)" Paris (1960).
- 15) LOGAN, M. A.: J. Biol. Chem., 110, 375 (1935).
- 16) LORBER, M.: Anat. Rec., 111, 129 (1951).
- 17) NAKAHARA, H.: Bull. Natl. Pearl Res. Lab., 8, 871 (1962).
- NEUMAN, W. F., BOYD, E. S. and FELDMAN, I.: Metabolic Interrelations. Josiah Macy, Jr. Foundation, New York. 4, 100 (1952).
- NEUMAN, W. F. and NEUMAN, M. W.: "The Chemical Dynamics of Bone Mineral" Univ. Chicago press (1958).
- 20) PRITCHARD, J. J.: J. Anat., 86, 259 (1952).
- RUBIN, P. S. and HOWARD, J. E.: Metabolic Interrelations. Josiah Macy, Jr. Foundation, New York. 4, 113 (1952).
- 22) SIMKISS, K.: in "Physiology of Mollusca (vol. I)" Acad. Press. New York (1964) (cited by WILBUR).
- SOBEL, A. E.: Metabolic Interrelations. Josiah Macy, Jr. Foundation, New York. 4, 113 (1952).
- 24) _____: in "Recent Advances in the Study of the Structure, Composition, and Growth of Mineralized Tissues" (R. W. MINER, ed.), Ann. New York Acad. Sci., 60, 713 (1955).
- 25) SYLVÉN, B.: J. Bone and Joint Surg., 29, 973 (1947).
- 26) TRAVIS, D. F.: in "Calcification in Biological Systems" (R. F. SOGNNAES, ed.), Amer. Assoc. Advance. Sci., Washington, D. C. (1960).
- 27) : in "Comparative Biology of Calcified Tissue" (H. E. WHIPPLE, ed.), Ann. New York Acad. Sci., 109, 177 (1963).
- 28) TSUJII, T.: Bull. Biogeog. Soc. Japan, 16-19, 88 (1955).
- 29) : J. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie, 5, 1 (1960).
- 30) WADA, K.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30, 465 (1964a).
- 31) ——: Bull. Natl. Pearl Res. Lab., 9 (1964b) (printing).
- 32) : *ibid.*, **9** (1964c) (printing).
- 33) Yoshiki, S. and Kuwana, Y.: Bull. Tokyo dent. Coll., 5, 1 (1964).

炭素粒子投与によるアコヤガイの摂餌機構の解明*

桑 谷 幸 正 (1965年7月7日受理)

A STUDY ON FEEDING MECHANISM OF JAPANESE PEARL OYSTER, *PINCTADA MARTENSII* (DUNKER), WITH SPECIAL REFERENCE TO PASSAGE OF CHARCOAL PARTICLES IN THE DIGESTIVE SYSTEM.

Yukimasa Kuwatani**

The present study has been done to make clear the movement of food materials with the lapse of time in the alimentary system and the selection of the particle size at the external organs relating to feeding and the digestive organs. Yearling oysters, $4.5\sim5.5\,\mathrm{cm}$. in shell hight, were placed in sea water with suspension of powdered charcoal in a culture vessel, where water temperature was kept at $21\sim22^{\circ}\mathrm{C}$. Specimens removed at intervals of thirty minutes from the vessel were fixed in 20% formalin, sectioned according to the routine paraffin method and stained with eosin. Microphotographs were taken of preparation thus prepared and the size of charcoal particles existed in various parts of the alimentary system were determind with the photographs.

- 1. Changes of the particles in various regions of alimentary system with the lapse of time observed were shown in Fig. $1 \sim 8$.
- (a) Most of the fine particles carried to the stomach were coated by a mucus substance presumed to be originated from the crystalline style, forming a mucus grain, 1 or 2 hours after the end of feeding. The size of mucus grains measured $5 \sim 10 \,\mu$ in diameter (Fig. 2).
- (b) The mucus grains were transported into the tubule of digestive diverticula after 2 to 4 hours, most abundantly after 3 to 3.5 hours. The size of the particles phagocyted by the tubule cells was under 5μ in diameter (Fig. 3, 4).
- (c) Excretory spheres produced by the fragmentation of the tubule cells, enclosing the charcoal particles were found in the duct of digestive diverticula from 3 hours after feeding, the eize of the excretory spheres measuring $10 \sim 15 \mu$ (Fig. 5).
- (d) The quantity of the particles contained in the excrement reached the maximum 2.5 to 3.5 hours after feeding. The particles were greater in size till 3 hours after feeding, thereafter smaller particles gradually increased with time (Fig. 7, 8).
- 2. The size of the particles distributed in various parts of the alimentary system was measured with the following results.
- (a) A maximum size of the charcoal particles used measured $52.5\,\mu$ in length and $20\,\mu$ in width, and the largest of those taken into the oesophagus were $30\,\mu$ and $17.5\,\mu$ respectively. There seems to be a tendency that the smaller the size of particle of the material, the higher the rate of passage into the stomach from the surrounding water (Table 1, 2 and Fig. 9).
- (b) A maximum size of the particles transported into the tubules of digestive diverticula from the stomach measured $17.5\,\mu$ in length and $10\,\mu$ in width. There is also a tendency that the smaller the size of the particles, the higher the rate of transport into the tubule from the stomach. Those particles under $2.5\,\mu$ in length and those under the same size in width account for about 67% and about 75% of the particles transported in the tubules, res-

^{*} 国立真珠研究所業績第 133 号 (Contribution No. 133 from National Pearl Research Laboratory) ** 国立真珠研究所 (Natl. pearl Res. Lab.)

pectively (Table 2 and Fig. 9).

(c) The volume of particle inhaled was calculated on a theoretical cube $(\pi R^3/6)$ of length or width of particule measured, thus deriving two kinds of calculations. The observation showed a tendency that the greater the size of the particle, the greater the quantity of charcoal ingested within a limit of size selection of the animal. A similar tendency, however, was not recognized with those under $5\,\mu$ in both length and width in the tubule, which size is deemed to be an upper limit of the particles phagocyted in the tubule cell of digestive diverticula (Fig. 10).

二枚貝類の栄養摂取に関する摂餌、消化、吸収の各過程には多くの餌料選別機構が介在し、それぞれの過程および部位において粒子の大きさ、粒子の重さなどによる選別が行なわれている。まず、体外においては、外套膜縁の触手などの開閉、外套膜腔内での沈澱分離、鰓糸繊毛による大きさに対する選別、唇弁の開閉および繊毛による重さに対する選別などが挙げられ、つぎに体内においては、胃腔内の餌料循環回路の各部位における選別、消化盲嚢導管および同細管内での選別を挙げることができる^{8)9)12)16)18)など。しかしながらこれまでになされた二枚貝類の餌料に関する研究は、その大部分が胃に摂取され、あるいは直腸に残存する生物およびその残骸からそれらの種類および、大きさを同定計測したものであつて^{2)8)4)10)15)など、生息海水中の懸濁物質がどのような選別基準をもつて胃腔内に摂り入れられ、消化盲嚢導管および細管に送られ、さらに細管壁細胞内に摂取されるか、についてはほとんど研究されていない。}}

以上の理由により、今回、水槽飼育中のアコヤガイに炭素の粉末を投与して、摂取された炭素粒子の時間 的経過にともなう移動状態を観察し、さらに各部位に分布する粒子の大きさを計測し、本種の摂餌機構に関する二・三の知見を得たのでここに報告する。

本文に入るに先立つて、本研究の機会を与えられた国立真珠研究所々長 太田繁氏および論文の御校閲を いただいた東京水産大学助教授、黒沼勝造博士にあつく御礼申し上げる。

材料および方法

供試材料は三重県アゴ湾の国立真珠研究所多徳島臨海実験所の養殖場で前年(1963)の夏に採苗され、そして養殖された殼高 $4.5 \sim 5.5 \, \mathrm{cm}$ の満 $1 \, \mathrm{年生} \, \mathrm{r}$ コヤガイ $Pinctada \, martensii$ (DUNKER) 30 個で、これらの貝は実験 $2 \, \mathrm{日前に養殖場から水槽に移し、米・大豆の混合磨砕懸濁液を餌料^{<math>n$} として投与し、飼育馴化した。飼育装置は水量 $30 \, l$ の飼育槽と $18 \, l$ の海水および排水量 $12 \, l$ の砂をもつ沪過槽とからなり、それらの海水の沪過循環量は毎分平均 $0.6 \, l$ であつた。餌料の投与時間および炭素粒子投与実験中はそれらの損耗を防ぐために沪過循環を休止し、飼育水槽内の酸素補給と餌料および炭素粒子の沈下を防ぐため送気攪拌した。

1964 年 9 月 30 日,水槽中の供試貝に粉末炭素を投与し、その後一定時間ごとに標本を採取した。実験経過はつぎのとおりであつた。

9 時 45 分 混合餌料 50 mg を投与

10 時 15 分 粉末炭素 500 mg を投与

10 時 45 分 供試貝を新らしい海水の入つた水槽 (水量 30 l, 送気攪拌) に移し, 標本 2 個を採取, 混合餌料 50 mg を投与

11 時 15 分 標本 2 個を採取, 混合餌料 50 mg を投与

(以後 30 分経過するたびに、同上)

17 時 45 分 標本 2 個を採取

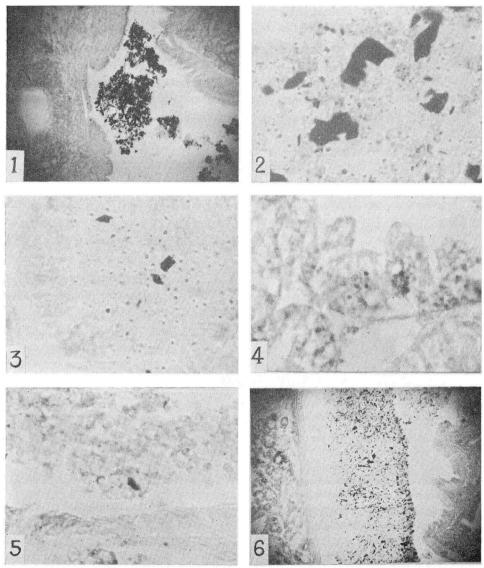
採取した標本はただちにその貝殼を除き、約1昼夜の間、20% フォルマリン溶液に浸し、その後さらに外套膜、鰓、唇弁および閉殼筋を除き、残りの内臓部を常法にしたがつて厚さ約 10μ のパラフィン切片とし、Eosin をもつて淡く染色した。閉殼筋と共に切り離された直腸内の排泄物は押し出して卵白アルブミン

を塗布したスライドガラスに拡げ、乾燥後バルサムをもつて封じた。

結果および考察

時間的経過にともなう炭素粒子の移動状態

水槽実験のため、供試個体数が少なく、またそれぞれの摂餌量にもかなり差異があるが、時間的経過にと



Figs. 1~6. Charcoal particles located in 6 parts of digestive system. 1, In the oesophagus orifices of the stomach immediately after feeding, $\times 30$; 2, in the stomach fine particles covered by mucus, $\times 500$; 3, in the tubule of the digestive diverticula, $\times 500$; 4, in the tubule cell, $\times 500$; 5, in the excretory sphares in the duct of digestive diverticula, $\times 500$; 6, in the asending portion of intestine, $\times 30$; 2~6. three hours after feeding, $\times 500$.

もなう炭素粒子の移動状態には著しい差は認められなかつた。 観察の結果はつぎのとおりである (Fig. 1~8)。なお、実験中の飼育水槽の水温は $21\sim22^{\circ}$ C であつた。

- (1) 炭素投与直後(投与終了時を基準とする。以下同様)の標本においても、大形の炭素粒子はすでに 腸および直腸内にかなりの量が送られているのが認められる。
- (2) 胃腔内に送られた炭素粒子は、炭素投与直後の標本では水中に懸濁したときと同様に裸の状態であるが、30 分後の標本では粘液状のものと混合せられ、1 時間後の標本では部分的に小形の炭素粒子を核とする粘液粒の分布がみられ、2 時間以上経過した標本では小形の炭素粒子はほとんど粘液によつて包まれているのがみられる。このような粘液は桿晶体が胃によつてけずられてできた半溶解物質で、胃腔内各部の繊毛の作用によつて餌料を核とした粘液粒を形成するものと推察される。粘液粒の大きさは直径 $5\sim10~\mu$ である (Fig. 2)。
- (3) 炭素粒子を核とする粘液粒が消化盲嚢導管を経て細管内においてみいだされるのは炭素投与後2時間以後であつて、その最盛期は没与後3時間から3時間30分の間である。細管壁細胞内に炭素粒子が摂取されているのが観察されるのも、同期であつて、細胞内に摂取されている粒の大きさはおよそ 5μ 以下である(Fig. 3, 4)。
- (4) Eosin で濃染せられる排泄球 (excretory sphare) の直径は,前述の粘液粒にくらべてやや大きく $10\sim15\,\mu$ である。数個の炭素粒子を含んだ排泄球が消化盲嚢導管内および胃腔内に顕著にみられるのは,炭素投与後 3 時間以後である (Fig. 5)。
- (5) 炭素投与後4時間以後の標本の胃および消化盲囊内の炭素粒子の分布量は急激に減少する。一方, 7時間を経過した標本においても極めてわずかではあるが炭素粒子を核とする粘液粒の分布がみられた。

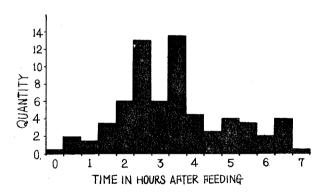


Fig. 7. Changes in volume of particles in the rectum with time after feeding. The volume was expressed by visual determination on two sample groups making the highest reading 10. The sum of the two samples shows the polygon.

(6) 直腸内に含まれる炭素の量は、 炭素投与後2時間30分~3時間30 分に最大を示し(Fig. 7)、それらの粒 子の大きさは、投与直後から3時間までは大形のものが主体を占め、その後、 時間の経過とともに次第に小形のもの の比が増加する傾向を示す。

以上の観察により水温 21~22°C に おける消化管内の餌料の移動状態はつ ぎのように推定される (Fig. 8):

体外部諸器官によつて選別され、食 道を通つて胃腔内に送り込まれた餌料 は桿晶体の半溶解物と混合せられ、桿 晶体に含まれる酵素によつて消化され ない大形の混入物はただちに、あるい は餌料が胃腔内を循環する間に各部位

で選別され腸に送られる。餌料のうち小形のものおよび消化分解せられて小形になつたものは,摂餌後 30分~2時間で,胃腔内循環中に各部位の繊毛の作用によつて桿晶体の半溶解物につつまれ, $5\sim10\,\mu$ の粘液粒を形成する。これらの粘液粒はさらに消化盲嚢導管内で選別され,摂餌後2時間以降,主として3時間~3時間半で細管内に送り込まれ,そのうち, $5\,\mu$ 以下のものが細管壁細胞によつて選別摂取される。細胞内に摂取された餌料のうち不消化物は,摂餌後3時間以降逐次に,細胞から放出される排泄球に含まれて,導管および胃腔内の腸溝 (intestinal groove) を経て腸へ排泄される。餌料に混入した大形不消化物は主として摂餌後2時間 30分~3時間 30分で,また消化盲嚢細管壁細胞から排泄される小形不消化物はそれ以降において直腸に到達する。

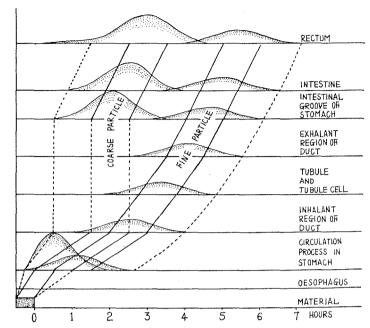


Fig. 8. Diagrammatic representation of the moving of food-materials with the lapse of time in the alimentary system of pearl oyster at $21 \sim 22$ °C.

各部位に分布する炭素粒子の大きさ

二枚貝の餌料に対する選別作業は前述のとおり、体外選別と体内選別とに分けることができる。餌料の大きさに対して体外の選別がどのような基準で行なわれているかは、投与した粉末炭素の原材料の粒子と食道内に摂り入れられた炭素粒子との大きさ別頻度分布を対比することによつて知ることができる。食道内の炭素粒子の測定は炭素投与直後の標本によつて行なつた。また、体内各部の選別基準を知るため、炭素粒子が細管に送り込まれる最盛期つまり炭素投与後3時間および3時間30分の標本について、胃・腸・消化盲嚢導管および細管に分布する炭素粒子の大きさ別頻度分布を調べ対比した。各部位に分布する粒子の大きさは、ユニオン光学検微鏡で800倍に拡大し、1部位について6~8視野のものを接写し、写真上で各粒子の長さと幅を測定した。

原材料と炭素投与直後の食道内および炭素投与後 $3\sim3.5$ 時間の各部位とにそれぞれ分布する粒子の大きさ別頻度を%でもつて示したのが Table 1, $a \cdot b$ である。 Table 1 から各部位における炭素粒子の大きさ別摂取率を求めるためには,それぞれの部位における頻度(%)を,体外選別の場合には原材料の,また体内選別の場合には食道内の頻度(%)をもつて補正することが必要である。体内の各部における摂取率を求める対照として,とくに炭素投与直後の食道内の頻度(%)を選定したのは,炭素投与後 $3\sim3.5$ 時間の胃腔内ではすでに大形のものは腸に送られ,また小形のものは消化盲囊に送り出されて,変則的な分布を示すことが予想されたからである。そこで次式により各部位の粒子の大きさ別摂取率を求めると,Table 2, $a \cdot b$ および Fig. 9 に示すとおりとなる。

Table 2 および Fig. 9 からつぎのことが知られる。

(1) 体外の選別基準

食道内に摂取された炭素粒子の最も大形のものは、長さ $30\,\mu$ 、幅 $17.5\,\mu$ で、各粒子の大きさ別摂取率は

Table 1. Percentage by size of particles taken in 5 parts of digestive system by elapse of time after feeding.

a. By Length of particle:

		Time elapsed				
Particle fed		Short after		3-3.5 ho	urs after	
			Part in system			
Length, μ	Percentage	Oesophagus	Stomach	Intestine	Duct	Tubule
2.5	37.50	39.90	54.64	49.81	73.21	88.92
5.0	15.95	21.96	17.65	16.48	14.29	5.86
7.5	12.34	14.78	10.72	13.20	4.29	1.63
10.0	10.20	9.43	5.89	6.18	3.93	1.63
12.5	5.43	6.06	3.14	4.96	1.07	0.98
15.0	5.26	3.17	3.14	2,90	0.36	0.33
17.5	3.29	2.18	1,57	1.87	0.71	0.66
20.0	2.14	0.97	0.78	1.50	0.72	
22.5	2.14	0.42	1.04	1.12	0.71	0
25.0	1.97	0.63	0.39	0.56	0.36	0
27.5	1.48	0.21	0.52	0.47	0	0
30.0	0.33	0.28	0.13	0.09	0	0
32.5	0.82	0	0	o	0	0
35.0	0.33	0	0	0.19	0	0
37.5	0.33	0	0.13	0.19	0	0
40.0	0	0	0	0.19	0	0
42.5	0.16	o	0.13	0.09	0.36	0
45.0	0.16	0	0	0	0	0
47.5	0	0	0.13	O	0	0
50.0	0	0	0	0.19	0	0
52.5	0.16	0	0	0	0	0

b. By width of particle

Parti	cle fed	Short after	•	Γime elapsed 3–3.5 hou	ırs after	
			Part in system			
Width, μ	Percentage	Oesophagus	Stomach	Intestine	Duct	Tubule
2.5	51.32	61.93	69.80	64.88	85.72	94.46
5.0	24.67	24.77	16.60	20.31	8.93	3.58
7.5	12.00	9.15	7.19	7.02	2.49	1.31
10.0	5.10	3.10	3.40	4.49	1.43	0.65
12.5	4.11	0.70	1.83	2.06	0.72	0
15.0	1.31	0.28	0.65	1.03	0.72	0
17.5	0.65	0.07	0.52	0.19	0	0
20.0	0.82	0	0	0	0	0

Table 2. The ratio* of passage by size of particles from material (A) in water to body (B-oesophagus, C-stomach, D-intestine, E-duct and F-tubule).

a. By Length of particle:

Length, μ	B/A	С/В	D/B	E/B	F/B
2.5	1.06	1.37	1.25	1.83	2.23
5.0	1.38	0.80	0.75	0.65	0.27
7.5	1.20	0.73	0.89	0.29	0.11
10.0	0.92	0.62	0.66	0.42	0.17
12.5	1.12	0.52	0.82	0.18	0.16
15.0	0.60	0.99	0.91	0.11	0.11
17.5	0.66	0.72	0.86	0.33	0.30
20.0	0.46	0.80	1.55	0.72	0
22.5	0.20	2.48	2.67	1.69	0
25.0	0.25	0.62	0.89	0.57	0
27.5	0.14	2.48	2.24	0	0
30.0	0.85	0.46	0.32	O,	0

b. By width of particle:

B/A	C/B	D/B	E/B	F/B
1.21	1.13	1.05	1.38	1.53
1.00	0.67	0.82	0.36	0.14
0.76	0.79	0.77	0.27	0.14
0.61	1.10	1.45	0.46	0.21
0.17	2.61	2.94	1.03	0
0.21	2.32	3.68	2.57	0
0.11	7.43	2.71	0	0
0	0	0	0	0
	1.21 1.00 0.76 0.61 0.17 0.21 0.11	1.21 1.13 1.00 0.67 0.76 0.79 0.61 1.10 0.17 2.61 0.21 2.32 0.11 7.43	1.21 1.13 1.05 1.00 0.67 0.82 0.76 0.79 0.77 0.61 1.10 1.45 0.17 2.61 2.94 0.21 2.32 3.68 0.11 7.43 2.71	

* The ration was calculated as: $\frac{B}{A} = \frac{\% \text{ in oesophagus}}{\% \text{ in material}_{a}} \text{ and}$ $\frac{\text{parts}}{B} = \frac{\% \text{ in each part}}{\% \text{ in oesophagus}}$

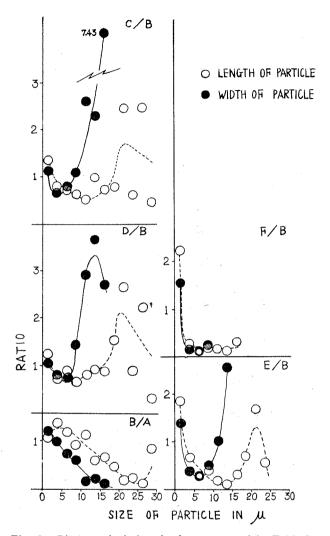


Fig. 9. Diagram depicting the data presented in Table 2.

粒子が小さくなるにしたがつて次第に高くなる傾向を示している。各摂取率の合計に対してその 90% を占める範囲を小形のも

(2) 体内の選別基準

消化盲嚢細管を除く各部位の粒子の大きさ別摂取率の分布は粒子の長さおよび幅のいずれにおいても,それらの摂取される大きさの限界内で横SあるいはU字型をなし,小形のもの(長さ,幅ともに $2.5\,\mu$ 以下)と大形のもの(長さ $20\sim27.5\,\mu$,幅 $12.5\sim17.5\,\mu$)との摂取率が高く,中形のもの(長さ $2.5\sim20\,\mu$,幅 $2.5\sim12.5\,\mu$)の摂取率が低くなつている。これらの各部位に分布する粒子の絶対数が不明のため,数値的な比較をすることはできないが,おそらく中形以下のかなりの数がすでに細管内に移送され,あるいは細管を経た後に排泄されたため,このような分布を示したものと推察される。消化盲嚢細管内に摂取された炭素、粒子の最も大形のものは,長さ $17.5\,\mu$,幅 $10\,\mu$ であつて,それらの摂取率の分布は $2.5\,\mu$ 以下のものが

のから累積して求めると、その限界となる粒子の大きさは長さ $27.5\,\mu$ 、幅 $12.5\,\mu$ である。

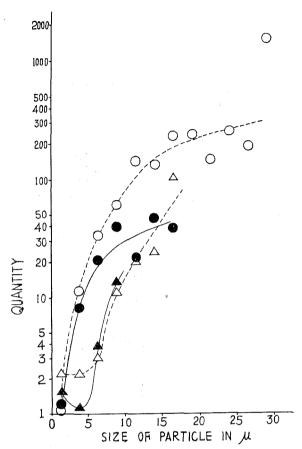


Fig. 10. Relation between the size and the quantity of charcoal particles inhaled in the oesophagus and transported into the tubule of digestive diverticula. The volume was calculated by the following equation; Calculated volume = Ingestion ratio shown in Table $2\times$ Cubic volume $(\pi R^3/6)$, where R means length or width of particle. Open circles indicate particles inhaled to oesophagus, their volume calculated from length of particle, solid circles the same but volume calculated from oesophagus, their volume calculated on length of particles, and solid triangles the same but volume calculated on width.

著しく高いL字型を示している。摂取率の合計に対してその90%を占める範囲を小形のものから累積して求めると,その限界の粒子の大きさは長さ15 μ , 幅 10μ である。なお,細管壁細胞内に摂取された粒子の大きさは,観察された範囲では 5μ 以下であつて,それらの粒子が細管内に分布する率は,長さを基準とした場合に約83%を占め,さらに 2.5μ 以下のものは長さで約66%,幅で約75%を占めている。

炭素粒子の摂取量

これまでに得られた結果は粒子の大 きさに対する摂取率に関するものであ つて、さらに摂取される量についての 検討が加えられねばならない。そこで、 粒子の長さおよび幅を直径とする球体 積 $(\pi R^3/6, R = 粒子の長さあるいは$ 幅)を求め,それに Table 2 に示さ れた摂取率を乗じて計算摂取量とし, その摂取量を対数にとつて粒子の大き さとの関係を図示すると, Fig. 10 の とおりとなる。この図によれば,体外 から食道内への摂取については, 粒子 の大きさの選別許容限度内では, 粒子 の大きいものほどその摂取量が著しく 増大することを示している。 また, 食 道に入つたもののうち消化盲嚢細管内 に送り込まれるものの量は, 粒子の大 きさの選別許容限度内においてS字型 曲線を示し、5μ以上のものについて は粒子が大きくなるほど摂取量が著し く増大するが、5μ以下のものについ ては逆に粒子が小さくなるほどわずか ではあるが摂取量が増加している。こ れは細管内の 2.5 μ 以下の粒子の摂取 率が著しく高いことに起因する。

以上の体外および体内各部での餌料の大きさに対する選別基準および摂取量について,それらの結果を総合的に検討すると,餌料の大きさに対する摂餌効果はつぎのように要約される:

生育環境水中に懸濁する餌料の大きさ別個数が均一であると仮定した場合,胃腔内に摂取される粒子の90%以上が長さ 27.5μ ,幅 12.5μ 以下であつて,粒子が小さくなるにしたがつて摂取される数は多くなる。一方,それらの摂取量については,粒子の大きさに対する選別基準の範囲内では大形のものほど量的に

多くなる。つまり、餌料が無限にある場合には、選別基準の範囲内で粒子の大形のものの摂餌効果がより大きく、一方、餌料の量に限度がある場合には、その粒子が小さいほど摂餌効果は大きくなると考えられる。なお、胃腔内から消化盲嚢細管内に送り込まれる粒子の 75~83% が、また細管壁細胞内に摂取されるほとんどすべてのものが 5μ 以下であることから、質的にみて胃腔内で消化分解されない餌料、例えば蛋白および脂肪を主組成とするものの有効な大きさは 5μ 以下であると判断される。

論 議

これまでになされた二枚貝類の餌料に関する研究の多くは、それらの消化器官および糞内にみいだされた生物あるいは生物の遺骸から、摂取された生物の種類を同定し、その数の多少を計測したものであつて、生育環境水中の浮遊物についての調査が加えられていないため、それらの研究の結果は単に生育環境水中の生物相の一断片を示しているに過ぎない。SAVAGE¹⁸⁾、妹尾¹⁵⁾ および木下・平野⁴⁾ が述べているように、二枚貝の摂餌の対象となるか否かは主としてそれらの浮遊物の大きさ、形態および運動能力の有無などにより決定されるものとするならば、二枚貝類の摂餌に関する基本的な生態を知るためには、貝の種類別に環境水中に分布する浮遊物と胃腔内の摂取物についての形態的な、質的な比較が数量的に試みられねばならない。

太田 11 はアコヤガイの直腸内と生息海水中とにみいだされる二枚貝の浮遊仔貝の数と大きさを計測し、捕食された仔貝の大きさは $66\sim255~\mu$ (長さ) で小形のものほど捕食数が多い傾向にあると述べており、またその間に $1800\times90~\mu$ の甲殻類の脚および $360~\mu$ の機脚類を観察したことを記録している。また千葉・鶴田・井上 2 はトリガイ Fulvia mutica の胃腔内に多量に捕食された浮遊生物の大きさを計測し、長さは比較的長いものを許容するが幅は口器により制限されるようで、その許容大は $200\sim300~\mu$ 位であるとしている。本実験においては、アコヤガイの胃腔内に摂取された餌料の 90% 以上が長さ $27.5~\mu$, 幅 $12.5~\mu$ 以下の小形のものであつて、しかも小形のものほどその摂取率は高くなつている。上記の研究者の調査は、貝の種類が異なり、またより微細な餌料についての検討が加えられていないため、本実験の結果と対比することは困難であるが、いずれの場合にもかなり大形の餌料がしかも大量に摂取されていることから、二枚貝の鰓および唇弁における選別基準は必ずしも固定的なものではなく、餌料の懸濁量の多寡、餌料の大小、または貝自体の生理状態によつて変化するものではないかとの疑問が持たれる。しかしながら、小形のものがよりよく摂取されるという傾向は大田 11 および本実験において明らかに認められ、たとえ前記の事実があるとしても、それはおそらく粒子の大きさに対する選別許容範囲の上限が変化するものであつて、摂取された粒子の大きさ別頻度分布は同様な傾向を示すものと考えられる。

胃腔内に入つた餌料のうち,炭水化物を主体とするものは消化分解せられてより小さな粒子となり,蛋白 および脂肪を主体とするものはほとんどそのままの状態で胃腔内の各部位で選別され,それらのうち微細な もののみが消化盲嚢導管を経て細管内に送り込まれ,細管壁細胞に摂取される。細管壁細胞内に摂取された 粒子の大きさは前述のとおり,およそ 5μ 以下であつて,沢野¹⁴⁾ がアコヤガイについてその amaebocyte および phagocyte の大きさから餌料の粒子の大きさは $2\sim5\mu$ 位で最大限 10μ 程度が適当であると推定 したこと一致する。このことは,高槻¹⁶⁾がその総述において述べたように,外部が非消化性の cuticula に おおわれ 70% 近くの蛋白質からなる動物性餌料はおそらく 5μ 以下の微小な Protozoa のみが摂取消化 されるものと推察される。また,人工餌料によつて貝を飼育する場合の蛋白および脂肪性餌料の粒子は 5μ 以下とする必要があると思われる。

海水中に懸濁する plankton 以外の有機物の摂取に関しては、山本 17 がクローバの圧搾汁をもつてホタテガイ $Patinopecten\ yessoensis\ (JAY)$ の稚貝の飼育に成功したこと、また桑谷 7 が米および大豆の磨砕懸濁液をもつてアコヤガイの飼育に成功したことなどから、その大きさが適当であれば摂取され消化吸収されるものと考えられる。また、BAYLOR and SUTCLIFFE 11 がブラインシュリンプ $Artemia\ salina\$ によつて確かめたように、水中の気泡によつて団粒状とされた水中溶存有機物をもおそらく餌料として摂取しているものと思われる。PETERSEN 1911、MOORE 1913、BLEGBAD 1914、COE and FOX 1944 および KORRINGA 5 1

は天然においては生きた plankton はカキやその他の底生々物に対して量的にみてさほど重要な餌料にはた つてはいないとの意見を述べており、また本研究においてもより小形のものがよりよく摂取されることは明 らかであり、これらのことから、有機物残滓 (detritus) の海中懸濁量およびその餌料的価値に関する研究は 水界の生産機構の解明の上からも今後に残された重要な課題といえよう。

アコヤガイの摂取餌料の時間的移動状態および体内外における選別基準を知るために、 殻高 4.5~5.5 cm の満1年貝を用い、水槽中で粉末炭素を投与した。その後30分間隔に標本をとり揚げ、常法にしたがつて パラフィン切片となし、消化器官の各部に分布する炭素粒子の状態を観察し、それらの大きさの頻度分布を 調べ比較検討した。

- 1. 時間の経過にともなう各部位の炭素粒子の状態はつぎのとおり観察される。 当時の水温は 21~22℃ であつた。
- (a) 胃腔内に摂り入れられた炭素粒子のうち、小形のものは炭素投与後 1~2 時間でその大部分のもの が桿晶体の溶解物と思われる粘液によつて包まれる。
- (b) これらの粘液粒が消化盲嚢細管内に送り込まれるのは炭素投与後2~4時間で,最盛期は3~3.5 時間である。
 - (c) 炭素粒子を含む排泄球が導管内みられるのは炭素投与後3時間以降である。
- (d) 直腸内の排泄物に含まれる炭素粒子の量は炭素投与後 2.5~3.5 時間に最大を示し、それらの組成 は投与直後から3時間まではほとんど大形の粒子のみであり、その後、時間の経過とともに次第に小形のも のの比が大きくなる。
 - 2. 各部位に分布する炭素粒子の大きさを測定した結果はつぎのとおりである。
- (a) 投与された炭素原材料の粒子の最大ものは長さ 52.5 µ,幅 20 µ で,食道内に摂取された粒子の最 大のものは長さ 30μ , 幅 17.5μ で、粒子の小形のものほど摂取率が高い。
- (b) 消化盲嚢細管内にとり入れられたものの最大の長さは $17.5\,\mu$, 幅は $10\,\mu$ で, 粒子の小形のものほ ど摂取率が高い。とくに、長さおよび幅において 2.5 μ 以下のものはそれぞれ全体の 66 および 75%を占 めている。
- (c) 摂取炭素粒の長さおよび幅を直径とする球体積を求め、粒子の大きさ別摂取量を計算すると、選別 の許容範囲内では粒子の大きいものが摂取量がより多くなる。ただし、細管壁細胞内に摂取される大きさの 範囲は 5 μ 以下であつて、細管内に分布するそれ以下の粒子の間には上記の傾向はみられない。

- 1) BAYLOR, E. R. and SUTCLIFFE, M. H.: Limnogy and Oceanography, 8 (4), 369 (1963).
- 千葉卓夫・鶴田新生・井上 泰: 農水講研報, 4 (3), 51 (1955).
- 愛媛水試: 平城湾真珠貝基本調查報告 (1915).
- 木下虎一郎•平野義見: 動雜, 47 (1), 1 (1935).
- 5) Korringa, P.: Bijdr. Dierk., 28, 273 (1949).
- 桑谷幸正: 本誌, 30 (2), 104 (1964).
- —: 国立真研報, **9**, 1135 (1964).
- Kuwatani, Y.: *This. Bull.*, **31** (3), 174 (1965). Nakazima, M.: *Jap. Jour. Zool.*, **11** (4), 469 (1956).
- 10) 小串次郎: 真珠の研究 (1938).
- 太田 繁: 国立真研報, 5, 443 (1959). 11)
- 12) OWEN, G.: Jour. Micr. Sic., 96 (4), 517 (1955).
- 13) SAVAGE, R. E. (1925), 木下・平野 (1935) より引用。
- 14) 沢野英四郎: 水産研報, 3, 48 (1950).
- 15) 妹尾秀実•堀 重蔵: 水講試報, 22, 24 (1927).
- 高槻俊一: 水産研究誌, 31 (2), 73 (1936).
- YAMAMOTO, G.: Bull. Mar. Biol. Stat. Asamushi, Tohoku Univ., 7, 69 (1955).
- 18) Yonge, C. M.: Jour. Mar. Biol. Assoc. U. K., 14, 295 (1926).

昭和40年11月1日 印刷昭和40年11月5日 発行

三重県志摩郡阿児町賢島 発 行 所 国 立 真 珠 研 究 所

発行者 太 田 繁

印刷者 古 門 龍 雄

大阪市東淀川区下新庄町4丁目128 印刷 所 国際印刷工業株式会社

Bulletin of the National Pearl Pesearch Laboratory

10

November 1965

0

CONTENTS

Sawada, Y. and Taniguchi, M. The oceanographical studies on the pearl culture
ground, III. On the seasonal changes of sea water constituents
and of bottom condition
Kuwatani, Y. Studies on the breeding of the Japanese pearl oyster, Pinctada
martensii (Dunker), I. Change in the maturation of the eggs ob-
tained from the excised gonads during the spawning season
Sakaguchi, S. Studies on a trematode parasite on the pearl oyster (Pinctada
martensii), V. Development of its cercaria in the first intermediate
host
Hasuo, M. and Yamaguchi, K. On the qualities of cultured pearls produced
by the mother oyster, Pinctada martensii (Dunker) of different
habitats125
Nishii, T. Examination of the underwater weight used for measuring the growth
of the Japanese pearl oyster, Pinctada martensii (Dunker)
The originals published in other journals
Kuwatani, Y. On the anatomy and function of stomach of Japanese pearl oyster,
Pinctada martensii (Dunker)
Wada, K. Studies on the mineralization of the calcified tissue in molluscs-X.
Histochemical determination of the nature of acid mucopolysac-
charide in organic crystals
Kuwatani, Y. A study on feeding mechanism of Japanese pearl oyster, Pinctada
martensii (Dunker), with special reference to passage of charcoal
particles in the digestive system

National Pearl Research
Laboratory

Kashikojima, Ago-cho, Shima-gun, Mie Prefecture, Japan