

国立真珠研究所報告

14

昭和44年(1969)5月

Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

14

May 1969

国立真珠研究所報告 14 (1969)

内 容

- 澤田保夫・谷口宮三郎 真珠漁場の海洋学的研究
VI. 漁場底泥からみた真珠漁場の汚染度と漁場収容密度の算定について……1719
- 桑谷幸正・西飯 保・磯貝文男 アコヤガイの成長におよぼす飼育水中の nitrate の影響
について……1735
- 桑谷幸正・西飯 保 水槽飼育アコヤガイの成長におよぼす収容密度と換水率の影響につ
いて……1748
- 和 田 浩 爾 黄色真珠の生成に関する実験生物学的研究……1765
- 阪 口 清 次 アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究
VII. 病虫による感染時期……1821
- 阪 口 清 次 アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究
VIII. 感染防止のための移動試験……1829
- 山村 豊・桑谷幸正・西飯 保 真珠養殖漁場における付着生物の生態的研究
I. 英虞湾の真珠養殖垂下層における付着生物相の季節変化について……1836

学 会 誌 発 表 論 文

- 桑谷幸正・西飯 保 アコヤガイの成長におよぼす飼育水の pH の影響について

真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究

VI. 漁場底泥からみた真珠漁場の汚染度と 漁場収容密度の算定について*,†

澤田 保夫・谷口 宮三郎

国立真珠研究所

真珠養殖漁場の密殖や老化に起因する真珠の生産性低下の防止のために漁場収容密度の限界を知ることは、真珠産業の当面している最も重要な問題である。著者らはすでに、真珠養殖漁場の老化はアコヤガイを中心とする漁場内での物質循環の異常によるものであることを指摘し、異常の最も起りやすい場を漁場の底泥と考え、その諸化学成分の季節変化や量的分布の研究を行ってきた^{1,2,3,4)}。その結果、漁場底泥の化学成分の多寡は真珠漁場の養殖収容密度と密接な関係のあることが認められたので、三重県英虞湾の真珠養殖漁場についてその詳細な検討を行ない、漁場の汚染度の決定および漁場収容密度の算定を行なうことができたので、その結果を報告する。

報告に先だち、終始御助言をいただいた当研究所池末所長ならびに三重県立大学水産学部上野助教授に深謝する。

観測地点および分析方法

観測地域は三重県英虞湾で、湾全域の底泥の実態が把握できるように湾内に52の調査地点を設置し、1968年6月13—17日、8月19日—22日、10月15日—18日の3回各地点の底泥を採取して分析に供した。採泥時期の選定は、第1回目は真珠養殖が最盛期に入り底泥への諸成分の蓄積が充分に行なわれた時期、第2回目は底泥中で諸成分の分解が盛んに行なわれている時期、第3回目は再び底泥中に諸成分が蓄積されている時期としてえらんだものであり、採泥場所は第1図に示したとおりである。

底泥はエックマン・バージ採泥器を用いて採取し、できるだけ後の分析操作に便利になるように現場の船上で採泥器中に直径16mmのアクリール管を突きさして底泥を柱状に取り出し、ポリエチレン袋に収容して持ち帰った。また、一部の採泥地点では底質が砂質あるいは砂泥質で柱状に細分化ができにくいところがあり、この場合は採取された全量を持ち帰って後、実験室で細分化を行なった。

* Yasuo Sawada and Miyasabro Taniguchi. The oceanographical studies on the pearl culture ground. VI. On the relation between the raft density in pearl culture ground and the contaminated degree of bottom mud. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 14: 1719—1734. 1969.

† 国立真珠研究所業績 No. 177 (国立真珠研究所報告14: 1719—1734. 昭和44年5月)

である。すなわち、最大含有率を示す地域は浜島地区の中央部 (St. 64) の98.0%で、この他80%以上に達しているところが湾奥部に17地点もあり全地点の65%にも達している。また、最小値は湾口部 (St. 41) の10.2%で、全地点の平均は69.9%となり、英虞湾内は0.125mm以下の粒径の底泥が非常に多いことを示している。

第1表 英虞湾真珠漁場底泥の0.125mm以下の粒径の含有率 1968 June

観測点	含有率	観測点	含有率	観測点	含有率	観測点	含有率
	%		%		%		%
1	88.68	21	95.01	37	83.07	51	93.79
2	91.13	22	91.47	38	40.79	52	95.50
3	95.96	23	74.10	39	85.18	53	69.40
4	85.23	24	83.98	41	10.24	54	93.47
5	82.19	25	87.67	42	21.28	55	16.49
6	73.96	26	81.55	43	63.86	56	30.58
7	58.77	27	86.28	44	58.45	61	91.41
8	35.69	31	57.87	45	82.01	62	76.12
9	84.17	32	79.63	46	25.54	63	79.64
10	90.47	33	90.48	47	19.52	64	98.00
11	90.68	34	85.06	48	88.99	65	78.33
12	37.47	35	87.68	49	30.48	66	87.07
13	58.45	36	74.61	50	37.76	67	27.92

2. 底泥中の有機物量

英虞湾内の底泥中の有機物量の年3回の分析結果を第2表に示した。6月中旬の分析結果では有機物量の最大値は98.8mg/g乾泥 (St. 33) と高い値を示すが、8月中旬では71.8mg/g乾泥 (St. 56) と一時やや低く、10月中旬には再び最大値が107.9mg/g乾泥 (St. 33) と上昇している。また、湾奥部にある真珠漁場ではすべて40mg/g乾泥以上の含有率を示しているが、その量の時期的な変化はかなり忠実に近辺の真珠養殖量の増減と一致した傾向を示している。たとえば、鵜方浦の最奥部 (St. 1) や湾奥部の和具浦 (St. 54) あるいは浜島 (St. 66) で認められる有機物の減少は、挿核作業後の貝の移動の結果としてあらわれたものであり、神明浦 (St. 10) や立神浦南部 (St. 24, 25, 26, 27) などでは、挿核作業後の貝の移動が多少あったとしても浦の構造上からくる閉塞的な海域の宿命的な底泥の悪化現象を示しているものであろう。さらに、迫子・鵜方・神明・立神・波切などの枝湾最奥部で認められる有機物の過大な含有率は、必ずしも真珠養殖に由来するものだけでなく多分に陸水の流入などによる原因が考えられ、単に底泥中の有機物量の多寡のみで真珠養殖量を推定することは危険であることを示している。

第2表 英虞湾真珠漁場底泥中の有機物量

mg/g 乾泥

観測点	第1回	第2回	第3回	観測点	第1回	第2回	第3回
1	59.23	49.75	47.86	37	48.34	43.61	46.94
2	47.38	48.16	53.02	38	29.14	17.11	26.80
3	46.49	41.29	25.18	39	32.99	35.68	30.51
4	47.42	36.00	41.02	41	6.14	2.61	0.06
5	38.65	64.50	65.40	42	8.59	1.84	0.30
6	35.06	31.23	40.70	43	24.54	17.12	28.59
7	31.05	27.65	36.96	44	33.56	30.34	25.54
8	17.67	35.55	27.84	45	36.13	13.56	23.75
9	43.68	26.02	37.48	46	12.44	35.76	47.08
10	58.71	42.51	63.31	47	11.14	2.72	14.16
11	57.35	31.92	55.67	48	57.24	45.63	36.83
12	20.51	10.56	8.45	49	21.88	16.25	21.29
13	30.20	29.62	26.56	50	21.64	36.43	—
21	51.60	37.51	47.12	51	42.69	—	35.08
22	46.75	40.47	43.18	52	59.69	41.76	51.59
23	42.90	38.64	45.58	53	33.68	41.42	46.13
24	58.16	38.88	79.91	54	69.11	47.23	36.01
25	57.55	51.41	54.07	55	8.58	47.93	26.48
26	69.93	58.54	63.29	56	22.20	71.82	27.92
27	79.49	48.83	77.67	61	75.23	49.29	54.88
31	32.19	11.18	28.77	62	58.84	58.54	47.04
32	70.74	62.62	69.52	63	59.67	47.71	41.30
33	98.75	48.43	107.90	64	67.16	61.94	44.52
34	57.96	49.08	46.68	65	72.09	49.98	62.42
35	63.64	56.31	61.78	66	88.27	58.02	26.33
36	46.45	36.02	48.03	67	15.50	7.62	5.73

第1回目：6月13-17日，第2回目：8月19-22日，第3回目：10月15-18日

3. 底泥中のフェオフィチン量

真珠養殖に用いられるアコヤガイの餌料の大半を海水中に生育している硅藻と考えると、硅藻中に存在するクロロフィルはアコヤガイの体内で一部フェオフィチンの形に変わって排泄される²⁾。したがって、漁場底泥中のフェオフィチンの量は附近の真珠養殖量と密接な関係を持つことは当然である。第3表は英虞湾内の漁場底泥中のフェオフィチン量の分布を示したものである。すなわち、漁場底泥中の有機物量において認められたのと同様に、底泥のフェオフィチン量は湾奥部の真珠漁場では多量に存在しており、特に鵜方浦・神明浦・立神浦・布施田浦などでは乾燥底泥1g当り100 μ g以上にも達している。しかし、湾口部に近い比較的開放された漁場では底泥中のフェオフィチン量は少なく、20 μ g/g乾泥ぐらゐの含有率を示すにすぎない。このように、底泥中のフェオフィチン量は附近の真珠養殖密度と密接な関係を示すが、必ずしも附近の真珠養殖の結果のみで蓄積されたものとは断定しがたい。たとえば、その海域に赤潮あるいは赤潮とはいえないとしても比較的多量に硅藻類が発生しその残骸が沈降した時などは、底泥中のフェオフィチン量は過大な値を示すと考えられるので、この量のみで真珠養殖量を判定することは困難である。

4. 底泥中の有機物・フェオフィチン量から漁場汚染度図の作成

前項で示した真珠漁場底泥中の有機物量とフェオフィチン量の分布状態を各観測時ごとの撒布図として示すと、第2・3・4図に示したようになる。また、全分析結果をまとめて底泥中の有機物量とフェオフィチン量の撒布図を作成して、その回帰直線を求めると、

$$y = 1.605X$$

X: 有機物量mg/g乾泥
y: フェオフィチン量 μ g/g乾泥

なる直線が求められる。

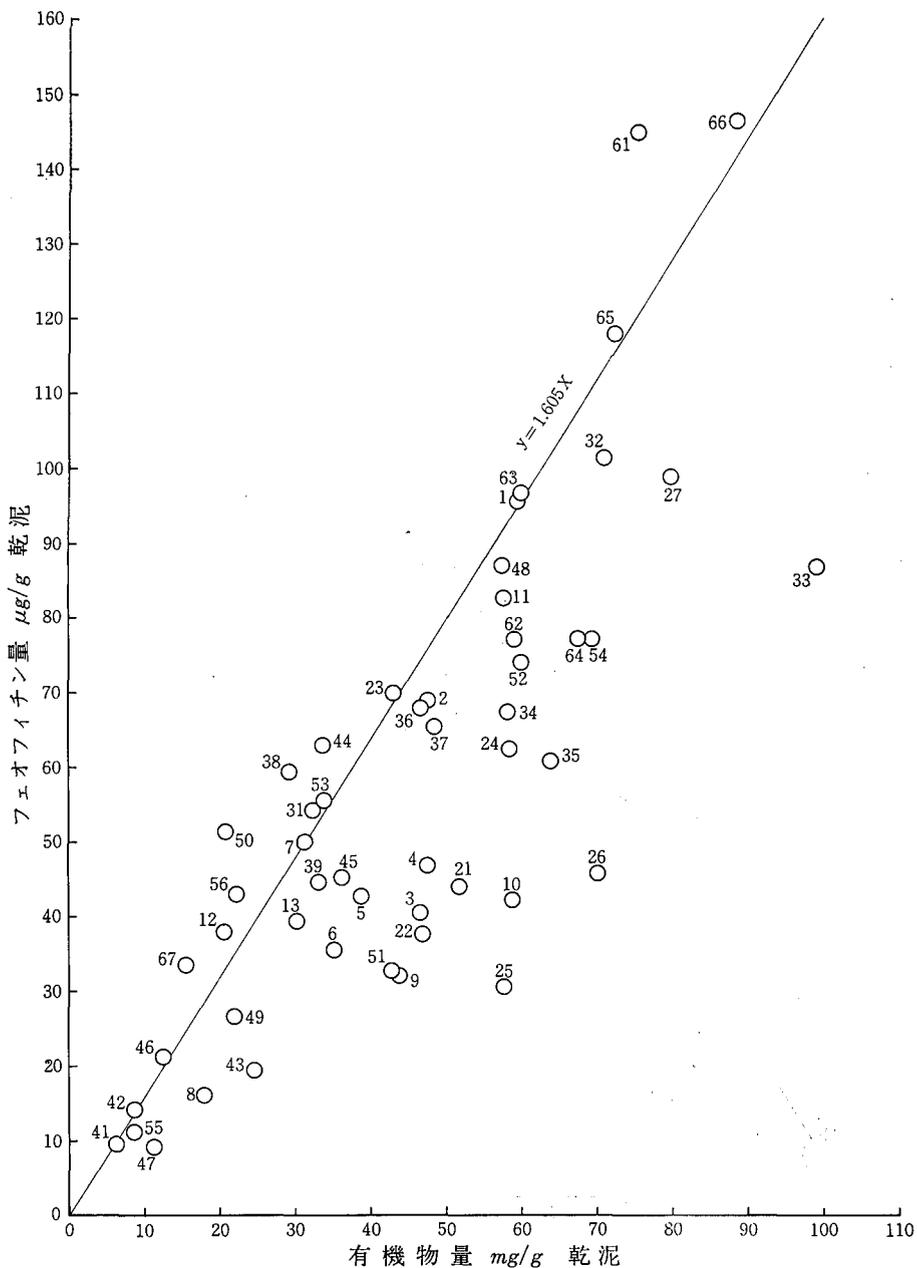
今この直線の持つ意味を、漁場内でのアコヤガイの養殖による餌料(植物性プランクトン)→アコヤガイ→排泄物の底泥への落下という物質循環経路と、アコヤガイの付着物の残骸などの落下によって底泥に蓄積された有機物量およびフェオフィチン量を示すものと仮定すると、回帰直線上で原点から遠ざかるに従ってその漁場の真珠養殖量が増大していることを示すものと考えられる。また、この仮定に従うと、直線から離れた位置にあるたとえば第2図における St. 50 や38などの直線から左上にある地点では、真珠養殖以外の原因によって過大なフェオフィチン量を示したものであり、St. 25や26などのように直線の右下に存在する地点では、他の海域からあるいは陸水などによる有機物の補給があったものと考えられる。したがって、このような真珠養殖以外の要因によって生じた過大な値を補正する目的で、直線の左上部に存在するものは垂直に直線上まで位置をひき下げ、また、直線の右下に存在するものは左に平行移動させてすべての分析結果を直線上に集めると、回帰直線上に移された各観測点の位置は、その海域における真珠養殖量を示す底泥の汚染度合と考えることができる。

今、横軸上に有機物量の10mgを5cm目にとり、縦軸上にフェオフィチン量の10 μ gを5cm目にとった時の各観測点の値を回帰直線上に移した点と原点からの距離(cm)を汚染度の尺度とすると、第4表に示したような英虞湾内の真珠漁場の汚染度が求められる。さらに、この汚染度を各観測時期ごとにまとめて図示したのが第5・6・7図である。観測時期によ

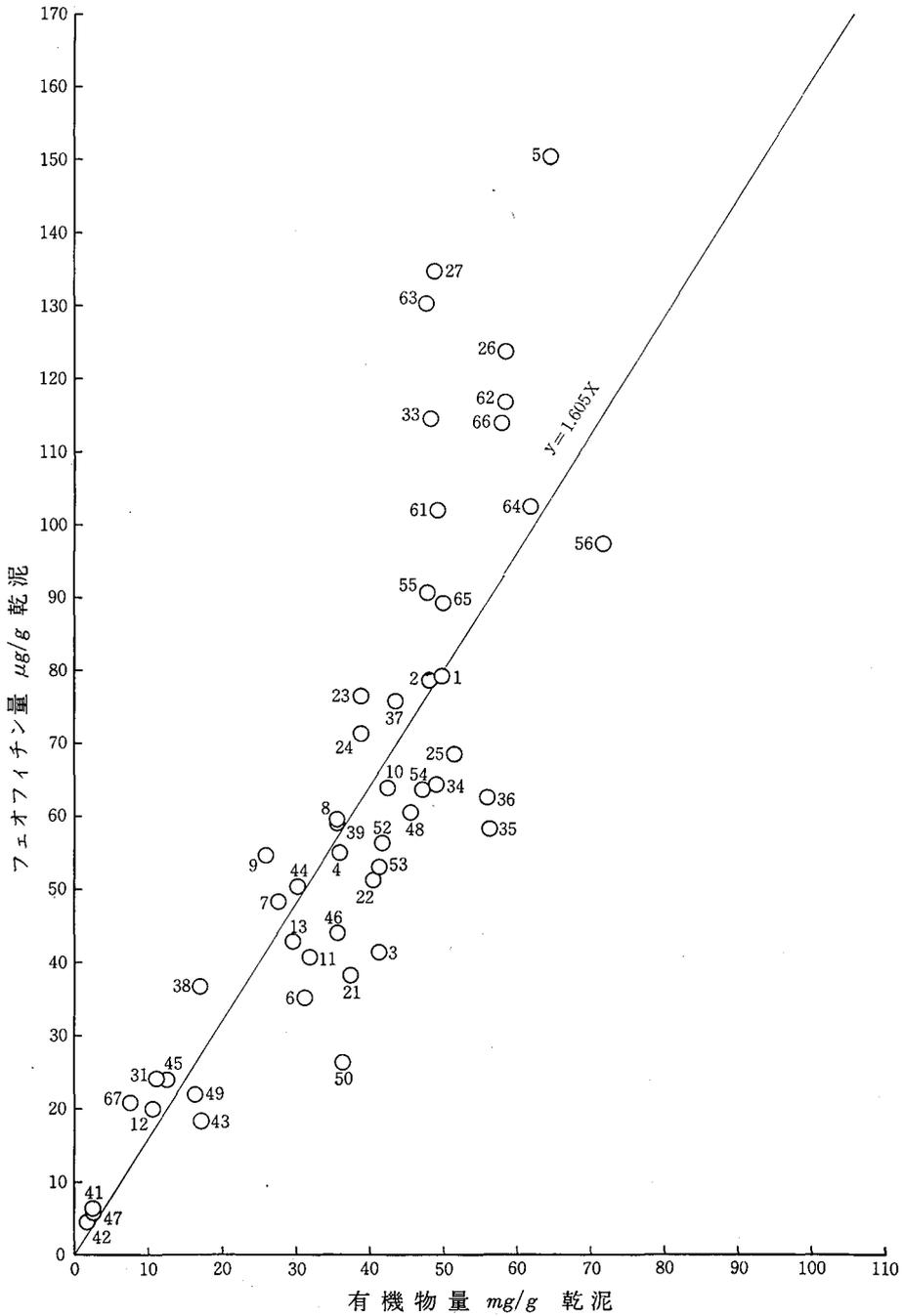
第3表 英虞湾真珠漁場底泥中のフェオフィチン量

μg/g乾泥

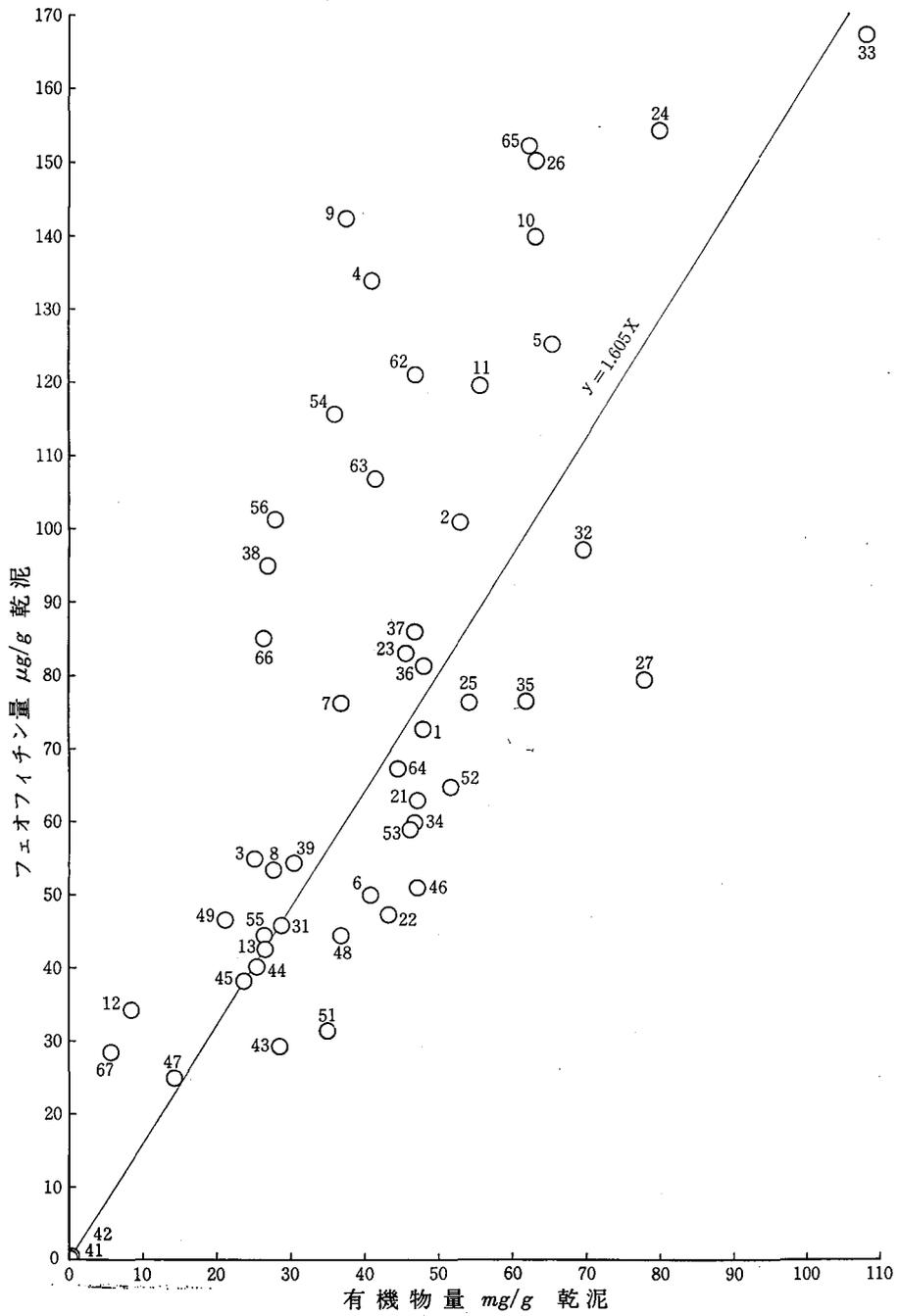
観測点	第1回	第2回	第3回	観測点	第1回	第2回	第3回
1	95.68	79.09	72.77	37	65.53	75.74	86.02
2	69.40	78.48	100.94	38	59.49	36.63	94.97
3	40.57	41.29	54.90	39	44.57	58.94	54.26
4	46.88	54.81	133.76	41	9.55	6.32	0.17
5	42.83	150.17	125.13	42	14.14	4.41	0.58
6	35.53	35.00	49.93	43	19.39	18.25	29.22
7	49.95	48.20	76.31	44	62.95	50.30	40.08
8	16.14	59.53	53.37	45	45.24	23.85	38.18
9	32.12	54.59	142.21	46	21.18	43.88	51.00
10	42.34	63.75	139.83	47	9.08	5.67	24.90
11	82.70	40.61	119.46	48	87.05	60.35	44.37
12	37.86	19.80	34.28	49	26.58	21.78	46.52
13	39.42	42.83	42.46	50	51.41	26.18	—
21	44.14	38.12	62.79	51	32.84	—	31.39
22	37.71	51.12	47.28	52	74.14	56.15	64.66
23	69.98	76.31	83.12	53	55.55	52.88	58.86
24	62.49	71.23	154.12	54	77.25	63.54	115.65
25	30.55	68.50	76.26	55	11.15	90.64	44.41
26	45.94	123.69	150.10	56	43.02	97.30	101.29
27	99.20	134.50	79.36	61	144.88	101.92	222.53
31	54.25	24.00	45.83	62	77.15	116.70	121.08
32	101.49	196.10	97.10	63	96.75	130.20	106.77
33	86.90	114.43	166.88	64	77.30	102.42	67.29
34	67.51	64.26	59.90	65	118.11	89.20	152.09
35	60.89	58.16	76.46	66	146.41	113.75	85.13
36	67.99	62.53	81.37	67	34.45	20.71	28.48



第2図 英真湾真珠漁場底泥中の有機物・フェオフィチン量の漁場別分布 (1968. June.)



第3図 英虞湾真珠漁場底泥中の有機物・フェオフィチン量の漁場別分布 (1968. Aug.)



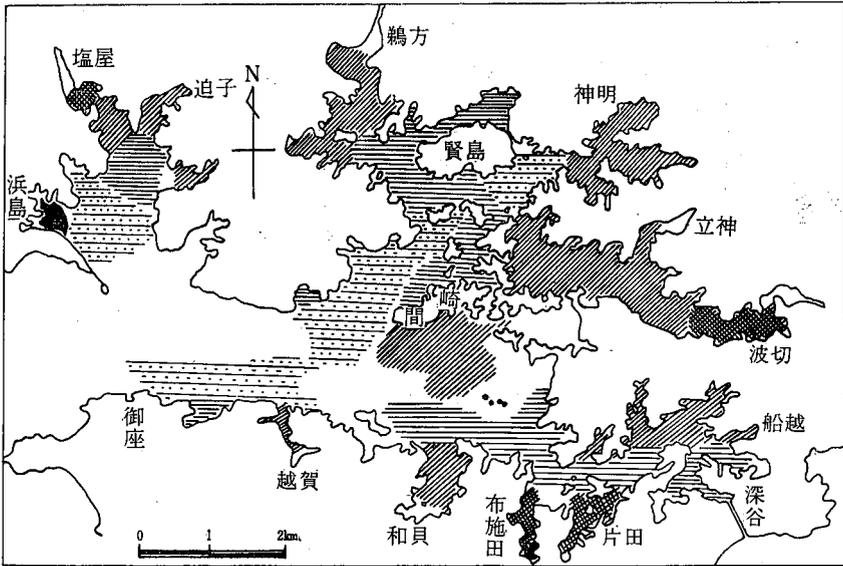
第4図 英真湾真珠漁場底泥中の有機物・フェオフィチン量の漁場別分布 (1968. Oct.)

第4表 英虞湾真珠漁場底泥の有機物量・フェオフィチン量からみた汚染度 (1968)

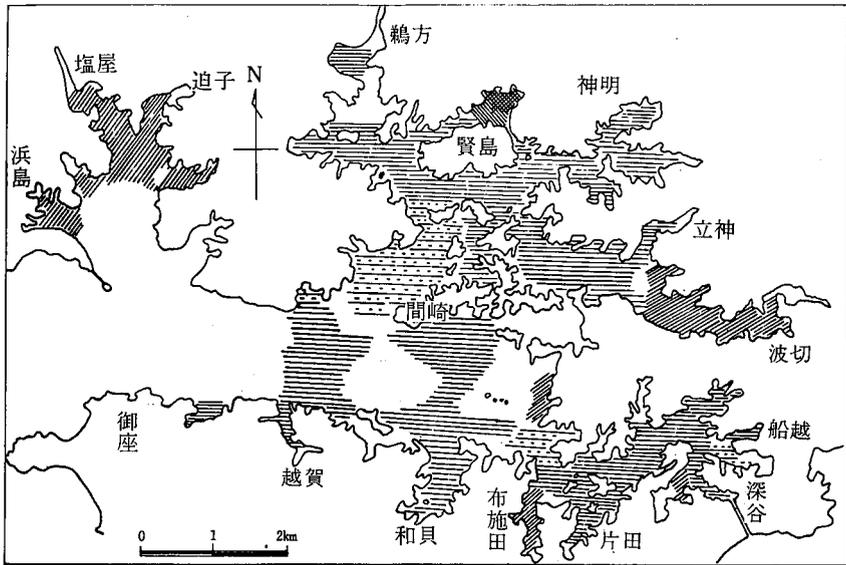
観測点	第1回	第2回	第3回	観測点	第1回	第2回	第3回
1	56.0	46.7	42.8	37	38.7	41.2	44.2
2	40.8	45.5	50.0	38	27.4	16.1	25.4
3	24.0	24.4	23.9	39	26.4	33.6	28.9
4	27.7	32.5	38.6	41	5.6	2.3	0.1
5	25.1	61.0	61.7	42	8.2	1.6	0.1
6	21.0	20.7	29.7	43	11.4	10.7	17.2
7	29.4	26.1	34.9	44	31.7	28.5	23.8
8	9.6	33.6	26.1	45	26.8	11.9	22.5
9	19.0	24.5	35.3	46	11.7	25.9	30.2
10	25.8	37.6	59.7	47	5.4	2.3	13.5
11	48.9	24.0	25.5	48	51.3	35.7	26.3
12	19.5	10.0	8.1	49	15.8	12.8	20.0
13	23.4	25.2	25.0	50	19.8	15.5	—
21	26.1	22.5	37.1	51	19.5	—	18.6
22	22.3	30.2	28.0	52	43.9	33.2	38.3
23	40.6	36.8	42.9	53	31.9	31.3	34.6
24	37.0	36.8	75.4	54	45.4	37.5	33.8
25	18.1	40.5	44.9	55	6.7	45.3	25.0
26	26.9	55.4	59.7	56	21.0	57.4	26.2
27	58.5	45.1	46.7	61	61.2	46.2	—
31	30.4	10.5	26.5	62	45.4	55.6	44.3
32	60.0	—	57.3	63	56.4	45.0	38.9
33	51.4	45.7	98.5	64	45.4	58.5	39.8
34	40.0	37.9	35.4	65	68.3	46.5	58.8
35	36.1	34.3	45.0	66	83.5	54.8	24.9
36	40.2	36.9	45.3	67	14.7	7.2	5.5

第1回 6月13~17日, 第2回 8月19~22日, 第3回 10月15~18日

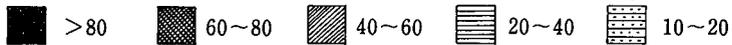
単位は縦軸にフェオフィチン量の1 μ gを5cm目に, 横軸上に有機物量の1mgを5cm目にとった時の回帰直線上の原点からの距離をcmであらわしたものの。

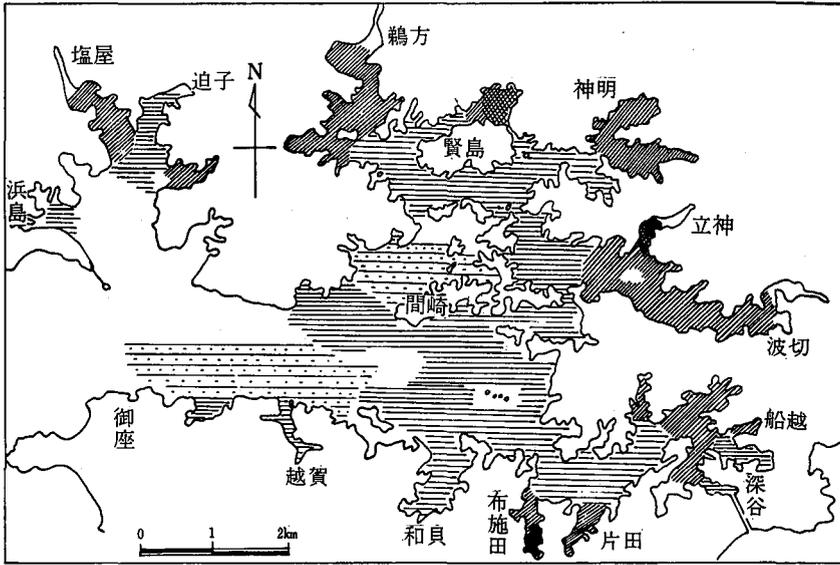


第5図 英虞湾における真珠漁場底泥の汚染度図 (1968. June)

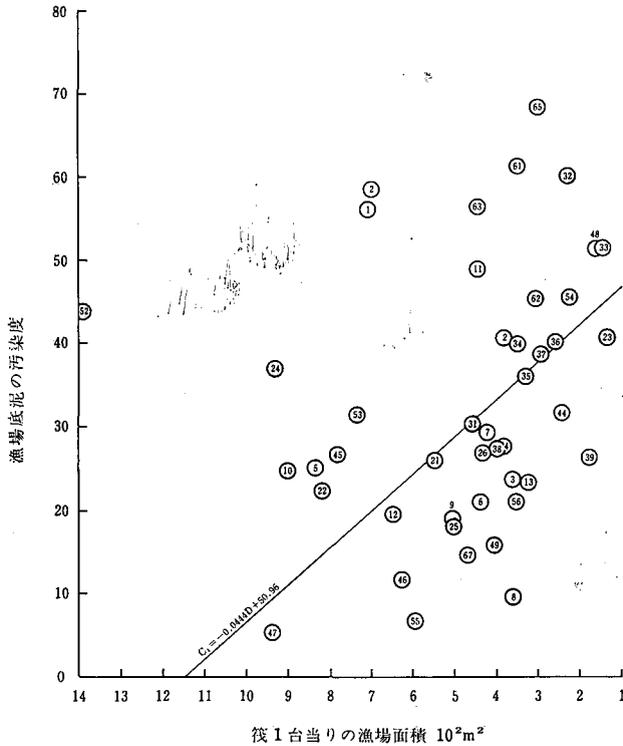


第6図 英虞湾における真珠漁場底泥の汚染度図 (1968. Aug.)





第7図 英虞湾における真珠漁場底泥の汚染度図 (1968. Oct.)

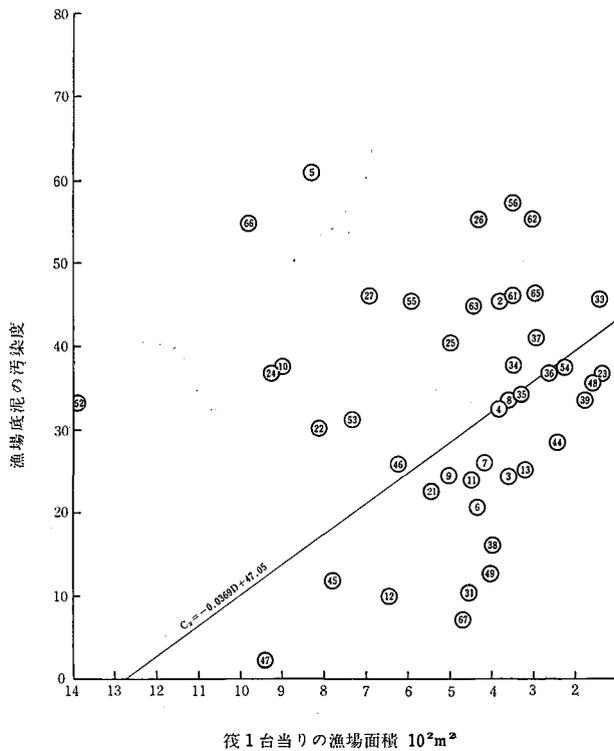


第8図 英虞湾真珠養殖漁場の汚染度と漁場密度との関係 (1968. June)

って養殖員の他海域への移動などで多少の増減は認められるが、汚染度40以上を示す地域は浜島・立神・波切・片田・布施田など英虞湾周辺の枝湾に存在する漁場で、特に浜島北部・立神波切地区などは汚染面積の非常に大きいことが認められる。

5. 真珠漁場の汚染と漁場密度との関係

前述の真珠漁場底泥の汚染度と漁場使用密度との関係を求めるために、真珠漁場の各観測点における密度の計算を次のように行なった。すなわち、室内実験の結果からアコヤガイの排泄物が海水中を落下する速度を1cm/secとし、英虞湾内の平均流速を3~5cm/sec. と考えると、水深10mの漁場では排泄物は半径30—50m の海底に落下することになる。したがって、観測点の底泥中の有機物およびフェオフィチンは主として半径50m ぐらいの真珠養殖によるものと考えられるが、実際には水深や流速の相違を考慮して各観測点を中心に半径200m の漁場内の養殖筏をその観測点附近の養殖密度と考えた。計算は三重県水産真珠課から提供された英虞湾真珠漁場の航空写真上に観測点を中心とした半径200m の面積内に存在する真珠筏数を求め、これらから、観測点附近の真珠筏1台当りの占める漁場面積を計算した。このようにして求めた各観測点における筏1台当りの漁場面積と漁場底泥の汚染度を撤布図として示すと第8・9・10図のようになる。各観測時期による撤布図ごとに、漁場密度と底泥の汚染度との間には相関のあることが認められ、各観測時期の回帰方



第9図 英虞湾真珠養殖漁場の汚染度と漁場密度との関係(1968. Aug.)

程式は次のように計算される。

$$\text{第1回目(6月)} \quad C_1 = -0.0444D + 50.96 \quad r_1 = -0.543$$

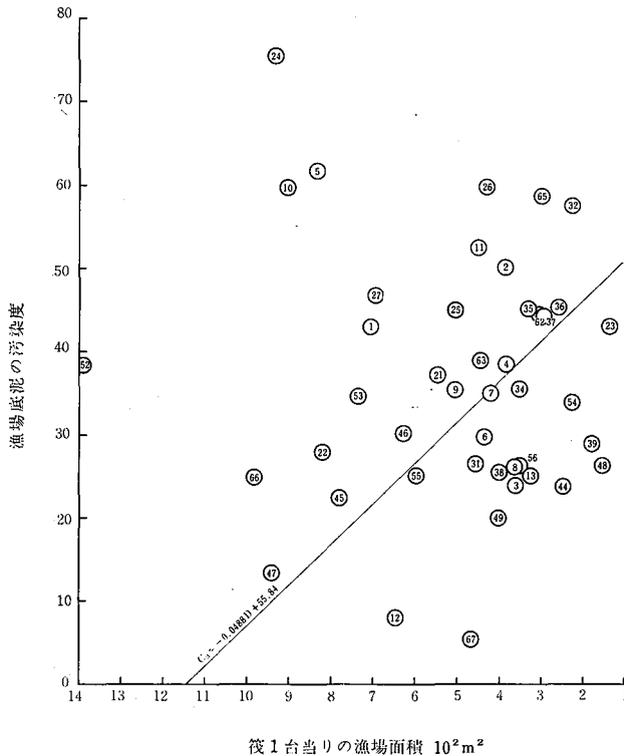
$$\text{第2回目(8月)} \quad C_2 = -0.0369D + 47.05 \quad r_2 = -0.444$$

$$\text{第3回目(10月)} \quad C_3 = -0.0488D + 55.84 \quad r_3 = -0.431$$

C: 漁場底泥の汚染度 (cm)

D: 漁場収容密度 $m^2/\text{台}$

上述の回帰方程式は英虞湾における各時期の漁場底泥の汚染度と養殖収容密度との関係を示しているもので、たとえば、第8図においては英虞湾における養殖収容密度を筏1台当り $1,149m^2$ にとった時には、漁場底泥の汚染が全く認められないという理想的な状態を示しているものと考えられる。また、図中で回帰直線から上部に離れた位置に存在する地点は、その地点における養殖の結果以外に他の地域からの汚染が加わって過大に汚染された状態、すなわち実際に使用している以上に漁場が悪化しやすい状態を示しているものである。たとえば、第8図の St. 22では漁場密度は航空写真からは $817m^2$ に筏1台の計算になるが、筏の吊貝数や上述の原因によって実際は $645m^2$ に筏1台といった状態になっていることを示している。また、St. 25では逆に計算上では $502m^2$ に筏1台という養殖密度であるが、実際には $740m^2$ に1台という良好な状態になっていることが認められる。



第10図 英虞湾真珠養殖漁場の汚染度と漁場密度との関係 (1968. Oct.)

考 察

真珠漁場は一般に内湾的な性格を持つ海域に発達し、筏施設の改良と共に次第に漁場が拡大されていったものであるが、現在問題点となっている漁場の密殖や老化による真珠の生産性の低下は、すべて内湾の漁場に起こりがちである。著者らは、これらの漁場内でアコヤガイを中心とする物質循環（餌料→アコヤガイ→排泄物—付着生物を含む→分解→栄養塩類の溶出→餌料）を考え、生産性の低下をひき起こす原因の一つとしてこの物質循環の異常、特に漁場底泥への排泄物の過大な蓄積を問題とした。したがって、漁場底泥中の有機物とフェオフィチンの量は、直接附近に養殖されているアコヤガイの数量と密接な関係があるが、著者らの実験結果⁹⁾では、アコヤガイの排泄物中の有機物量(mg/g乾燥物)とフェオフィチン量($\mu\text{g/g}$ 乾燥物)の比は約75:1であるので、漁場底泥中には第2・3・4図に示したように、アコヤガイの排泄物に起因する以外の有機物が多大に蓄積されていることが認められる。この主原因は、恐らく養殖されているアコヤガイや筏施設の付着生物の残骸が海底に落下沈積した結果によるものと考えられる。実際に底泥中の有機物量とフェオフィチン量の撤布図(第2・3・4図)で分散が広い範囲にあらわれているのは、各観測点における付着硅藻やその他の付着生物の残骸の落下沈積の多寡を示しているものであろう。

また、漁場収容密度と底泥の汚染度との関係は、第5・6・7図に示したようにかなりの分散が認められるが、これは漁場密度の算定に問題があるものと考えられる。すなわち、この算定は航空写真上で行なわれたものであり、筏の吊貝数など実際の筏の使用状態が考慮されていないので、この点今後の研究には充分注意が必要であろう。この実験結果から英虞湾の漁場は平均値としてどの程度に養殖収容密度をとればよいかという点を考えると、一応3回の観測結果の平均値から漁場底泥の汚染度が0になるには筏1台当り1189m²が必要になるが、実際には次のような考えかたで差支えないものと思われる。すなわち、すでに著者らは、英虞湾奥部の鵜方浦で漁場底泥について研究し、底泥の汚染は極く上層部に限られ下層部では湾奥・湾口共に比較的安定した様子を示していることから、有機物量で40mg/g乾泥、フェオフィチン量で20 $\mu\text{g/g}$ 乾泥を鵜方浦附近の底泥汚染度の限界とした⁴⁾。この状態は第2図上で計算すると12という汚染度になる。また、同地域の年間の観測結果の平均値は、有機物量で40.1mg/g乾泥、フェオフィチン量で25.0 $\mu\text{g/g}$ 乾泥となり、これを同じく汚染度で示すと15という値になる。この程度の汚染度では、いわゆる漁場内の物質循環がほぼ正常に行なわれているものと認められるので、英虞湾奥部の漁場では底泥の汚染度が15ぐらいになる漁場使用度合が限界と考えられる。したがって、これ以上の養殖密度で漁場を使用するならば、年々底泥耕耘などの人為的手段を加えない限り漁場内の物質循環の異常をきたし、真珠の生産性低下が起るであろう。

今、汚染度15を第5・6・7図から計算された回帰方程式に挿入すると、その平均値は筏1台当り848m²という値になる。したがって、現在英虞湾における漁場収容密度は約440m²という状態であるので、真珠の生産性維持のためには養殖筏数を平均 $\frac{1}{2}$ に減少させる必要があることと考えられる。

要 約

真珠漁場の底泥中の化学成分から、漁場の汚染度と漁場収容密度との関係を三重県英虞湾の漁場について研究した。

1. 漁場底泥中の有機物量とフェオフィチン量は漁場の汚染度合を示す指標となり得ることを認め、両者の撒分図から漁場の汚染度を算出した。
2. また、漁場の汚染度と漁場収容密度から真珠漁場の合理的な養殖収容密度を計算し、英虞湾の漁場では筏1台当たり平均 848m² の漁場利用が、漁場内の物質循環の正常に行なわれる限界と考えた。

文 献

- 1) 澤田保夫・谷口宮三郎 1965. 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. 国立真珠研報 10: 1213—1227.
- 2) 澤田保夫・上野福三 1966. 海底泥およびアコヤガイの排泄物のアセトン抽出物について I. アセトン抽出物の吸収曲線. 国立真珠研報 11: 1298—1307.
- 3) 澤田保夫・谷口宮三郎 1967. 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究Ⅳ. 老化漁場における底質の性状とその改良法の一例について. 国立真珠研報 12: 1379—1408.
- 4) 澤田保夫・谷口宮三郎 1968. 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究Ⅴ. 老化漁場における底泥の有機物量およびフェオフィチン量の季節的变化について. 国立真珠研報 13: 1689—1702.
- 5) Atkinson, H.J., Giles, G.R., Maclean, A.J. and Wright, J.R. 1958. Chemical Method of Soil Analysis. Contribution No. 169. Chemistry Division — Science Service, Canada Department of Agriculture, Ottawa.
- 6) 澤田保夫・谷口宮三郎 未発表.

アコヤガイの成長におよぼす飼育水中の nitrate の影響について^{*,†}

桑 谷 幸 正・西 飯 保・磯 貝 文 男
国立真珠研究所 東京教育大学

濾過循環式水槽を用いて魚類を飼育する場合、飼育水は自然水にくらべて nitrate, nitrite, phosphate および carbonate の著しい増加を示すことが知られている。そして、それらの増加は飼育水の pH およびアルカリ度を低下させ、飼育動物の正常な発育を阻害する原因になっていると考えられている¹⁾。

しかしながら、それらのうち nitrate についてはそれが大量に蓄積された場合、それ自体が飼育動物の生理的障害の一因になる、と示唆²⁾あるいは報告³⁾されている。

そこで今回は、濾過循環式水槽を用いて、各槽にそれぞれ異なった量の硝酸ナトリウムを添加し、その中でアコヤガイを飼育して、nitrate が貝の成長に及ぼす影響を調査した。なお、報告に先立ち、英文の校閲をお願いした東京大学江草周三教授に深謝する。

材 料 お よ び 方 法

供試貝：満1年生アコヤガイ 180 個体中から肉眼的に貝殻の成長が不良とみられるものおよび病害虫に侵されていると認められるものを除き、残り78個体について水中重量を測定し、2.6~3.1gの範囲内にあるもの30個体を選出し、ランダムに5個ずつの6群に分けた。

飼育装置および方法：スチロール製水槽（25×25×30cm）3個を餌料槽、飼育槽、濾過槽の1組とし、送気により飼育水の攪拌と餌料供給および濾過のための循環とを行なった。餌料槽、飼育槽には約15ℓの海水を満たし、飼育槽には供試貝を入れたビニール製網籠を垂下し、濾過槽には約9ℓの海水と排水量6ℓ（重量約15kg）の1~5mm径の貝殻片まじりの砂を入れた。循環回路のうち餌料投与回路（餌料槽⇔飼育槽）では飼育水は休みなく循環したが、濾過回路（濾過槽⇔飼育槽）では1日2回の餌料投与時間（8~12時および16~20時）には停止した。各回路の送水量はいずれも毎分約0.5ℓであった。飼育水は1日2回の餌料投与の前に15ℓずつ新しい海水と交換した。餌料は精白米を1昼夜以上淡水に浸漬し、その後ホモゲナイザーをもって約30分間粉碎したものを用いた⁴⁾。餌料の投与は1日2回とし、1回1貝当りの投与量は精白米重量で20mg、1日40mgとした⁵⁾。

試薬の種類および添加方法：試薬は分析用特級、硝酸ナトリウムを用いた。nitrate の

* Yukimasa Kuwatani, Tamotsu Nishii and Fumio Isogai. Effects of nitrate of culture water on the growth of the Japanese pearl oyster. With English summary, p. 1741. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 14: 1735-1747. 1969.

† 国立真珠研究所業績 No. 178. (国立真珠研究所報告14: 1735—1747. 昭和44年5月)

実験濃度は対照(試薬無添加), 対照+625, +1250, +2500, +5000, +10000 $\mu\text{g-at N}/\ell$ の6段階とし, これに応じた硝酸ナトリウム量を計算し, 実験開始時には飼育水約40 ℓ に対する量を, またその後の1日2回の換水時には15 ℓ に対する量を添加した。

飼育期間および水質, 貝成長量の調査: 1968年5月20日, 水質分析の結果, 各水槽いずれも硝酸化成能の十分な発達が認められたので同月22日に収容貝(満2年生貝, 各槽5個ずつ)をとり除き, 供試貝を垂下して投餌と換水とを開始した。同月26日の午後の換水時に硝酸ナトリウムの所定量を各槽に添加し, 翌27日に第1回の水質分析と貝水中重量の測定とを行なった。実験期間は5月27日より7月18日までの52日間で, この間に8回の水質分析と9回の貝水中重量の測定とを行なった。

水質分析: 各測定日の午前中の投餌前に採水し, つぎの項目, 方法にしたがって分析した。塩素量は日本海洋学会編海洋観測指針⁶⁾にもとづき測定した。pHはC.R.を指示薬として標準緩衝液(20°C pH 8.0, 8.2, 8.4……9.0)による光電光度計530 μm の吸光度曲線を描き, 供試海水の吸光度からpH値を求め, 塩誤差を補正した。アルカリ度はB.C.P.を指示薬として0.01N塩酸により滴定した。ammonia-N量はWittingの沈澱法を用いNessler試薬による呈色を光電光度計(波長430 μm の吸光度)により測定した。nitrite-N量はG.R.試薬による呈色を光電光度計(500 μm)により測定した。nitrate-N量はStrickland and Parsons⁷⁾の方法による呈色を光電光度計(530 μm)により測定した。カルシウム量は2-Hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphthylazo)-3-naphthoic acidを指示薬として

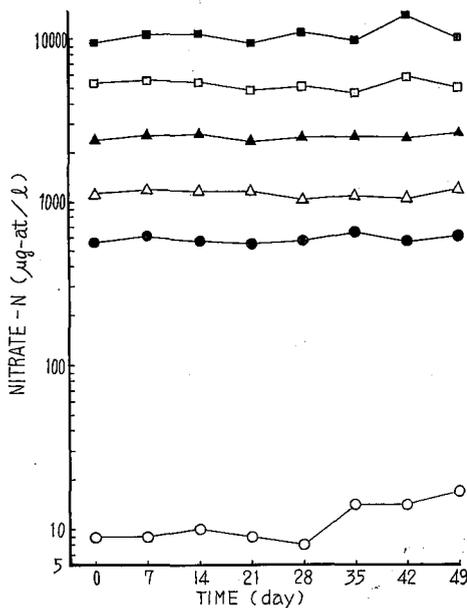


Fig. 1 Changes in nitrate-N of culture water during the course of experiment. Open circles indicate control. Solid circles, open and solid triangles, open and solid squares indicate tanks added 625, 1250, 2500, 5000 and 10000 $\mu\text{g-at N}/\ell$ of sodium nitrate, respectively. The same symbols were used in Figs. 3-11.

0.01M EDTA-2Naにより滴定した。phosphate-P量は硫酸モリブデン酸アンモニウムおよび塩化第一錫の添加による呈色を光電光度計(660 μm)により測定した。

供試貝の測定: 各測定日に水槽別貝群の総水中重量を秤量し, 期間中の増加量を算出した。また, 飼育実験終了後, 供試貝の全体および貝殻の水中重量, 全体, 貝殻および肉質の湿重量, 貝殻および肉質の乾燥重量を秤量した^{8,9)}。

結果および考察

飼育水の nitrate-N 量の変化

各飼育水の nitrate-N 量の変化を Appendix Table I および Fig. 1 に示す。各飼育水の測定値ははじめに予定した値に近似し, 飼育期間を通じての平均値はそれぞれ11, 588, 1116, 2479, 5151, 10540 $\mu\text{g-at N}/\ell$ となった。

飼育水の水温および水質の変化

各測定日の水温, 塩素量, pH 値, アルカ

り度, ammonia-N 量, nitrite-N 量, phosphate-P 量およびカルシウム量の測定値を Appendix Table I に示す。

1) 水温(Fig.2)：前半期には20.8°Cから23.4°Cとかなりの変化を示したが、後半期には比較的安定し、全期間の平均水温は 21.8°C であった。水槽相互間の温度差は認められなかった。

2) 塩素量(Fig.3)：期間中の各水槽の値は 18.1から18.6‰の範囲内にあり、いずれの水槽も後半期において次第にその値が低下している。これは交換海水の塩素量の低下によるものと判断される。なお、硝酸ナトリウムの添加量のちがいによる水槽相互間の差は認められない。

3) pH 値 (Fig.4)：期間中の各水槽の値は 8.05から8.15の範囲内にあり、各水槽の平均値は対照および硝酸ナトリウムの添加量の少ない水槽からそれぞれ8.10, 8.10, 8.10, 8.09, 8.11, 8.09であって、水槽相互間の差は認められない。

4) アルカリ度(Fig.5)：期間中の各水槽の値は1.96から2.24mNの範囲内にあり、各水槽の平均値は対照および硝酸ナトリウムの添加量の少ない水槽からそれぞれ2.14, 2.12, 2.10, 2.12, 2.12, 2.12であって、水槽相互間の差は認められない。

5) ammonia-N 量 (Fig.6)：期間中の各水槽の値は 1.7から10.1 $\mu\text{g-at}/\ell$ までかなり大巾な変化を示したが、水槽相互間の差は認めれない。

6) nitrite-N 量 (Fig.7)：期間中の各水槽の値は0.15から2.61 $\mu\text{g-at}/\ell$ の範囲にあり、各水槽の平均値は対照および硝酸ナトリウムの添加量の少ない水槽からそれぞれ0.27, 0.39, 0.33, 0.49, 0.60, 1.36 $\mu\text{g-at}/\ell$ となり、硝酸塩添加量の増加するにしたがって nitrite-N 量の増加がみられている。

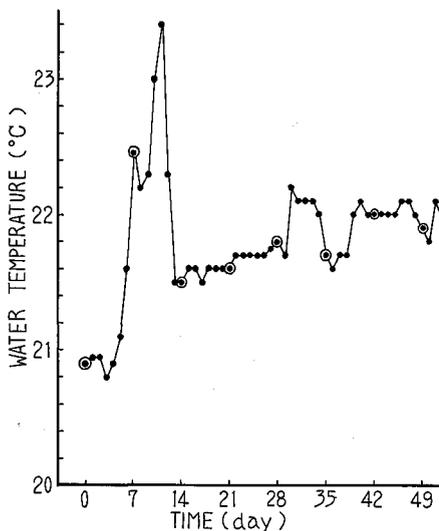


Fig. 2 Changes in temperature of culture water during the course of experiment. Double circles show temperatures on observation days.

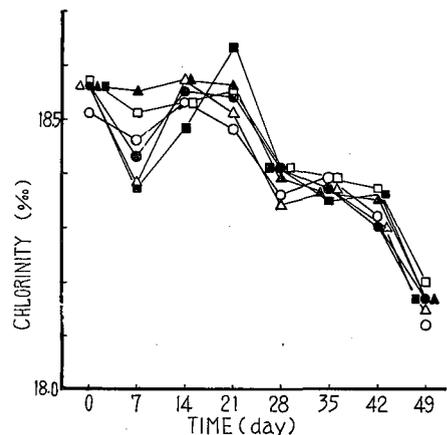


Fig. 3 Changes in chlorinity of culture water during the course of experiment.

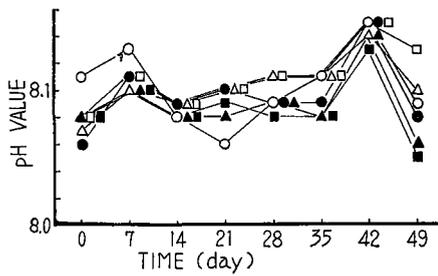


Fig. 4 Changes in pH value of culture water during the course of experiment.

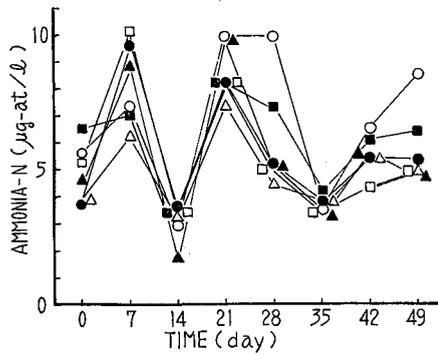


Fig. 6 Changes in ammonia-N content of culture water during the course of experiment.

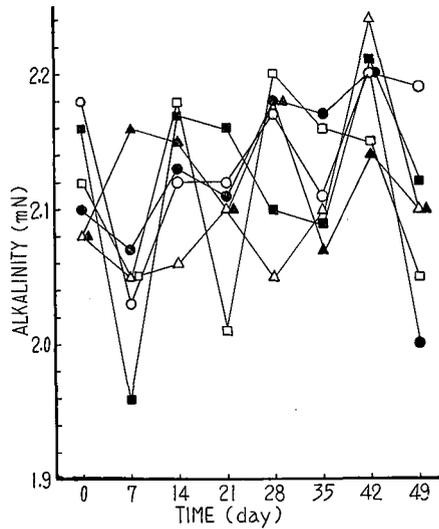


Fig. 5 Changes in alkalinity of culture water during the course of experiment.

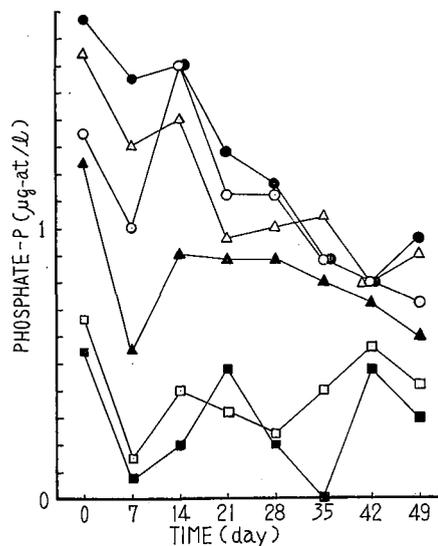


Fig. 8 Changes in phosphate-P content of culture water during the course of experiment.

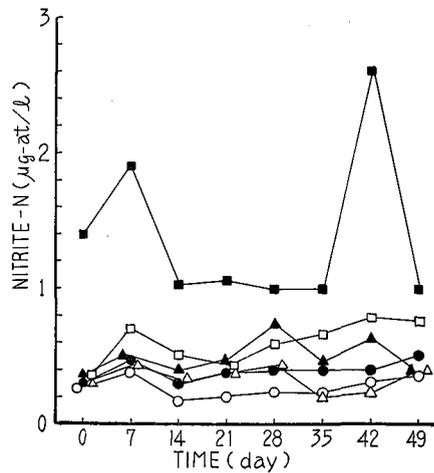


Fig. 7 Changes in nitrite-N content of culture water during the course of experiment.

7) phosphate-P 量 (Fig.8): 期間中の各水槽の値は 0 から $1.87\mu\text{g-at}/\ell$ の範囲内にあり, 全般的に実験開始当初が最も高く, 日時の経過とともに減少している。各水槽の平均値は対照および硝酸ナトリウムの添加量の少ない順にそれぞれ 8.59, 10.10, 9.04, 6.57, 3.15, $2.28\mu\text{g-at}/\ell$ となり, 対照を除くと硝酸ナトリウムの添加量と phosphate-P 量とは逆相関となる。前報¹⁰⁾の実験においてもトリス- buffer の長期添加の場合, nitrate-N 量の増加に対して phosphate-P 量の減少がみられており, これらの現象は硝酸塩の添加により, phosphate がマグネシウムあるいはカルシウムと結合し不溶性の沈澱になることが促進されたためと理解される。

8) カルシウム量 (Fig.9): 期間中の各水槽の値は 368 から $413\text{mg}/\ell$ の範囲内にあり, いずれの水槽も同様な時期的変化を示し, 水槽相互間の差はみられない。

供試貝の成長量の変化

1) 水中重量の変化: 各測定日における各貝群の水中重量の貝 1 個当たり累積増加量および測定日間の 1 日当たり平均増加量 (日間増加量) を Appendix Table II および Figs. 10, 11 に示す。各貝群の日間増重量は全般的に実験開始当初に大きく日時の経過とともに次第に減少している。当初におけるこの様な成長は貝が海中にあったときに蓄積した栄養あるいは生理的活力の残留効果と考えられ, このことはまた水槽内の環境および餌料供与が必ずしも満足すべき状態ではなかったと判断される。しかしながら一方, これまでの実験^{5, 10, 11)}と比較してより以上の成長が得られており, 今回の実験は水槽飼育としては比較的良好な条件のもとに行なわれたと考えられる。このような結果は今回とくに 1 日 2 回の換水を行なったためと推察される。

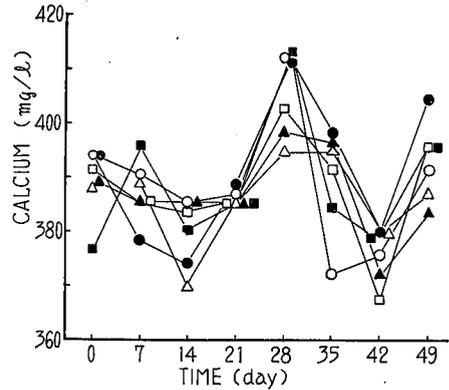


Fig. 9 Changes in calcium content of culture water during the course of experiment.

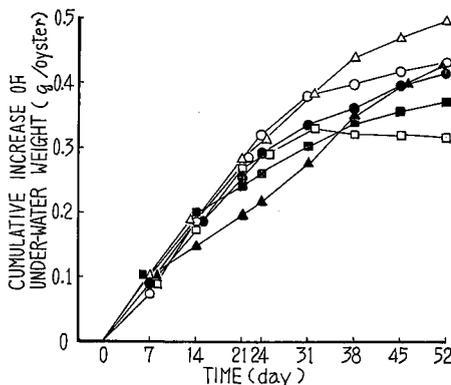


Fig. 10 Changes in cumulative increase of under-water weight of the test oysters.

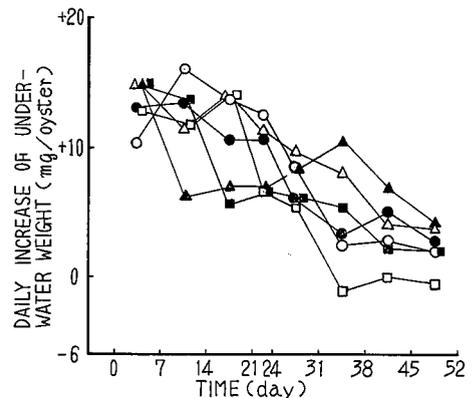


Fig. 11 Changes in daily increase of under-water weight of the test oysters.

各貝群の52日目における水中重量の累積増加量は対照および硝酸ナトリウムの添加量の少ない水槽からそれぞれ 243, 416, 496, 428, 316, 370 mg/oyster となっており、飼育水への硝酸ナトリウムの添加量あるいは nitrate の含有量と貝の成長量との間には全く相関関係はみられない。これまでに行なった収容貝数^{12,13)}、各種緩衝試薬の添加¹⁰⁾、餌料種類¹⁴⁾および投与量⁵⁾、pH 値¹⁾などが貝の成長に及ぼす影響についての実験結果と比較すると、この程度のばらつきは水槽装置による差異あるいは貝群のもつ成長力の差異に起因するものと推察される。

2) 実験終了後の諸測定値：実験開始前および終了後における各供試貝の水中重量とその間における増重量、終了後における供試貝および養殖貝の全体、貝殻、肉質の湿重量、貝殻および肉質の乾燥重量を Appendix Table III に示す。検定の結果、いずれの測定値においても供試貝群相互間に有意差はみられなかった。

水質と貝の成長との関係

前述のように硝酸ナトリウムの添加により変化を示した水質要因は、nitrite および phosphate であって、nitrate と nitrite とはその含有量において正比例の、phosphate とは逆比例の関係がみられた。本実験に用いたような汙過循環式飼育装置では、厳密な意味での単要因のみの変化を期待することは困難であり、さらに現段階では nitrite および phosphate が貝の成長に及ぼす影響については全く明らかにされていない。

しかしながら、本実験における供試貝の成長は硝酸ナトリウムの添加量のちがいによって明らかな差異がみられない。このことは nitrate と比例関係にある nitrite についてもその含有量が0.15から2.16 (平均0.27~1.36) $\mu\text{g-at N}/\ell$ の範囲内ではほとんど貝の成長に障害を与えないものと判断される。一方、phosphate については、一般にこのような減少と同時に起るところの pH およびアルカリ度の低下もみられず、おそらく貝に与える影響はなかったものと推察される。

各水槽の pH は8.05から8.15 (平均8.09~8.11) の範囲内にあり、別の実験で確かめられたアコヤガイの成長をもたらし得る下限点 7.935¹¹⁾ よりかなり高く、このような条件下では nitrate の含有量の増加はアコヤガイの成長にほとんど影響を与えないものと判断される。

論 義

1) 平山³⁾は海水中の nitrate がマダコに与える影響について実験し、正常な海水中でも nitrate の添加はマダコに障害を与え、さらに pH およびアルカリ度が低下した場合、その作用はより著しくなるとしている。同氏の実験の場合の“正常”とは pH7.6~7.8であって、アコヤガイの場合には成長を持続することが不可能な範囲である¹¹⁾。しかしながら、同氏の後半の論議からすると、pH およびアルカリ度がある値以上の場合には nitrate の影響もほとんど認められなくなる、と推察することが可能なようにも思われる。

そこで筆者らはこれらの問題点を明らかにするために、pH と nitrate とを分離してそれぞれがアコヤガイの成長に与える影響について検討した。結果として、pH のちがいによる貝の成長には著しい差異を生じ¹¹⁾、一方、pH 8.05~8.15 (平均 pH 8.09~8.11) の範囲内では nitrate の含有量のちがいによる貝の成長にはほとんど差がみられなかった。

しかしながら、pH が低下した場合、nitrate の影響が増大し、pH の低下の影響に計算されるかどうか、現段階では明らかでない。また、沝過循環式飼育水は海水に比較して carbonate, nitrite, phosphate などの値も高く、これらの塩が pH の低下により解離した場合、貝にどのように作用するか、nitrate と併行して検討されねばならない。

2) アコヤガイ養殖漁場における nitrate の含有量は特殊の場合、例えば河川水、工場、都市排水の流入などを除き $5 \mu\text{g-at N}/\ell$ 以下 (アゴ湾, 1968¹⁵⁾) であって、本実験における含有量、 $10000 \mu\text{g-at N}/\ell$ にくらべ著しく低い。また pH も通常、8.1~8.3 に保たれている。これらのことから、一般の養殖漁場においては海水中の nitrate の含有量のちがいが直接、アコヤガイの成長を左右するとは考えられない。

要 約

沝過循環水槽を用い、各槽にそれぞれ異なった量の硝酸ナトリウム、 $0\sim 10000 \mu\text{g-at N}/\ell$ を添加し、その中でアコヤガイを52日間、飼育して nitrate が貝の成長におよぼす影響を調査した。

1) 実験期間を通じての各水槽の nitrate の平均含有量は 11, 588, 1116, 2479, 5151, 10540 $\mu\text{g-at N}/\ell$ であった。

2) 水質分析の結果、水槽相互間に量的な差がみられたのは nitrite と phosphate のみで、nitrate の含有量と前者のそれとは正比例の、後者のそれとは逆比例の関係がみられた。

3) 期間中の各槽の pH 値は8.05から8.15 (水槽別平均, 8.09~8.11), アルカリ度は1.96から2.24 (平均, 2.10~2.14) mN, nitrite は0.15から2.16 (平均, 0.27~1.36) $\mu\text{g-at N}/\ell$ の範囲内であった。

4) 期間中の各貝群の水中重量の累積増加量は nitrate 含有量の少ない水槽から432, 416, 496, 428, 316, 370 mg/oyster であった。

5) 飼育水の nitrate あるいは nitrite 含有量と貝の成長量との間には何らの相関関係も認められなかった。

6) 以上の結果から、海水の pH が8.05 (平均8.09) 以上、またアルカリ度が1.96 (平均, 2.10) mN 以上の場合においては、nitrate のかなりの量 ($10000 \mu\text{g-at N}/\ell$ 以下) の存在も貝の成長に直接、影響を及ぼすことはない、と判断される。

Summary

The present study has been done to make clear the effect of nitrate content of culture water on the growth of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata* (Gould). Thirty one-year-old oysters were divided into six groups of 5 animals each, which were reared in respective recirculating tanks for 52 days. Each group was given rice powder as food at a rate of 40 mg per oyster per day. Fifteen liter of the circulating culture water of 40 ℓ in each rearing apparatus was changed with fresh seawater twice a day. Nitrate content of the rearing water was kept at various levels in the five tanks by adding necessary amounts

of sodium nitrate to the water at the start of experiment and after every partial change of water. During the course of the experiment chemical analysis of culture water and measurement of under-water weight of animals were made eight and nine times at intervals of one week respectively.

The results obtained are summarized as follows;

1) Average nitrate contents throughout the experimental period in a control tank and the 5 experimental tanks were 11, 588, 1116, 2478, 5151 and 10540 $\mu\text{g-at N}/\ell$, respectively.

2) Chemical factors which exhibited distinct quantitative differences among the tanks were nitrite and phosphate. There was a tendency that as the amount of nitrate added increased the nitrite content of rearing water increased and the phosphate content decreased.

3) Chemical factors other than the above-mentioned two showed no marked differences among the tanks. Throughout the course of the experiment pH were within the limits of 8.05 to 8.15 (average in each tank, 8.09-8.11), alkalinity were 1.96 to 2.24 (average, 2.10-2.14) mN and nitrite were 0.15 to 2.16 (average, 0.27-1.36) $\mu\text{g-at N}/\ell$.

4) The growth of the oysters during the experimental period in the six tanks in order of increasing nitrate content was 432, 416, 496, 428, 316 and 370 mg per oyster in cumulative increase of under-water weight.

5) From the results obtained, it may be concluded that nitrate less than 10000 $\mu\text{g-at N}/\ell$ in rearing water has no harmful influences on the growth of oysters under the conditions that pH of seawater is over 8.05 (average, 8.09) and alkalinity is over 1.96 (average, 2.10) mN.

文 献

- 1) 佐伯有常 1958. 魚介類の循環濾過式飼育法の研究。基礎理論と装置設計基準。日水誌 23 (2) : 648-695.
- 2) Oliver, J.H. 1957. The chemical composition of the sea water in the aquarium. Proc. Zool. Soc. Lond. 129 (1) : 137-145.
- 3) 平山和次 1966. 海水中の硝酸塩のマダコに与える影響。日水誌 32(2) : 105-111.
- 4) 桑谷幸正・西飯保 1968. アコヤガイの飼育餌料としての米粉末について。日水誌 34 (3) : 191-204.
- 5) 桑谷幸正・西飯保 1967. 水槽飼育アコヤガイの成長におよぼす米粉末投与量の影響について。国立真珠研報 12 : 1409-1431.
- 6) 日本海洋学会 1958. 海洋観測指針。
- 7) Strickland, J.D.H and Parsons, T.R. 1960. A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 125 (Nitrate:61-70).
- 8) 西飯保 1965. アコヤガイを測定するために用いた水中重量についての検討。国立真珠研報 10 : 1264-1282.
- 9) 桑谷幸正・西飯保 1966. アコヤガイの成長測定法。各種測定法の検討および水中重量の測定とその応用について。全真連技術会報 54 : 52-69.
- 10) 桑谷幸正・西飯保 1968. 水槽飼育アコヤガイの成長におよぼす各種緩衝試薬の影響について。国立真珠研報 13 : 1597-1616.
- 11) 桑谷幸正・西飯保 1969. アコヤガイの成長におよぼす飼育水の pH の影響について。日水誌 35(4) : 342-350.

- 12) 桑谷幸正・西飯保 1966. アコヤガイの水槽飼育にともなう水質変化と貝の成長について。国立真珠研報 11: 1308-1333.
- 13) 桑谷幸正・西飯保 1969. 水槽飼育アコヤガイの成長におよぼす収容密度と換水率の影響について。国立真珠研報 14: 1748-1764.
- 14) 桑谷幸正 1964. 人工餌料によるアコヤガイの飼育について。国立真珠研報 9: 1135-1142.
- 15) 桑谷幸正・植本東彦・西飯保・山村豊 未発表。漁場別養殖アコヤガイの成長におよぼす環境要因の影響について。

Appendix Table I. Data on qualities of culture water in the six tanks.

Date and days	Sodium nitrate added μg-at N/ℓ	Water-temperature °C	Chlorinity ‰	pH value (20°C)	Alkalinity mN	Ammonia -N μg-at/ℓ	Nitrite -N μg-at/ℓ	Nitrate N- μg-at/ℓ	Phosphate -P μg-at/ℓ	Calcium mg/ℓ
27. May 0 day	0	20.9	18.51	8.11	2.18	5.6	0.27	9	1.35	394.0
	625	"	18.56	8.06	2.10	3.7	0.30	560	1.87	394.0
	1250	"	18.56	8.07	2.08	3.8	0.30	1120	1.64	388.0
	2500	"	18.56	8.08	2.08	4.6	0.37	2400	1.24	388.8
	5000	"	18.57	8.08	2.12	5.3	0.37	5300	0.66	391.4
	10000	"	18.56	8.08	2.16	6.5	1.40	9500	0.54	376.8
3. Jun 7 days	0	22.4	18.46	8.13	2.03	7.3	0.38	9	1.00	390.5
	625	"	18.43	8.11	2.07	9.6	0.47	610	1.55	378.5
	1250	"	18.38	8.10	2.05	6.2	0.43	1190	1.30	388.8
	2500	"	18.55	8.10	2.16	8.8	0.50	2550	0.55	385.4
	5000	"	18.51	8.11	2.05	10.1	0.70	5500	0.15	385.4
	10000	"	18.37	8.10	1.96	7.0	1.90	10500	0.08	395.7
10. Jun 14 days	0	21.5	18.53	8.08	2.12	2.9	0.17	10	1.60	385.4
	625	"	18.55	8.09	2.13	3.6	0.30	570	1.60	374.2
	1250	"	18.57	8.09	2.06	3.2	0.33	1160	1.40	369.9
	2500	"	18.57	8.08	2.15	1.7	0.40	2600	0.90	385.4
	5000	"	18.53	8.09	2.18	3.4	0.51	5360	0.40	383.6
	10000	"	18.48	8.08	2.17	3.4	1.02	10800	0.20	380.2
17. Jun 21 days	0	21.6	18.48	8.06	2.12	9.9	0.20	9	1.12	386.9
	625	"	18.54	8.10	2.11	8.2	0.37	550	1.28	388.6
	1250	"	18.51	8.10	2.10	7.3	0.37	1150	0.96	385.2
	2500	"	18.56	8.08	2.10	9.8	0.46	2350	0.88	385.2
	5000	"	18.55	8.10	2.01	8.2	0.43	4750	0.32	385.2
	10000	"	18.63	8.09	2.16	8.2	1.06	9440	0.48	385.2

Date and days	Sodium nitrate added $\mu\text{g-at N}/\ell$	Water-temperature $^{\circ}\text{C}$	Chlorinity ‰	pH value (20°C)	Alkalinity mN	Ammonia -N $\mu\text{g-at}/\ell$	Nitrite -N $\mu\text{g-at}/\ell$	Nitrate -N $\mu\text{g-at}/\ell$	Phosphate -P $\mu\text{g-at}/\ell$	Calcium mg/ ℓ
24. Jun 28 days	0	21.9	18.36	8.09	2.17	9.9	0.23	8	1.12	412.2
	625	"	18.41	8.09	2.18	5.2	0.40	580	1.16	411.3
	1250	"	18.34	8.11	2.05	4.4	0.43	1010	1.00	394.7
	2500	"	18.39	8.09	2.18	5.1	0.73	2500	0.88	398.2
	5000	"	18.41	8.11	2.20	5.0	0.59	5000	0.24	402.6
	10000	"	18.41	8.08	2.10	7.3	1.00	0760	0.20	413.0
1. Jul. 35 days	0	21.7	18.39	8.11	2.11	3.5	0.23	14	0.88	372.1
	625	"	18.37	8.09	2.17	3.8	0.40	650	0.88	398.2
	1250	"	18.37	8.11	2.10	3.8	0.20	1080	1.04	394.7
	2500	"	18.36	8.08	2.07	3.2	0.46	2470	0.80	396.5
	5000	"	18.39	8.11	2.16	3.4	0.67	4600	0.40	391.3
	10000	"	18.35	8.08	2.09	4.2	1.00	9760	0	384.3
8. Jul. 42 days	0	22.0	18.32	8.15	2.20	6.5	0.31	14	0.80	375.6
	625	"	18.30	8.15	2.20	5.4	0.40	570	0.80	379.9
	1250	"	18.30	8.14	2.24	5.4	0.23	1025	0.80	379.9
	2500	"	18.35	8.14	2.14	5.5	0.63	2400	0.72	372.1
	5000	"	18.37	8.15	2.15	4.3	0.79	5800	0.56	367.7
	10000	"	18.36	8.13	2.21	6.1	2.61	13600	0.48	379.1
15. Jul. 49 days	0	21.9	18.12	8.09	2.19	8.5	0.36	17	0.72	391.4
	625	"	18.17	8.08	2.00	5.3	0.50	610	0.96	404.3
	1250	"	18.15	8.10	2.10	4.9	0.38	1190	0.90	387.1
	2500	"	18.17	8.06	2.10	4.7	0.39	2560	0.60	373.3
	5000	"	18.20	8.13	2.05	4.8	0.76	4900	0.42	395.7
	10000	"	18.17	8.05	2.12	6.4	1.00	9960	0.30	395.7

Appendix Table II. Data on growth of the test pearl oysters.

Date and days	Sodium nitrate added $\mu\text{g-atN}/\ell$	Increase in under-water weight		Date and days	Sodium nitrate added $\mu\text{g-atN}/\ell$	Increase in under-water weight	
		Cumulative mg/oyster	Daily mg/oyster			Cumulative mg/oyster	Daily mg/oyster
27. May 0 day	0	—	—	27. Jun 31 days	0	+ 380	+ 8.5
	625	—	—		625	+ 336	+ 6.2
	1250	—	—		1250	+ 384	+ 9.7
	2500	—	—		2500	+ 276	+ 8.5
	5000	—	—		5000	+ 328	+ 5.4
	10000	—	—		10000	+ 302	+ 6.0
3. Jun 7 days	0	+ 74	+ 10.5	4. Jul. 38 days	0	+ 398	+ 2.5
	625	+ 92	+ 13.1		625	+ 360	+ 3.4
	1250	+ 104	+ 14.8		1250	+ 440	+ 8.0
	2500	+ 104	+ 14.8		2500	+ 350	+ 10.5
	5000	+ 90	+ 12.8		5000	+ 320	— 1.1
	10000	+ 104	+ 14.8		10000	+ 340	+ 5.4
10. Jun 14 days	0	+ 186	+ 16.0	11. Jul. 45 days	0	+ 418	+ 2.8
	625	+ 186	+ 13.4		625	+ 396	+ 5.1
	1250	+ 184	+ 11.4		1250	+ 470	+ 4.2
	2500	+ 148	+ 6.2		2500	+ 398	+ 6.8
	5000	+ 172	+ 11.7		5000	+ 320	+ 0
	10000	+ 200	+ 13.7		10000	+ 356	+ 2.2
17. Jun 21 days	0	+ 282	+ 13.7	18. Jul. 52 days	0	+ 432	+ 2.0
	625	+ 260	+ 10.6		625	+ 416	+ 2.8
	1250	+ 282	+ 14.0		1250	+ 496	+ 3.7
	2500	+ 196	+ 6.8		2500	+ 428	+ 4.2
	5000	+ 270	+ 14.0		5000	+ 316	— 0.5
	10000	+ 240	+ 5.7		10000	+ 370	+ 2.0
20. Jun 24 days	0	+ 320	+ 12.6				
	625	+ 292	+ 10.6				
	1250	+ 316	+ 11.3				
	2500	+ 216	+ 6.8				
	5000	+ 290	+ 6.6				
	10000	+ 260	+ 6.6				

Appendix Table III. Data on under-water weight and whole, shell, meat weights of the test pearl oysters and field control pearl oysters.

Na NO ₃ -N added	Under-water weight. (g)			Wet weight (g)			Dry weight (g)	
	22. May	18. July	ΔW	Whole	Shell	Meat	Shell	Meat
0 <i>μg-at/ℓ</i>	2.70	3.34	+ 0.64	10.42	5.64	3.84	5.28	0.59
	2.88	3.33	+ 0.45	10.69	5.64	3.76	5.19	0.57
	2.75	2.95	+ 0.20	9.56	5.02	2.99	4.72	0.42
	2.91	3.02	+ 0.11	9.74	5.16	2.49	4.83	0.47
	2.66	3.02	+ 0.36	10.00	5.12	3.48	4.72	0.69
625 <i>μg-at/ℓ</i>	2.76	3.47	+ 0.71	10.09	6.04	2.06	5.58	0.33
	2.89	3.06	+ 0.17	9.63	5.73	2.69	4.86	0.46
	2.66	3.10	+ 0.44	10.31	5.50	2.54	4.97	0.44
	3.08	3.06	- 0.02	10.34	5.32	2.69	4.90	0.47
	2.65	3.41	+ 0.76	11.39	5.79	4.28	5.37	0.79
1250 <i>μg-at/ℓ</i>	2.68	2.97	+ 0.29	9.91	5.06	2.51	4.70	0.47
	2.98	3.11	+ 0.13	10.06	5.35	2.68	4.94	0.53
	2.78	3.62	+ 0.84	11.61	6.10	3.09	5.74	0.63
	2.98	3.45	+ 0.47	11.28	5.86	3.81	5.39	0.77
	2.98	3.68	+ 0.70	11.41	6.21	3.80	5.77	0.62
2500 <i>μg-at/ℓ</i>	2.65	3.06	+ 0.41	10.64	5.39	2.58	4.92	0.45
	2.65	3.69	+ 1.04	11.28	6.36	2.53	5.95	0.44
	2.91	3.20	+ 0.29	9.39	5.41	1.96	5.10	0.33
	2.62	3.19	+ 0.57	10.28	5.51	3.03	5.08	0.53
	2.90	3.48	+ 0.58	10.91	6.09	2.71	5.54	0.50
5000 <i>μg-at/ℓ</i>	3.08	3.37	+ 0.29	10.83	6.06	1.99	5.38	0.38
	2.95	3.09	+ 0.14	9.70	5.48	2.21	4.96	0.43
	2.70	3.24	+ 0.54	10.04	5.57	3.34	5.15	0.54
	2.75	3.31	+ 0.56	11.76	5.75	3.39	5.23	0.62
	2.75	2.79	+ 0.04	9.31	4.89	2.24	4.47	0.40
10000 <i>μg-at/ℓ</i>	2.73	3.11	+ 0.38	9.89	5.51	2.18	5.02	0.37
	2.78	3.41	+ 0.63	11.10	5.91	2.79	5.40	0.53
	2.72	3.25	+ 0.53	10.80	5.71	2.53	5.17	0.52
	2.90	3.14	+ 0.24	10.24	5.59	3.02	5.03	0.49
	3.01	3.42	+ 0.41	11.25	5.94	2.45	5.45	0.46
Field Control	—	3.79	—	12.67	6.58	4.61	5.94	0.78
	—	3.21	—	11.59	5.79	3.86	5.18	0.51
	—	3.12	—	10.89	6.03	2.78	5.03	0.48
	—	3.23	—	11.68	6.00	3.84	5.16	0.67
	—	3.31	—	11.98	5.80	4.31	5.18	0.73
	—	3.09	—	12.22	5.66	4.01	4.92	0.63
	—	3.65	—	12.91	6.51	4.43	5.76	0.86
	—	3.34	—	11.29	6.00	4.18	5.24	0.67
	—	3.09	—	10.23	5.45	3.10	4.93	0.43
	—	3.46	—	10.85	6.04	2.98	5.51	0.52

水槽飼育アコヤガイの成長におよぼす収容密度と換水率の影響について^{*,†}

桑 谷 幸 正・西 飯 保

国立真珠研究所

前報¹⁾の実験では、汙過循環式飼育装置を用い各装置の貝の収容数をかえて、飼育水を交換しない状態での期間中における水質の変化と貝の成長の変化とを調査し、貝の成長におよぼす水質諸要因の影響を明らかにしようとした。しかしながら、無換水の水槽で得られた貝の成長量は極めて小さく、各段階の成長量と水質条件とを結びつけるためには、よりよい条件での飼育が必要と考えられた。そこで今回同装置の飼育水の一部を毎日交換し、前回同様、貝の収容数をかえて水質と貝の成長量の調査を行ない、前回の実験結果を含めて総合的に検討したのでその結果を報告する。

材料および方法

供試貝：水中重量6.0~7.0gの健全な満1年6か月のアコヤガイ44個体を選出し、各群の平均水中重量がなるべく均等になるように12, 10, 8, 6, 4, 2, 2個の7群に分けた。

飼育装置および方法：飼育装置は前報¹⁾のFig. 1に示すとおり、スチロール製餌料槽、飼育槽、汙過槽(各25×25×30cm)3個よりなり送気により飼育水の攪拌と餌料供給および汙過のための循環とを行なった。餌料槽、飼育槽には約15ℓの海水を満し、飼育槽には供試貝を入れたビニール製網籠を垂下し、汙過槽には約9ℓの海水と排水量約6ℓ、重量約15kgの1~5mm径の貝殻まじりの砂とを入れた。循環回路のうち餌料投与回路(餌料槽⇔飼育槽)では飼育水が休みなく循環し、汙過回路(汙過槽⇔飼育槽)では1日2回の餌料投与時間(8~12時, 16~20時)には停止した。各回路の循環水量は1分間約0.5ℓであった。餌料は精白米を1昼夜以上淡水に浸漬しホモゲナイザーをもって30分間粉碎したものをを用いた。1日1貝当りの餌料投与量は精白米で30mgとした^{2,3)}。

交換水：両2個群のうちの1群の飼育水は1日に2回(各回の餌料投与前に)、その他の2~12個群(6群)は1日に1回(午前の餌料投与前に)、飼育水約39ℓのうち約15ℓを新しい海水と交換した。交換用の海水は前日に貯水槽にたくわえ、温度を調節し、水

* Yukimasa Kuwatani and Tamotsu Nishii. Effects of the number of animals and the exchange of water on the growth of Japanese pearl oyster in tank culture. With English summary, p. 1760. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 14: 1748—1764.

† 国立真珠研究所業績 No. 179. (国立真珠研究所報告14: 1748—1764. 昭和44年5月)

中懸濁物を沈澱させ、その上澄水を用いた。

実験期間および水質、貝成長量の調査：浜過砂の熟成を促進させるため1967年1月11日に満2年6か月の貝10個ずつを各飼育槽に収容し、1日1貝当り40mgの米粉を投与し無換水のまま放置した。1月23日浜過砂の硝酸化成能の十分な発達が認められたので、以後投餌を中止し1日15ℓの換水を行ない、2月1日にさきの貝を除いて供試貝を収容した。2月2日に投餌を開始し、2月6日およびそれ以後1週間ごとに4月10日まで計10回、水質分析および各貝群の成長量の測定を行なった。

水質分析：各測定日の投餌前（8～9時）に採水し、つぎの項目方法にしたがって分析した。pH値はガラス電極pH計を使用して測定した。アルカリ度はB.C.P.を指示薬として0.01N塩酸により滴定した。C.O.D.は強アルカリ性のもとにおける過マンガン酸カリ消費量を沃度滴定法を用いて定量した。アンモニア-NはWittingの沈澱法を用いNessler試薬による呈色を光電光度計（波長430m μ ）により測定した。亜硝酸-NはG.R.試薬による呈色を光電光度計（500m μ ）により測定した。硝酸-NはStrickland and Parsons⁴⁾の方法によった。溶存酸素量はWinklerの方法によった。カルシウムは2-Hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphthylazo)-3-naphthoic acidを指示薬として0.01 M EDTA-2Naにより滴定した。

貝成長量の測定：各測定日ごとに各貝群の全水中重量を測定^{5,6)}し、1貝当り累積増加

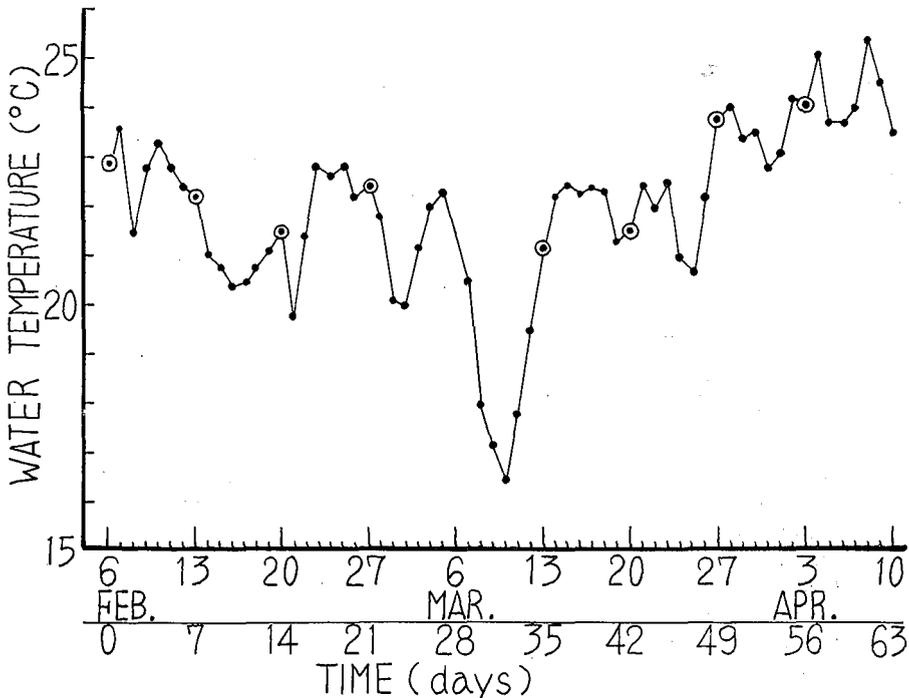


Fig. 1 Changes in temperature of culture water during the course of experiment. Double circles show the temperature on observation days.

量および日間増加量を算出した。また、飼育終了後、供試員の全湿重量、貝殻および肉質の湿重量、乾燥重量を測定した⁹⁾。

実験結果

飼育水の水温および水質の変化

各測定日の水温および水質分析の結果を Appendix Table I に示す。

1) 水温 (Fig. 1) : 3月8日から10日まで恒温箱の温度調節装置が故障したため一時的に16.5°Cまで下降したが、全般的には20~25°Cの範囲に保たれ、平均水温は21.96°Cであった。水槽相互間の差異はほとんど認められなかった。

2) pH値 (Fig. 2) : pH 7.8から8.1の範囲にあり、全般的には水温と同様、前期にやや高く中期に低く後期に高いV型の曲線をもって示される。各群飼育水を相互に比較すると収容貝数の多い飼育水ほど値が低い傾向がみられる。

3) アルカリ度 (Fig. 3) : 1.55 から 2.05mN の範囲にあり、全般的には水温、pHと逆

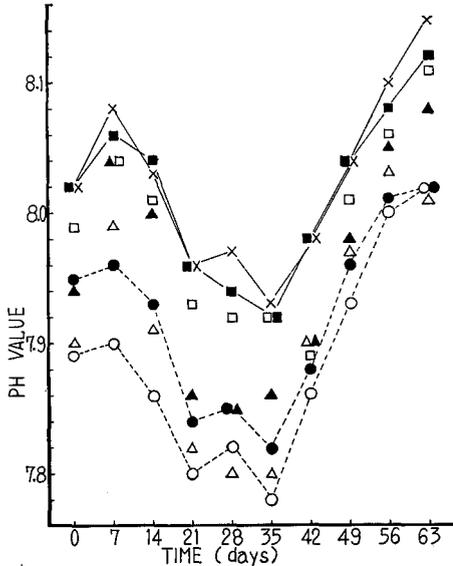


Fig. 2 Changes in pH of culture water during the course of experiment. Open and solid circles, open and solid triangles, open and solid squares indicate the tanks of 12, 10, 8, 6, 4 and 2 animals respectively in which culture water was exchanged partially with fresh seawater once a day. Cross marks indicate tanks of 2 animals where culture water was exchanged twice a day. The same symbols are used in Figs. 3-9.

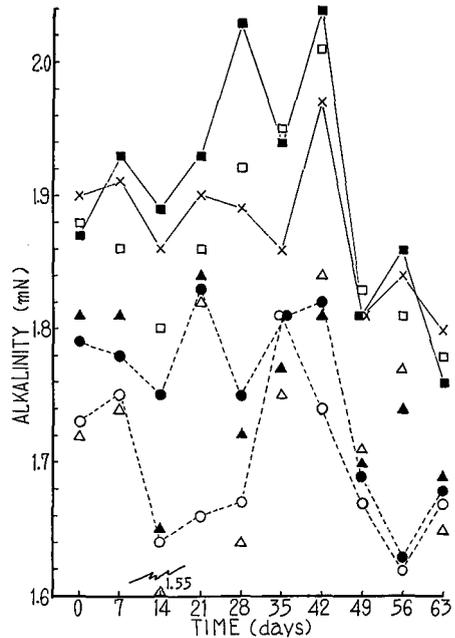


Fig. 3 Changes in alkalinity of culture water during the course of experiment.

に中期に高く、前後期に低くなっている。また、pH 値と同様に収容貝数の多い飼育水ほど値が低い傾向がみられる。

4) C.O.D. (Fig. 4) : O_2 消費量は0.6から2.1mg/l の範囲にあり、全般的な動きは横這いであって、収容貝数との間には何らの関係もみられない。

5) アンモニア-N (Fig. 5) : 3から18 $\mu\text{g-at./l}$ の範囲にあり、いずれの飼育水も飼育開始時を含め2~3回の peak を形造っている。各群飼育水を相互に比較すると収容貝数の

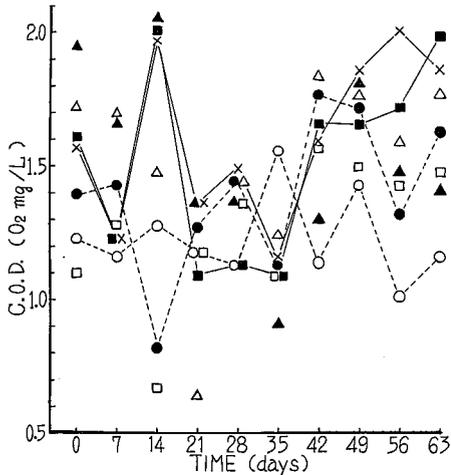


Fig. 4 Changes in C.O.D. of culture water during the course of experiment.

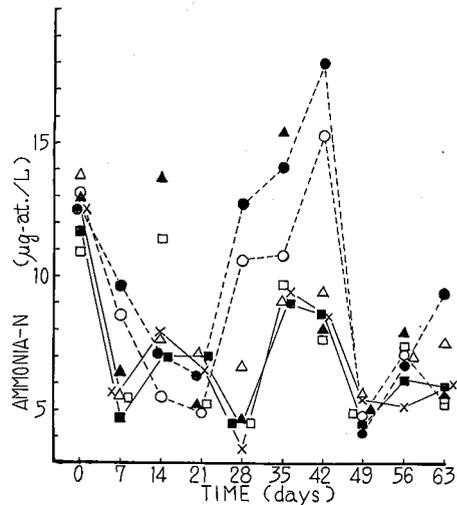


Fig. 5 Changes in ammonia-N content of culture water during the course of experiment.

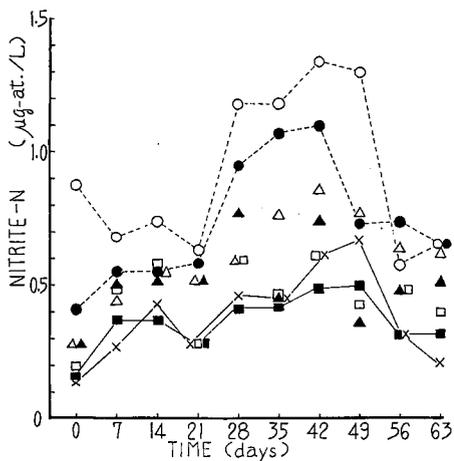


Fig. 6 Changes in nitrite-N content of culture water during the course of experiment.

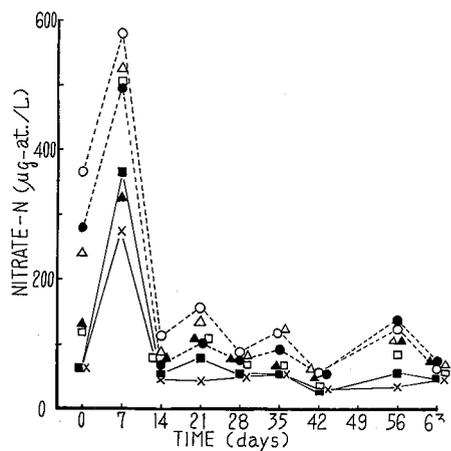


Fig. 7 Changes in nitrate-N content of culture water during the course of experiment.

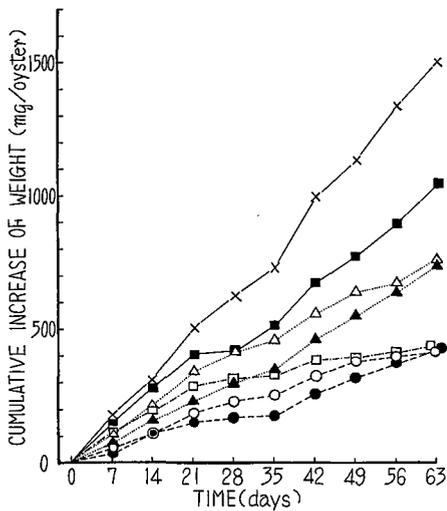


Fig. 8 Changes in cumulative increase of underwater weight of animals during the course of experiment.

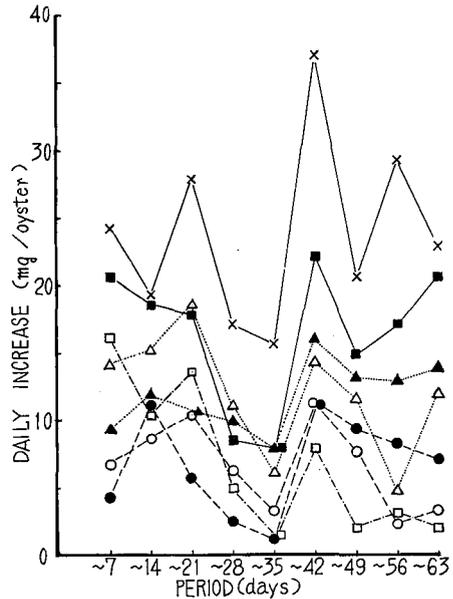


Fig. 9 Changes in daily increase of underwater weight of animals during the course of experiment.

多い飼育水ほどその含有量が多い傾向がみられるが、その差は顕著ではない。

6) 亜硝酸-N (Fig. 6) : 0.1 から 1.4 $\mu\text{g-at}/\ell$ の範囲にあり、アルカリ度と同様にいずれの群の飼育水も中期にその含有量が多くなっている。各群飼育水を相互に比較すると、明らかに収容貝数の多いものほど含有量が多い。

7) 硝酸-N (Fig. 7) : 30 から 600 $\mu\text{g-at}/\ell$ の範囲にあり、7日目を peak として初期に著しい増加がみられるが、14日目以降では 30 ~ 150 $\mu\text{g-at}/\ell$ と含有量が少なくなっている。各群飼育水相互間では収容貝数の多いものほどその含有量が多い。

貝の成長量の変化

各測定日における各群の水中重量の累積増加量および測定日間の平均日間増加量を Appendix Table I に示す。またそれらの変化を Fig. 8 および 9 に示す。

各群は最終測定日の結果からみて、成長の良好な群から、2回換水2個群、1回換水2個群、6および8個群、4、10および12個群の4クラスに区分される。4個群を除く各群は7日目からすでに分離し、その較差は経過日数とともに扇状に広がっている。4個群は7日目には両2個群のつぎに位置するが次第に他の群に追い越され最終的には10、12個群と同じ増加量を示した。

飼育終了後、供試貝の全湿重量、貝殻および肉質の湿重量および乾燥重量を測定した。結果を Appendix Table II に示す。それぞれの項目について各群の平均値の差の検定を行なったがいずれも有意性を認めることはできなかった。

考 察

前回¹⁾と今回の実験条件を対比すると、飼育水の交換の有無のほかは両回における米粉末投与量は1日1貝当り20mg:30mgと異なっているがその他の飼育装置および方法は全く同一である。この場合、餌料投与量のちがいによる成長差が問題となるが、桑谷・西飯の餌料投与量と貝の成長に関する実験²⁾によれば、収容貝数8個、1日1回換水、米粉末投与量1日1貝当り20mgと30mgの場合の平均成長量は水中重量5.75mgと6.51mgで、それらの比は1:1.13であった。また前回と今回の実験における成長量の比はその値が最も小さい2個群相互の場合でも1:2.04であった。したがって前回と今回の各群における成長量の差が米粉末投与量のちがいに起因するものとは考えられない。

供試貝については両回とも前年の夏に採苗されたもので、それらの水中重量は5.6~6.7g:6.0~7.0gであり、また実験時期は前回は4月11日から6月25日まで、今回は2月6日から4月10日までであって、貝が2~3月を冬眠状態で過すことを考えた場合、供試貝、実験時期ともに極めて近似しているとみることができる。ただし、貝の大きさ、実験時期による成長量のちがいについてはいまだ確かめられていない。

さらに前回と今回の飼育水温を比較すると、前回の水温は19~24°Cの範囲にあり、前半期にやや低くその間の変動中も大きいが後半期には比較的安定した値を示している。今回の水温は中期に一時的に16.5°Cにまで下降したが、大部分が20~25°Cの範囲内にある。このように両回の変化の状態にはかなりの相違がみられるが、平均水温は22.04:21.96°Cと極めて接近しており、全期間を通じてみた場合、貝の成長に著しい差異をもたらしているとは考えられない。

以上の判断から、以下の考察は前回と今回の実験結果を総合して行なう。

収容貝数および換水率と水質との関係

前回と今回の実験における収容貝数および換水回数に対する各水質要因の値をFig. 10に示す。まず収容貝数と水質の関係をみると、今回の実験におけるC.O.D.を除くとその他の諸要因は前回、今回ともに収容貝数が多くなればそれだけ水質的に悪くなることを示している。つぎに換水率と水質の関係では、無換水と1~2回換水の場合の各要因値を比較すると、アンモニア-Nを除くその他の要因ではいずれも1~2回換水の場合が水質的にみて良いことを示している。ただし前回の2個群、今回の両2個群の各要因値を比較するといずれもほとんど差が認められない。つまり、全般的には収容貝数に比例して、また換水回数に逆比例して水質が悪化しているが、C.O.D., アンモニア-Nおよび収容貝数が2個の場合に例外がみられる。

上記のような例外はとくに飼育水量に対して収容貝数が著しく少ない場合において、また飼育装置の浜過砂により絶えず硝酸化されしかも貝の代謝活動の盛衰による値の変動が著しく大きい要因において、生ずるものと考えられる。

なお、参考までに今回の分析用採水は午前の餌料投与直前に行なわれたため、1回換水の場合は前回の換水後24時間を、2回換水の場合は16~17時間を経ている。また1日当りの換水率は1回換水の場合が38.46%、2回換水の場合が62.13%となる。

収容貝数および換水率と貝の成長との関係

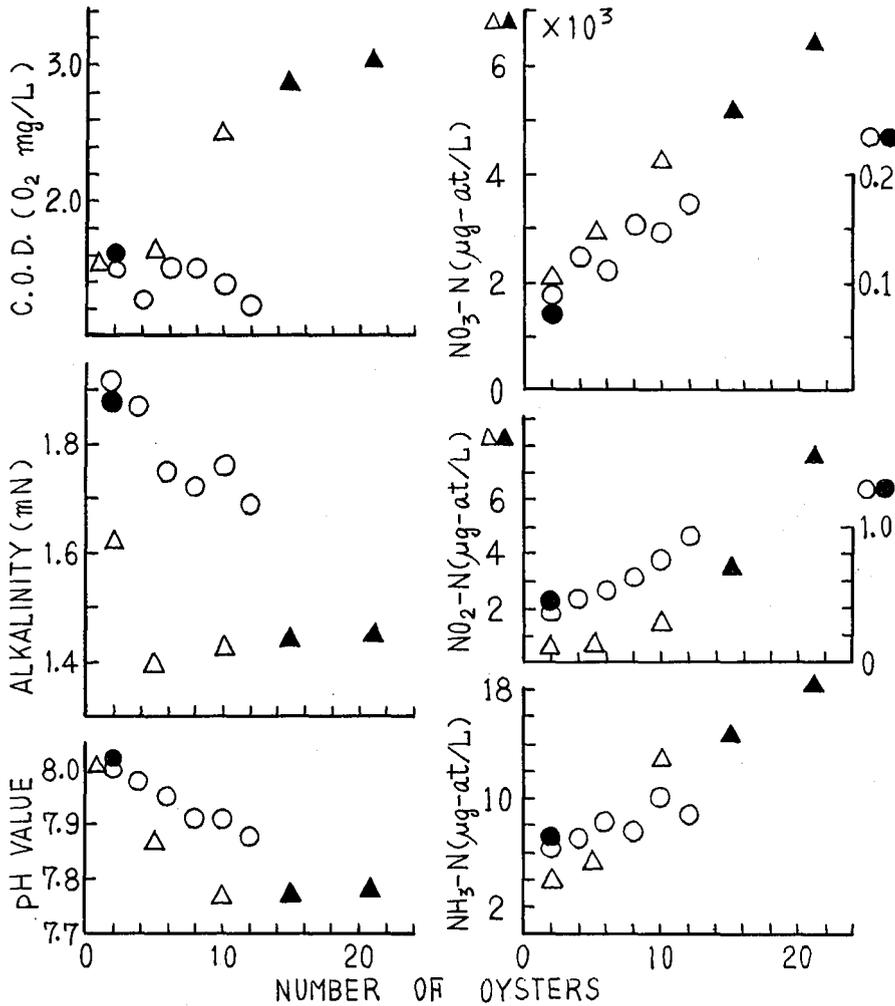


Fig. 10 Relations between the chemical factors of culture water and the number of animals under different rearing conditions, a) culture water was not exchanged during the whole period of experiment (triangles, exchanging rate 0%), b) exchanged once and twice a day (open and solid circles, 38.46% and 62.13%, respectively). Open triangles indicate tanks reared 2, 5 and 10 animals, and solid triangles 15 and 21 animals. Open circles indicate tanks reared 2, 4, 6, 8, 10 and 12 animals, and solid circles 2 animals. The same marks were used in Figs. 11-19.

今回の実験で各貝群の1貝当り累積増重量の変化はFig. 8に示すように、ほぼ直線的な伸びを示し、全般的には換水率の高い群ほど、また収容貝数の少ない群ほど増重量が大きい。しかしながら4個群の成長は次第に衰えて結果的には10、12個群とほぼ等しくなっている。そこでこの原因について、飼育装置、水温、水質および寄生虫の着生の有無などの調査を行なったが、結果的に明らかにすることができなかった。この点について、なお問

題は残るが本報告では以後この 4 個群に関する諸資料を除外して検討を行なう。

今回と前回の実験における収容貝数と各貝群の全期間を通じての 1 個当り 1 日平均増重量との関係を見ると Fig. 11 に示すように無換水の貝群と 1 回換水の貝群とにおいてそれぞれ回帰直線が得られ、しかも両直線の回帰係数は 1.054 と 1.025 であって、それらの両線はほぼ平行関係にあるものとみることができる。この図から飼育水を交換する度合いと貝の収容能力および貝の収容数に対する貝の成長量にはそれぞれある一定の関係があることが暗示される。

1 日当りの飼育水の交換率は前述のとおり無換水が 0%，1 回換水が 38.46%，2 回換水が 62.13% であり、また 2 回換水の場合の回帰係数を 1 回換水の場合と等しく 1.025 とおくと、それぞれの定数は 9.506, 18.523, 25.860mg となる。そこで換水率 (X%) と定数 (Ymg) との関係とを求めると

$$Y = 0.261X + 9.213$$

の直線式が得られる。また収容貝数 (N) と貝の成長量 (Wmg) との関係は、Fig. 11 の 1 回換水群と等しく 1.025 とすると

$$W = Y - 1.025N$$

によって示され、これらの両式から飼育水の交換率と貝の収容数を与えて貝の 1 日平均増重量を推算することができる。

$$W = 0.261X - 1.025N + 9.213$$

例えば、この飼育装置を用いて換水率を 100% (1 日に 1 回全飼育水を入れ換える)、養殖場での 1 日当り平均増重量 30mg を得るための貝収容数は約 5 個となる。

しかしながら、理論的には水の交換率および貝の収容数と貝の成長量との関係は交換率および飼育水量がより大きくなった場合には曲線をもって示されるものと考えられ、またそれぞれの値はこの実験に使用した装置の水量および浄化能力によって得られたものであって、装置の規模・能力が異なる場合には改めて検討する必要がある。

水質と貝の成長との関係

無換水と 1 回換水の場合の各水質要因の平均値と各貝群の 1 日当り平均成長量を Table I に、またそれらの関係を Figs. 12~17 に示した。ただし、無換水の場合の収容貝数 10, 15, 21 個の 3 群の平均成長量はいずれも負となっており、しかもこれら 3 群の各水質要因値と貝成長量との間には何らの相関性もみられない。そこで無換水の場合はこれら 3 群を、また 1 回換水の場合はさきに述べた理由により 4 個群を除外した。

無換水と 1 回換水のそれぞれの場合における各水質要因値と貝成長量との回帰直線を求めると、平均成長量が 0 の場合に、無換水と 1 回換水の場合の値がほぼ等しい要因は pH

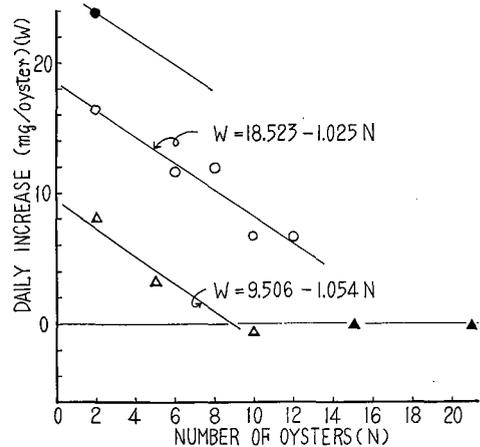


Fig. 11 Relations between the growth and the number of animals.

Table I. Average values of the chemical factors of culture water and the growth of pearl oysters throughout the rearing period in the previous and present experiments. * U.W.W. indicates the under-water weight of animals.

		NO. of oysters	Average value and content							
			Daily increase of U.W.W.* mg	pH	Alkalinity mN	C.O.D. O ₂ mg	NH ₃ -N μg-at/l	NO ₂ -N μg-at/l		NO ₃ -N μg-at/l
Exchanging rate of culture water	0% per day	21	-0.05	7.78	1.45	3.03	18.39	7.62	6448	Previous exp. (1966)
		15	-0.03	7.77	1.44	2.88	14.73	3.44	5155	
		10	-0.62	7.77	1.42	2.49	12.75	1.40	4298	
		5	3.15	7.87	1.39	1.63	5.40	0.56	2921	
		2	8.08	8.02	1.62	1.57	3.76	0.50	2037	
	38.46%	12	6.70	7.88	1.69	1.23	8.53	0.93	172	Present exp.
		10	6.78	7.91	1.76	1.38	9.95	0.76	146	
		8	11.97	7.91	1.72	1.50	7.63	0.62	153	
		6	11.70	7.95	1.75	1.51	8.38	0.53	111	
		4	6.87	7.98	1.87	1.26	7.14	0.47	123	
	62.13%	2	23.81	8.02	1.88	1.60	6.81	0.41	71	

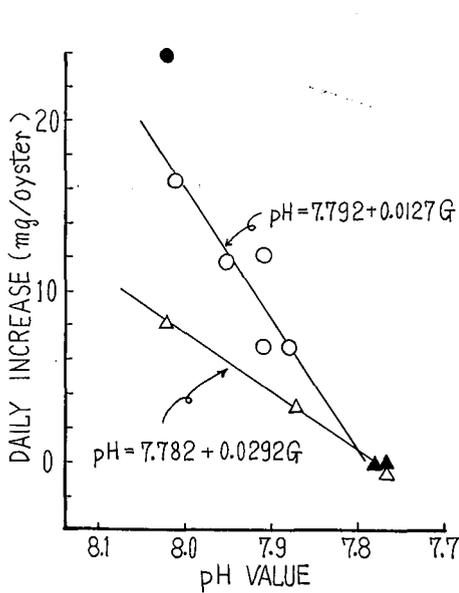


Fig. 12 Relations between the growth of animals and the pH of culture water.

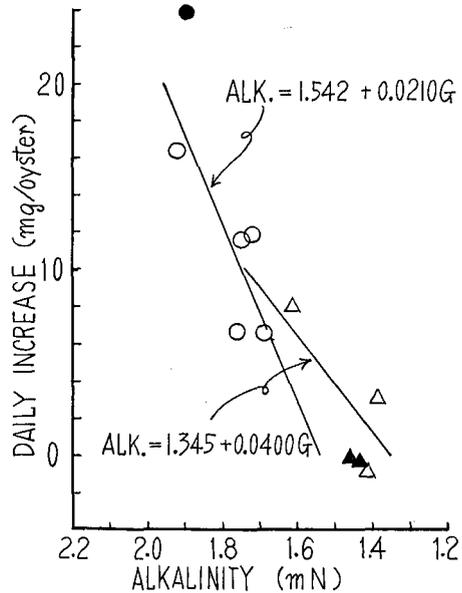


Fig. 13 Relations between the growth of animals and the alkalinity of culture water.

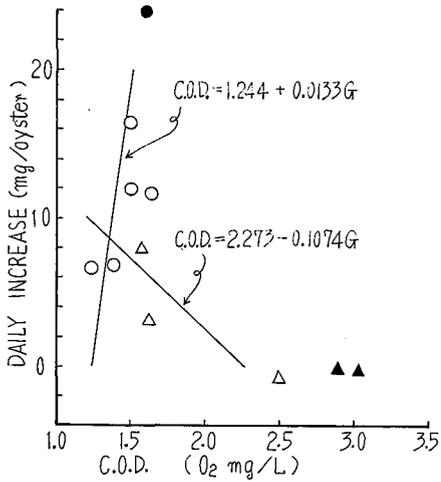


Fig. 14 Relations between the growth of animals and the C.O.D. of culture water.

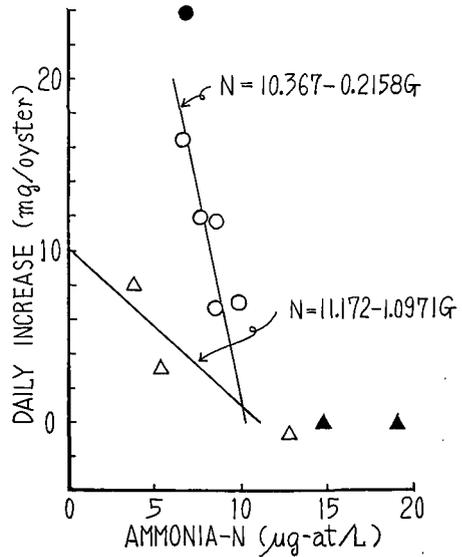


Fig. 15 Relations between the growth of animals and the ammonia-N content of culture water.

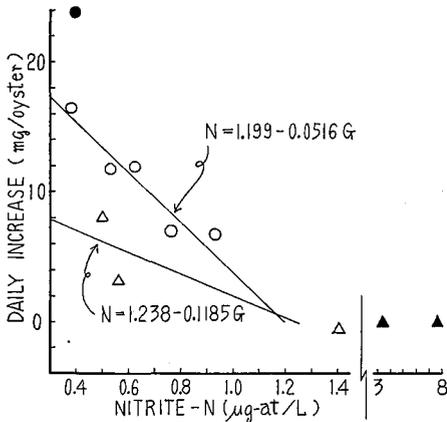


Fig. 16 Relations between the growth of animals and the nitrite-N content of culture water.

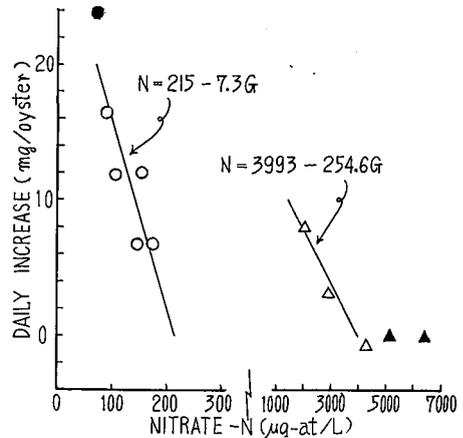


Fig. 17 Relations between the growth of animals and the nitrate-N content of culture water.

(平均7.79), アンモニア-N (平均 10.77 $\mu\text{g-at}/\ell$), 亜硝酸-N (平均 1.22 $\mu\text{g-at}/\ell$) であって、これは個々の要因としてではなく、それらの平衡がこの様式、規模の飼育装置において貝が成長し得る水質条件の最低限界を示しているものと考えられることができる。しかしながらそれらの要因個々について無換水と1回換水の場合とを比較すると、いずれの要因も無換水の場合に成長量が著しく低くなっており、換水の有無によって貝の成長量を左

右するところの別の要因の存在が暗示される。

一方、アルカリ度、C.O.D., 硝酸-N については、換水の有無によって貝の成長量が0の場合の値が異なっており、これらの要因は貝の成長に対して副次的な影響をもたらすものと考えられる。

まず、これらのうち C.O.D. に関しては、貝の平均成長量が負となった無換水の場合の10, 15, 21個の3群とそれ以外の各群および1回換水, 2回換水の各群の飼育水との値は明らかに異なっており、このような現象は飼育装置の有機物分解能に対して貝の排泄物量が著しく多い場合に生ずるものと考えられ、飼育装置に対して著しく貝の収容密度が過剰であるか、換水量の不足の場合の指標になるものと考えられる。しかしながら無換水の2, 5個両群の飼育水は、1回換水の各群の飼育水と同様な値を示しており、無換水10個群を除くこれら各群の成長量と C.O.D. の値との間には何らの関係もみられない。

つぎに硝酸-N に関しては、各群飼育水の含有量は無換水と1回換水とで全く分離している。筆者らは別の実験⁷⁾において、硝酸塩はその飼育水の pH が8.05 (飼育期間最低値, 同平均値は8.09), アルカリ度が1.96 (平均値2.10) mN 以上の場合には貝の成長に何らの障害をおよぼさないという結果を得ている。前回および今回のいずれの実験においても pH, アルカリ度はともにそれらの値より低く、平山がマダコを対象とした実験⁸⁾において述べているように、pH 値の低下にともなって硝酸塩の阻害作用が増大する可能性が考えられる。しかしながら一方、貝の成長量と pH 値との関係 (Fig. 12) をみると、例えば pH 値がさらに高くなったとしても、無換水と1回換水の場合における貝の成長量の較差が縮小されるとは考えられない。つまり、硝酸塩含有量の増加が直接、貝の成長を阻害する原因になっているとは考えられない。

なお、亜硝酸塩に関しても、同実験⁷⁾において pH 値, アルカリ度が正常の場合には亜硝酸-N が2.16 (平均1.36) $\mu\text{g-at}/\ell$ 以下では貝の成長に何らの影響も与えないという結果を得ており、あるいは、硝酸塩と同様に、貝の成長に対しては pH 値, アルカリ度の低下の場合にのみ副次的な阻害要因になるかもしれない。

一方、アルカリ度について、1回換水, 無換水のそれぞれの場合における pH 値

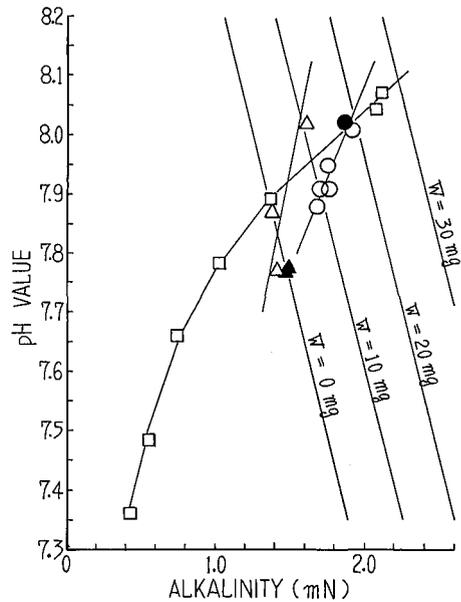


Fig. 18 Relations between pH and alkalinity of culture water. Open squares indicate the data from a previous experiment (1969. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 33 (4)) in which pH of culture water were adjusted with hydrochloric acid. Straight lines running from upper-right to lower-left indicate the growth of animals calculated from a multiple correlation equation noted in the text.

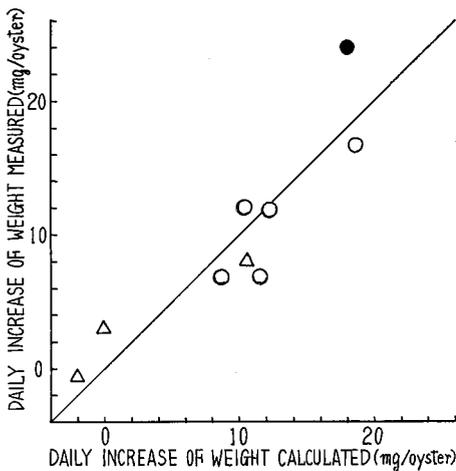


Fig. 19 Relations between the daily increase of under-water weight of animals measured actually and that calculated from the multiple correlation equation on pH, alkalinity and growth.

との関係を見ると、Fig. 18に示すように換水の有無によって pH 値にはほとんど差がみられないがアルカリ度には著しい差がみられる。これは無換水の場合には飼育水中の硝酸塩、燐酸塩などが増加し、水中のカルシウムやマグネシウムを消費してアルカリ度を減少させた結果であり、換水の有無による成長量の差は pH 値とアルカリ度の複合作用によるものではないかと想定される。なおこの点に関して、筆者らは別に飼育水の pH 値と貝の成長量に関する実験⁹⁾を行なったが、その結果、両者の関係は回帰直線をもって示され、貝の成長量が 0 の場合の pH 値は 7.935 と計算された。今回と前回の実験から得られた pH 値は 7.786 であり、この様な違いをもたらした原因について検討すると、同実験においては pH 値を下げるために塩酸を使用し、結果としてこれらの pH に対するアルカリ度は Fig. 18

に示すように著しく低い値を示している。つまり、同実験において pH 値を対照群の飼育水以下に調節された各群の成長は低い pH と低いアルカリ度の影響が加えられて著しく悪化し、そのため貝の成長量 0 における pH 値を高めたものと推察される。

以上の推察にもとづき、前回と今回の実験における各群飼育水の平均 pH 値 (pH)、平均アルカリ度 (AlmN)、貝の平均成長量 (Wmg) を 3 変数とする重回帰方程式を求めると

$$W = 27.5969pH + 28.2171Al - 256.4581$$

が得られ、F 検定の結果、回帰の全体として 1% 水準で有意性が認められた (Fig. 19)。

$$F_2^2(0.01) = 10.92 < F = 31.65$$

また、pH を固定した場合のアルカリ度と貝の成長との標準偏回帰係数は 0.32、アルカリ度を固定した場合の pH と貝の成長とのそれは 0.71 であって、貝の成長にとってアルカリ度がより強い要因になっていると考えられる。

以上により、pH 値とアルカリ度はその複合が貝の成長量と有意に相関しており、また、前述のように、これらの値の変化が他要因の貝の成長に対する阻害性を増減する可能性があり、この種の水槽飼育においては pH とアルカリ度の複合が貝の成長に対する支配的要因であると推定される。

要 約

前回の実験では浜過循環式飼育装置を用い、期間中飼育水を交換しないで、各装置の収容貝数をかえてアコヤガイを飼育し、期間中の水質と貝成長量の変化とを調査した。今回

の実験では同じ飼育装置を用い、1日1回あるいは2回、飼育水の一部を交換し、同様に各装置の収容貝数をかえて調査を行ない、前回の実験結果を併せて、収容貝数、換水率およびそれらによる水質条件と貝の成長量との関係を検討した。

1) 収容貝数および換水率と水質各要因値との関係は、収容貝数が少なければそれだけ、また無換水より換水の場合が水質的にみて良好な値を示す。しかしながら、収容貝数が飼育水の水量に対して著しく少ない場合に、また汚過砂により硝酸化され貝の代謝活動の盛衰により著しく変化するような要因については、一部の例外が認められる。

2) 収容貝数と貝成長量の関係は無換水、1回換水のいずれの場合においても回帰直線をもって示され、しかもそれらの両線は平行関係にあり、収容貝数(N)、換水率(X%)および貝の成長量(Wmg, 1日当り水中重量増加量)には一定の関係があると考えられる。両実験に使用した飼育装置においてはつぎの関係式が得られた。

$$W=0.261X-1.025N+9.213$$

3) 両実験におけるpH値(pH)、アルカリ度(AlmN)および貝の成長量(Wmg, 1日当り水中重量増加量)を3変量とする重回帰は1%水準において有意性が認められた。

$$W=27.5969pH+28.2171Al-256.4581$$

また、これまでに行なわれた諸実験によれば、これらの値の変化は他の要因の貝の成長に対する阻害作用を増減する可能性がある。したがって調査した6要因のうちpH値とアルカリ度の組み合わせが主として貝の成長を支配したものと推定される。

Summary

The present study has been done to make clear the effect of the number of animals being reared and the exchange of culture water with fresh seawater on the growth of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata* (Gould), in tank culture. Forty four healthy one-year-old animals were divided into seven groups of 12, 10, 8, 6, 4, 2 and 2 animals each which were reared in respective rearing apparatus for 63 days. The amount of culture water of each apparatus was 39 liters. Each group was given rice powder as food at a rate of 30 mg per animal per day. Fifteen liters of the culture water was exchanged with fresh seawater once a day in six apparatus holding 2-12 animals and twice a day in the other apparatus of 2 animals. Chemical analysis of culture water and measurement of under-water weight of animals were made ten times at intervals of one week during the experimental period.

From the results obtained in the present experiment and those in a previous experiment (1966. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 11:1208-1333) in which the same apparatus were used and the culture water was kept unexchanged throughout the experimental period, the following discussions are drawn:

1) There was a tendency that as the number of animals in rearing apparatus decreased or the exchanging rate of culture water increased, pH value and alkalinity of the culture water increased, while ammonia, nitrite and nitrate contents and C.O.D. decreased. However, a few exceptions were found in such a case that the number of animals was very few

to the volume of culture water and in such chemical factors that are nitrified in the filter sand and fluctuate markedly depending on the variety of metabolic activity of the animals.

2) The relation between the number and the growth of animals were expressed in a linear regression in either experiment. These two regression lines run parallel with each other. From these facts it is estimated that a direct and qualitative relationship may be kept among the number of animals (N), exchanging rate of culture water (X%) and growth of animals (W mg., daily increase of under-water weight). The relation was represented by the following expression.

$$W=0.261X-1.025N+9.213$$

3) The multiple correlation among pH (pH) and alkalinity of culture water (Al mN) and the growth of animals was represented by the following expression and it was significant at the one percent level in Snedecor's F test.

$$W=27.5969 \text{ pH}+28.2171 \text{ Al}-256.4581$$

A possibility is suggested from the results of experiments by several workers that the change of those factors may give some variety to the influences of other chemical factors on the growth of animals. Accordingly, it may be judged that a combination of those factors controls mainly the growth of animals in tank culture.

文 献

- 1) 桑谷幸正・西飯保 1966. アコヤガイの水槽飼育にともなう水質変化と貝の成長について。国立真珠研報 11: 1308—1333.
- 2) 桑谷幸正・西飯保 1967. 水槽飼育アコヤガイの成長におよぼす米粉末投与量の影響について。国立真珠研報 12: 1409—1431.
- 3) 桑谷幸正・西飯保 1968. アコヤガイの飼育餌料としての米粉末について。日水誌 34 (3): 191—204.
- 4) Strickland J.D.H. and Parsons T.R. 1960. A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 125 (Nitrate: 61—70).
- 5) 西飯保 1965. アコヤガイを測定するために用いた水中重量についての検討。国立真珠研報 10: 1264—1282.
- 6) 桑谷幸正・西飯保 1966. アコヤガイの成長測定法。各種測定法の検討および水中重量の測定法とその応用について。全真連技術会報 54: 52—69.
- 7) 桑谷幸正・西飯保 1969. アコヤガイの成長におよぼす飼育水中の nitrate の影響について。国立真珠研報 14: 1375—1747.
- 8) 平山和次 1966. 海水中の硝酸塩のマグロに与える影響。日水誌 32 (2): 105—111.
- 9) 桑谷幸正・西飯保 1969. アコヤガイの成長におよぼす飼育水の pH の影響について。日水誌 35 (4): 342—350.

Appendix Table I. Data on the qualities of culture water and the growth of pearl oysters. * Six groups of 12-2 animals reared in the tanks in which the culture water was exchanged partially with fresh seawater once a day and one group of 2 animals (2") twice a day. The same matters are indicated in Appendix Table II.

Date Elapsed days	No. of animals*	W.T. °C	pH	Alkalinity mN	C.O.D. O ₂ mg/ℓ	NH ₃ -N μg-at/ℓ	NO ₂ -N μg-at/ℓ	NO ₃ -N μg-at/ℓ	O ₂ cc/ℓ	Ca mg/ℓ	Increase in under-water weight		
											Cumulative		Daily
											g/group	mg/oyster	
6 Feb. 0 day	12	23.1	7.89	1.73	1.23	13.1	0.88	365	4.88	390	—	—	—
	10	22.9	7.95	1.79	1.39	12.5	0.41	280	4.96	393	—	—	—
	8	23.0	7.90	1.72	1.72	13.8	0.28	240	4.79	392	—	—	—
	6	22.9	7.94	1.81	1.95	12.9	0.28	130	4.87	384	—	—	—
	4	22.8	7.99	1.88	1.10	10.9	0.20	20	4.91	388	—	—	—
	2	22.8	8.02	1.87	1.61	11.7	0.16	64	4.93	385	—	—	—
	2"	22.7	8.02	1.90	1.57	12.6	0.14	63	4.99	383	—	—	—
13 Feb. 7 days	12	22.3	7.90	1.75	1.16	8.5	0.68	580	4.89	419	0.56	46.7	6.67
	10	22.3	7.96	1.78	1.43	9.6	0.55	495	4.94	426	0.30	30.0	4.29
	8	22.2	7.99	1.74	1.70	5.5	0.43	525	4.95	417	0.79	98.8	14.11
	6	22.2	8.04	1.81	1.66	6.4	0.50	325	5.03	417	0.39	65.0	9.29
	4	22.1	8.04	1.86	1.28	5.4	0.48	505	5.01	418	0.45	112.5	16.07
	2	22.1	8.06	1.93	1.23	4.7	0.37	365	5.03	417	0.29	45.0	20.71
	2"	22.1	8.08	1.91	1.23	5.7	0.27	275	5.01	410	0.34	170.0	24.29
20 Feb. 14 days	12	21.4	7.86	1.64	1.28	5.5	0.74	115	5.02	376	1.29	107.5	8.69
	10	21.4	7.93	1.75	0.82	7.1	0.55	72	5.10	397	1.08	108.0	11.14
	8	21.3	7.91	1.55	1.48	7.7	0.55	90	5.09	379	1.64	205.0	15.18
	6	21.3	8.00	1.65	2.06	13.7	0.52	77	5.05	391	0.89	148.3	11.90
	4	21.2	8.01	1.80	0.67	11.4	0.58	82	5.05	391	0.74	185.0	10.36
	2	21.3	8.04	1.89	2.01	7.0	0.37	57	5.12	388	0.55	275.0	18.57
	2"	21.2	8.03	1.86	1.97	7.9	0.43	48	5.12	390	0.61	305.0	19.29
27 Feb. 21 days	12	22.4	7.80	1.66	1.18	4.9	0.63	157	4.97	385	2.16	180.0	10.36
	10	22.4	7.84	1.83	1.27	6.3	0.58	104	4.94	373	1.48	148.0	5.71
	8	22.4	7.82	1.82	0.64	7.1	0.52	135	4.84	374	2.68	335.0	18.57
	6	22.4	7.86	1.84	1.36	5.2	0.52	107	4.90	378	1.33	221.7	10.48
	4	22.3	7.93	1.86	1.18	5.2	0.28	107	4.90	385	1.12	280.0	13.57
	2	22.2	7.96	1.93	1.09	7.0	0.28	80	4.92	378	0.80	400.0	17.86
	2"	22.2	7.96	1.90	1.36	6.5	0.28	43	4.94	375	1.00	500.0	27.86

Date Elapsed days	No. of animals	W.T. °C	pH	Alkalinity mN	C.O.D. O ₂ mg/ℓ	NH ₃ -N μg-at/ℓ	NO ₂ -N μg-at/ℓ	NO ₃ -N μg-at/ℓ	O ₂ cc/ℓ	Ca mg/ℓ	Increase in under-water weight		
											Cumulative		Daily
											g/group	mg/oyster	mg/oyster
6 Mar. 28 days	12	—	7.82	1.67	1.13	10.6	1.18	89	5.08	405	2.69	224.2	6.31
	10	—	7.85	1.75	1.45	12.7	0.95	78	5.06	414	1.66	166.0	2.57
	8	—	7.80	1.64	1.45	6.6	0.59	84	4.91	403	3.30	412.5	11.07
	6	—	7.85	1.72	1.37	4.6	0.77	80	4.99	414	1.75	291.7	9.99
	4	—	7.92	1.92	1.36	4.5	0.59	72	5.05	410	1.26	315.0	5.00
	2	—	7.94	2.03	1.13	4.5	0.41	56	5.04	403	0.82	410.0	8.57
	2"	—	7.97	1.89	1.49	3.5	0.46	52	5.08	412	1.24	620.0	17.14
13 Mar. 35 days	12	21.3	7.78	1.81	1.56	10.8	1.18	120	5.10	429	2.97	247.5	3.33
	10	21.3	7.82	1.81	1.13	14.1	1.07	94	5.16	392	1.75	175.0	1.29
	8	21.3	7.80	1.75	1.24	9.1	0.76	125	5.03	402	3.64	455.0	6.07
	6	21.2	7.86	1.77	0.91	15.4	0.45	68	5.09	402	2.08	346.7	7.86
	4	21.2	7.92	1.95	1.09	9.7	0.47	68	5.14	386	1.30	325.0	1.43
	2	21.2	7.92	1.94	1.09	9.0	0.42	57	5.13	378	1.03	515.0	7.86
	2"	21.1	7.93	1.86	1.16	9.4	0.45	58	5.27	383	1.46	730.0	15.71
20 Mar. 42 days	12	21.5	7.86	1.74	1.14	15.3	1.34	58	5.12	407	3.92	326.7	11.31
	10	21.5	7.88	1.82	1.77	18.0	1.10	56	4.97	400	2.53	253.0	11.14
	8	21.5	7.90	1.84	1.84	9.4	0.86	64	5.02	402	4.44	555.0	14.29
	6	21.5	7.90	1.81	1.30	8.0	0.74	50	5.06	405	2.75	458.3	15.95
	4	21.5	7.89	2.01	1.57	7.7	0.51	38	5.05	403	1.52	380.0	7.86
	2	21.4	7.98	2.04	1.66	8.6	0.49	28	5.07	409	1.34	670.0	22.14
	2"	21.3	7.98	1.97	1.59	8.5	0.61	30	5.07	402	1.98	990.0	37.14
27 Mar. 49 days	12	23.9	7.93	1.67	1.43	4.8	1.30	—	4.82	396	4.57	380.8	7.74
	10	23.9	7.96	1.69	1.72	4.1	0.73	—	4.84	397	3.19	319.0	9.43
	8	23.9	7.97	1.71	1.77	5.6	0.77	—	4.83	397	5.09	636.3	11.61
	6	23.8	7.98	1.70	1.81	5.0	0.36	—	4.81	392	3.30	550.0	13.10
	4	23.8	8.01	1.83	1.50	4.9	0.43	—	4.83	396	1.58	395.0	2.14
	2	23.7	8.04	1.81	1.66	4.5	0.50	—	4.86	392	1.55	775.0	15.00
	2"	23.6	8.04	1.81	1.86	5.4	0.67	—	4.92	389	2.27	1135.0	20.71

Date Elapsed days	No. of animals*	W.T. °C	pH	Alkalinity mN	C.O.D. O ₂ mg/ℓ	NH ₃ -N μg-at/ℓ	NO ₂ -N μg-at/ℓ	NO ₃ -N μg-at/ℓ	O ₂ cc/ℓ	Ca mg/ℓ	Increase in under-water weight		
											Cumulative		Daily
											g/group	mg/oyster	mg/oyster
3 Apr. 56 days	12	24.2	8.00	1.62	1.01	7.1	0.58	125	4.79	425	4.77	397.5	2.38
	10	24.2	8.01	1.63	1.32	6.7	0.74	138	4.76	418	3.77	377.0	8.29
	8	24.1	8.03	1.77	1.59	7.0	0.64	108	4.74	427	5.36	670.0	4.82
	6	24.1	8.06	1.74	1.48	7.9	0.48	108	4.77	391	3.84	640.0	12.86
	4	24.1	8.07	1.81	1.43	7.4	0.48	86	4.73	400	1.67	417.5	3.21
	2	24.0	8.08	1.86	1.72	6.1	0.32	58	4.79	395	1.79	895.0	17.14
	2"	24.0	8.10	1.84	2.01	5.1	0.32	39	4.81	396	2.68	1340.0	29.29
10 Apr. 63 days	12	23.3	8.02	1.67	1.16	5.4	0.66	66	4.90	409	5.06	421.7	3.45
	10	23.3	8.02	1.68	1.63	9.4	0.66	76	4.85	393	4.27	427.0	7.14
	8	23.5	8.01	1.65	1.77	7.5	0.62	72	4.73	397	6.03	753.8	11.96
	6	23.5	8.08	1.69	1.41	5.6	0.51	77	4.82	409	4.42	736.7	13.81
	4	23.4	8.11	1.78	1.48	5.2	0.40	62	4.85	409	1.73	432.5	2.14
	2	23.5	8.12	1.86	1.99	5.9	0.32	51	4.82	407	2.08	1040.0	20.71
	2"	23.4	8.15	1.80	1.86	1.86	6.0	0.21	48	4.87	388	3.00	1500.0

Appendix Table II. Whole, shell and meat weights of test pearl oysters after the end of rearing.

NO. of animals*	Wet whole weight (g)	Wet shell weight (g)	Wet meat weight (g)	Dry meat weight (g)
12	24.47 ± 1.04	11.66 ± 0.55	8.07 ± 0.91	1.02
10	23.42 ± 1.38	11.38 ± 0.69	7.34 ± 1.05	0.98
8	24.65 ± 2.27	12.01 ± 0.74	7.49 ± 1.42	1.04
6	24.83 ± 1.95	11.88 ± 0.89	7.02 ± 0.53	0.96
4	24.17 ± 1.26	11.45 ± 0.49	8.48 ± 0.54	0.99
2	24.79 ± 0.59	11.46 ± 0.59	7.94 ± 1.23	1.15
2"	26.70 ± 3.17	12.94 ± 1.05	7.83 ± 0.31	1.28

黄色真珠の生成に関する実験生物学的研究^{*,†}

和田 浩 爾

国立真珠研究所

目 次

I	緒 言	1766
II	真珠の色, 光沢および重量の測定法	1767
III	真珠層の“黄色”の発現についての生態学的調査	1767
	1. 貝殻真珠層における黄色部の分布状態	1768
	2. 貝殻真珠層色と稜柱層色との関係	1770
	3. 貝殻真珠層色の年令による変異	1770
	4. 貝殻真珠層色の地域による変異	1773
	5. 貝殻真珠層色の季節による変異	1778
	6. 小 括	1778
IV	移植による黄色真珠発現の実証	1779
	1. 白色真珠層をもった移植片給与体を使って得られる真珠の色	1780
	2. 黄色真珠層をもった移植片給与体を使って得られる真珠の色	1783
	3. 移植部位と真珠の色	1783
	4. 小 括	1792
V	黄色真珠の色調に影響する因子の解析	1793
	1. 移植片給与体の真珠層の黄色度と真珠の黄色度との関係	1794
	2. 移植片給与体の左側外套膜ならびに右側外套膜を使った場合の真珠の色の変異	1796
	3. 同一の移植片給与体の同一側の外套膜を使って生じる真珠の黄色度の変異	1798
	4. 黄色真珠の生成率の季節による変異	1800
	5. 真珠の色調の経年変異	1802
	6. 表面色の変化にともなう真珠層の色度点の移動	1804
	7. 小 括	1804
VI	考 察	1805
	1. 真珠層の黄色生成発現	1807
	2. 黄色真珠の生成率および黄色度の変異	1808
	3. 真珠の色調管理に必要な養殖技術の改善	1809
VII	要 約	1810
VIII	謝 辞	1811

* Koji Wada. Experimental biological studies on the occurrence of yellow color in pearls. With English summary, p. 1811. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 14: 1765—1820. 1969.

† 国立真珠研究所業績 No. 180. (国立真珠研究所報告14: 1765—1820, 昭和44年5月)

IX	Summary	1811
X	文 献	1812
XI	付表. 真珠の色座標 x , y および三色刺戟値 X , Y , Z	1814

I 緒 言

品質を決定する真珠の主要な経済的形質としては色、光沢、巻き、質ならびに傷などをあげることができる。しかしこれらの形質のどれをとってもその生成発現を支配する主要因子が本質的に解析されていないため、アコヤガイにおける優良真珠形成系統の分離と育成はおろか養殖過程における真珠品質の管理技術ですらいまだ充分に確立されているとはいえない。

和田(1962)は真珠の主要な経済的形質である色、光沢、巻きならびに質が真珠のどの構成要素の属性であるかを調べ、巻きにみられる変異は鈹物化の量的変化によっておこるのにたいして光沢にみられる変異は鈹物化の状態変化によっておこり、共に宿主*の生理状態と環境、主として水温により大いに影響をうけることを明らかにした。さらに真珠の色の変異は着色機構から(1)蛋白薄膜と鈹物薄板との“くりかえし多重層薄膜構造”からなる真珠層による光の干渉および拡散、(2)真珠層中に分泌された黄色色素の光の選択吸収、ならびに(3)真珠層以外の介在異質物による光の選択吸収とに分類し、(1)と(2)との差は黄色色素が真珠層中に含まれるか否かであることを指摘し、真珠の色の変異性は真珠層の構造変化、黄色色素の量的変化および異質層形成の有無によって生じることを報告した。これらの結果は真珠袋組織の分泌機能の問題が真珠諸形質の発現の消長となって現われ、形質ごとにその生成発現に支配的に働く因子の種類と数が異なり、真珠の色の変異性は二つ以上の形質の相加的効果も加わるため複雑になることを暗示している。

第二次大戦後真珠の生産量は急増し、それにともない既存漁場における密殖と漁場老化とによる真珠品質の低下がおこり、技術的にも企業的にも真珠養殖が可能と思われるほとんどの沿岸水域に新漁場の開拓が進み現在に至っている。密殖、漁場老化および漁場の開拓で常に問題になるのは真珠の価格を下落させる黄色真珠の出現率および真珠の成長率の減少すなわち薄巻きと環境との関係である。ひいては真珠の色を養殖過程で調節するのが目的として、真珠の色別の出現率と貝および環境との間の関係が多くの研究者によって報告された。しかし従来の研究のこの問題のとりあげかたは個々の貝がもっているであろう個体の特性を考慮しなかったため、移植実験は宿主および移植片給与体†とを混合して共に同一の特性をもった個体の集団としておこなわれ、個体ごとに区分し、精密な観察と正確な記録をおこなっていない。しかも実験結果の処理にあたって、真珠の色の変異の性質を解析することなく実験処理効果の統計的な有意差のみを重視したきらいがある。

本研究の目的は筆者の生鈹物学的研究で得た基礎的知見を展開して養殖過程における真珠の品質管理技術の改善と体系化をはかることであり、真珠の経済的形質に強く作用する遺伝現象を探究することが今後の真珠養殖にとっていかに重要であるかということと共に真珠諸形質の変異と環境との間の関係を解析することである。筆者は前述の理由から第一段階として真珠層の黄色に着目して(1)種々の集団標本の貝殻真珠層色について生態学

* 一般に手術貝と呼んでいる。

† 移植片を切り取る貝、一般に細胞貝(ピース貝)と呼んでいる。

的に調査し、(2)外套膜の移植実験をおこない生成した真珠の個々について真珠層の色を精密に観察した。その結果、同一の環境下においては移植片給与体の外套膜上皮細胞の分泌特性が黄色真珠の生成発現を強く支配するとの結果を得た。さらに真珠層の色の変異の性質の一部が解析できたので若干の考察を加えてここに報告する。

II 真珠の色、光沢および重量の測定法

移植実験で得られた真珠層真珠の全部ならびに宿主の一部と移植片給与体の貝殻真珠層について測色し、真珠については光沢と重量も測定した。各形質の測定方法および測定条件は次のようである。

(1) 色の測定

測定に使用した分光光度計は島津製 RC—1 型自記色彩測定器である。測色はすべて試料面にあたる光束の直径が真珠の直径以上にならないように光束絞 f_2 (光束の直径が 5.5 mm になる) がウオラストン・プリズムの前に据付けられた。異質物が内在する真珠を測色する場合、反射率測定面に異質物があらわれないように配慮して真珠は試料保持円板の中央に油粘土を用いて固定した。しかし測色面に小さな異質物がどうしてもあらわれた場合にはその影響を検討した。同自記色彩測定器で測色する際に生ずるその他の種々の誤差は最小になるように沢田 (1957) の報告にしたがって注意した。なお Back ground には MgO 煤を用いた。

三色刺戟値 X, Y, Z を反射率曲線より 30 分割法により算出し、色座標 x, y を求めた。

(2) 光沢の測定

真珠の光沢量の測定は東芝製 PG—1 型球面光沢計を使っておこなった。真珠は異質物と傷が測定面にあらわれないように試料載物台に置き、光束の中央にくるように調節した。試料載物台を 360 度回転して得られる光沢量の最大値と最小値を記録し、結果の検討はそれらの平均値によっておこなった。なお異質物と傷の位置で示される異常値は採用しなかった。

(3) 重量の測定

真珠の色調におよぼす真珠核の影響を検討するために、真珠の巻きは真珠核上に形成された真珠層の平均の厚さで表わした。真珠層の平均の厚さは、真珠をトーションバランスで正確に 1mg の単位まで測定し、次の実験式 (和田, 未発表) から概算して求めた。

$$\Delta W = \frac{4}{3} \pi \rho (r_i^3 - r_o^3) + 0.17$$

ここで ΔW は真珠の重量から真珠核の重量を差し引いたもの、 ρ は真珠層の比重で約 2.72 (和田, 未発表)、 r_o は真珠核の半径、および r_i は真珠の半径である。

III 真珠層の“黄色”発現についての生態学的調査

Pinctada 属は温帯、亜熱帯ならびに熱帯の浅海に広く生息し、その生息範囲は種類によってかなり異なり、年令によって生活環境を変える種類も知られている。このうち日本国内における真珠の大半はアコヤガイ *Pinctada fucata* を使って養殖されている。元来アコヤガイが生活繁殖に充分適する環境は底質が岩礫で、冬期の水温が 13°C 以下にさながら

ない、また塩分濃度が 22‰ 以下にならないところである。成貝の移動能力はきわめて乏しく、浮遊幼生は水の動きにまかせてかなり移動するが環流をなす所に多く集まって底着生活に移る。

第二次大戦後真珠の需要は増大し、各県が沿岸漁業振興の一環として真珠養殖を奨励したこともあって、新規の養殖漁場が太平洋側では神奈川県、日本海側では石川県におよぶ以西の湾や入江に続々と誕生した。その技術的背景としては、垂下養殖法によって底質条件による制約を完全に解消していたことと需要に応じて貝を何時でも何処へでも供給できるようになったことを挙げるができる。

漁場の開拓は異なる場所の天然採取貝や採苗育成貝の無秩序な移入に拍車をかけ、漁場利用形態の多様な分化は同一の養殖漁場でも年によってまた季節によって異なった産地の貝を養成する結果を招き、各漁場におけるアコヤガイの集団の構成は人為的に大きく変えられたに違いない。こうした事情のもとでアコヤガイの貝殻にあらわれている諸形質を生態学的に調査しても、アコヤガイに地方種があったかどうかを知ることは非常に困難であろう。しかしこのような生態学的調査は従来指摘されてきた真珠品質の海域的分化の機構を解析するために是非とも必要である。

1. 貝殻真珠層における黄色部の分布状態

三重県英虞湾多徳島に養成してあった3年貝 (Table I) と香川県小豆島内海に養成してあった4年貝 (Table II) から無作為に採集したアコヤガイの300個体以上より成る2つの集団標本の中から黄色の真珠層をもつ個体を選別し、貝殻真珠層における黄色部の分布状態を類型区分して Fig. 1 に模式的に示した。

第I型：黄色部が貝殻前耳を除く真珠層全域に分布するもの (Fig. 1 の I)。黄色度は個体によってかなり異なり、真珠層全域ではほぼ均等なもの、外套膜筋痕と閉殻筋痕を結ぶ線より腹側の真珠層域で濃いもの、腹側中央から腹側後縁にいたる真珠層域で濃いものなどがある。真珠層の部分で黄色度が異なる場合、濃度は一方から他方に向けて漸次増加ないし減少するので帯状ないし斑紋状の分布模様は生じない。

第II型：黄色部が腹側の真珠層域に限られて分布するもの (Fig. 1 の II, Fig. 2)。第I型と同様に黄色度は個体によって著しく異なるが、一般に腹側中央から腹側後縁にいたる真珠層域より腹側前方に向けて (Fig. 2)、また腹縁より筋痕線に向けて漸次減少する傾

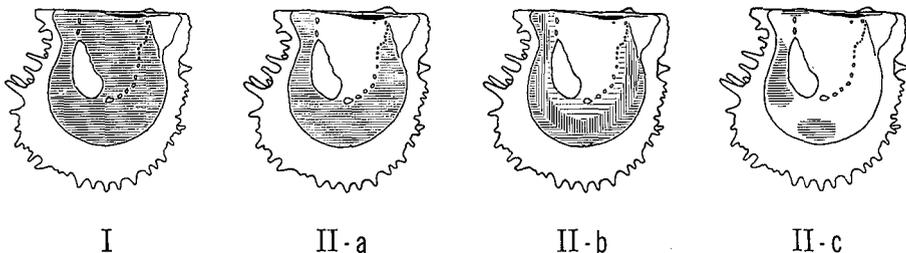


Fig. 1 Schematic representation of various types of the distribution of yellow pigment in the nacre of *Pinctada fucata*.

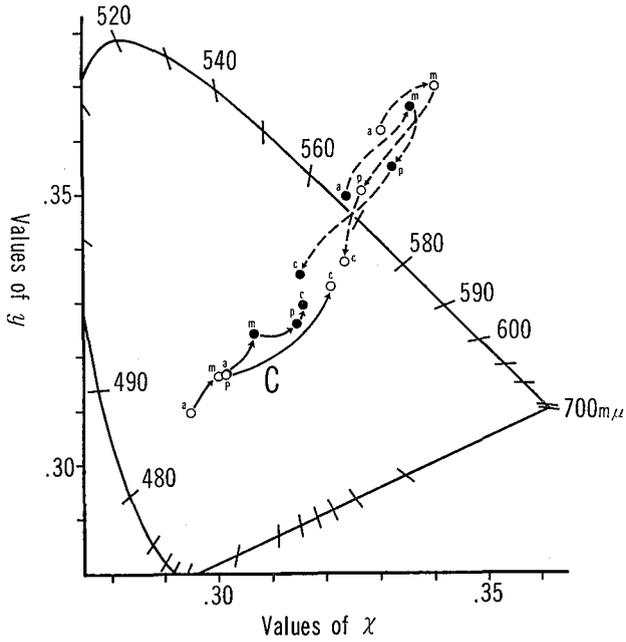


Fig. 2 C.I.E. color diagram showing the local variation of color of the nacre of two pearl oysters. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison. Dashed lines with arrows show a yellow-nacre-oyster and full-drawn lines with arrows a white-nacre-oyster. ○ is left valve and ● right valve. a, antero-ventral part; c, central part; m, mid-ventral part; p, postero-ventral part.

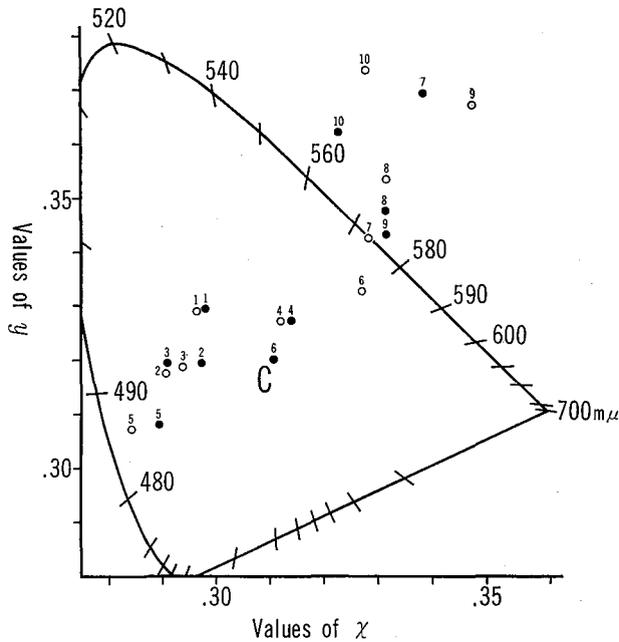


Fig. 3 C.I.E. color diagram showing the variation of color of nacre between mid-ventral part of left and right valves of *Pinctada fucata*. The inserted numbers indicate specimen No.. ○, left valve; ●, right valve.

向がみられる。黄色度が部分的に著しく変化する場合、腹縁に沿った帯状紋があらわれたり (Fig. 1 の II-b), 腹側中央や腹側中央よりも腹側後縁にやや偏して不定形の黄色斑紋があらわれる (Fig. 1 の II-c)。また黄色部が鉸線後端にあるものとなないものがある。

黄色部の分布状態は第 I 型および第 II 型ともに左右殻で一般に類似しているが、黄色度は左右殻ではほぼ均等のものと不均等のものがある (Fig. 3)。左右殻で不均等の場合、右殻真珠層より左殻真珠層で黄色度の強い個体が多い傾向を示し、左右不均等の68個体のうち1個体は左殻の腹側真珠層が黄色であったにもかかわらず右殻真珠層には黄色部が全くみられなかった。

第 I 型と第 II 型との出現比は約 1 対 2 の割合で第 II 型が多く、各型の左右均等と左右不均等との出現比は 1.5 対 1 から 3 対 1 の割合で左右均等の個体が多い。

2. 貝殻真珠層色と稜柱層色との関係

成貝になったアコヤガイの貝殻稜柱層の色は、(A) ベージュ色の着地に黒紫の雲状斑や放射帯が混ったもの、(B) 黄色のもの、ならびに (C) 赤褐色のものに大別できる。香川県小豆島内海と長崎県大村湾玖島郷に養成してあった貝 (Table II) から採集した 400 個体について各色型の出現率を調べた結果、A 型が 91.5% を占め、B 型が 5.5%、C 型が 3% であった。

実体色の有無によって分類すると、アコヤガイの貝殻真珠層の色には黄色系と白色系の二種類が存在し (Fig. 4)、黄色系のものは黄色度の強さによって濃黄色と淡黄色とに便宜上わけられる。Fig. 5 はこの分類に従って黄色系と白色系の真珠層の出現率が稜柱層の各色型間で異なるかどうかを示したものである。黄色系の真珠層をもった個体は A 型で 82% 以上、B 型で 72% であるのに対して C 型では 67% となり少ない傾向がみられるが、C 型の結果については他型に比べて個体数が非常に少なかったため今後の調査を必要とする。しかし B 型で白色系の真珠層の個体の出現率がかなりあることは、貝殻稜柱層の黄色とその内面に形成される真珠層の黄色発現との間には関係がないことを示している。

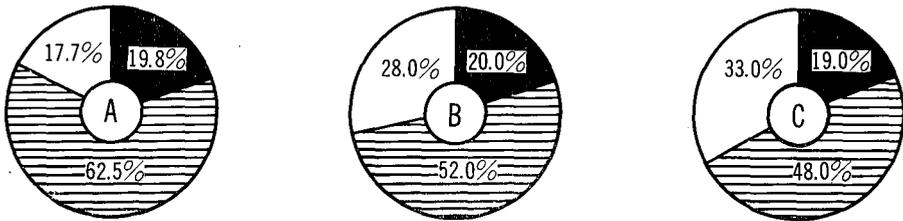


Fig. 5 Relation between the color of prismatic and nacreous layers of same individuals.

□, white-nacre-oyster; ▨, light yellow-nacre-oyster; ▩, dark yellow-nacre-oyster.

A, common prismatic layer except B and C.

B, yellow prismatic layer.

C, red prismatic layer.

3. 貝殻真珠層色の年令による変異

アコヤガイの貝殻真珠層の黄色発現時期が個体発生のいつ頃であるかを知るために、三



Fig. 4 Photograph of the yellow nacre (left two specimens) and white nacre (right two specimens) of *Pinctada fucata*.

Table I 年令別に採集した集団標本の履歴

年 令	採 苗 地	貝が養成された場所	採 集 地	個数
1 年	三重県英虞湾多徳 (1968年夏)	三重県英虞湾多徳	三重県英虞湾多徳 (1968年12月)	100
2 年	三重県奈屋浦 (1967年夏)	三重県英虞湾多徳 (1968年4月)	三重県英虞湾多徳 (1968年12月)	100
3 年	三重県五カ所湾神原 (1966年夏)	三重県英虞湾多徳 (1968年4月)	三重県英虞湾多徳 (1968年12月)	122
4 年	三重県方座 (1965年夏)	三重県英虞湾多徳 (1967年4月)	三重県英虞湾多徳 (1968年12月)	100
5 年以上	?	三重県英虞湾多徳 (?)	三重県英虞湾多徳 (1968年12月)	100

〔註〕 地名の下の () 内は貝がその場所に移された年月および採苗と採集の年月。

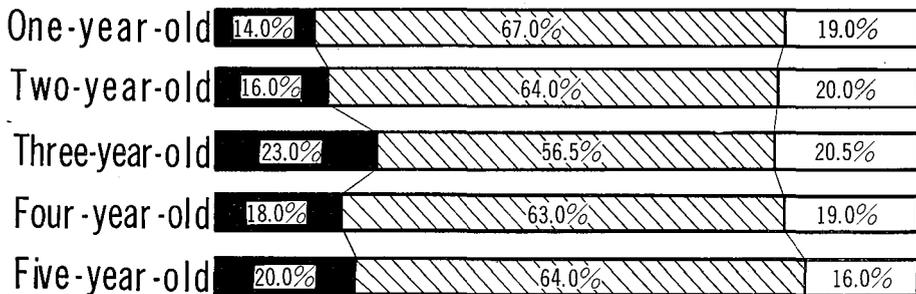


Fig. 6 Variation of color composition of nacre in various ages. □, white-nacre-oyster; ▨, light yellow-nacre-oyster; ■, dark yellow-nacre-oyster.

三重県英虞湾多徳島に養成してあった当年貝～5年貝の中から500個体以上よりなる年令別の5つの集団標本を採集した。Table I は各年令別の集団標本の履歴を示す。

Fig. 6 からわかるように、白色系真珠層の個体の出現率は年令によって殆んど差がない。黄色系真珠層の個体において濃黄色の個体が占める率は真珠層の厚さが薄い低年令集団で低く、真珠層が厚くなるにもなって3年まで増加し、その後は一定の年令的な傾斜を示さない。淡黄色の個体の出現率は3年を中心に低年令へも高年令へも漸次わずかながら増加する傾向を示す。しかし淡黄色の個体の出現率が低年令集団では濃黄色の個体の出現率と逆関係を示すのに対して、高年令集団では白色系の個体の出現率の減少をとまって増加する。このことは低年令集団と高年令集団の間にみられた濃黄色と淡黄色の個体の出現率の年令による変異に質的な差があることを思わせる。

4. 貝殻真珠層色の地域による変異

1) 色別の比率と採集漁場による変異

Table I と II に示した5つの養殖漁場に養成してあったアコヤガイから1,164個体の標本を採集し、各集団を構成している個体の貝殻真珠層の色をIII—2で述べた分類基準に

Table II 各地から採集した集団標本の履歴

採 苗 地	貝が養成された場所				採 集 地	個数
大分県丸市尾 (1965年夏)	→香川県小豆島内海 (1967年6月)	→三重県方座 (1967年10月)	→香川県小豆島内海 (1968年5月)	→香川県小豆島内海 (1968年12月)		50
高知県宿毛 (1965年夏)	→鹿児島県奄美大島瀬相 (1967年1月)	→香川県小豆島内海 (1967年6月)	→三重県方座 (1967年10月)	→香川県小豆島内海 (1968年6月)	→香川県小豆島内海 (1968年12月)	50
愛媛県三瓶 (1965年夏)	→鹿児島県奄美大島瀬相 (1967年2月)	→香川県小豆島内海 (1967年6月)	→三重県方座 (1967年10月)	→香川県小豆島内海 (1968年5月)	→香川県小豆島内海 (1968年12月)	50
三重県方座 (1965年夏)			→香川県小豆島内海 (1968年6月)	→香川県小豆島内海 (1968年12月)		50
愛媛県家串 (1965年夏)					愛媛県家串 (1968年12月)	200
愛媛県宇和島 (1966年夏)	→長崎県鹿町 (196年5月)		→長崎県大村湾玖島郷 (1968年4月)	→長崎県大村湾玖島郷 (1969年1月)		200
愛媛県北灘 (1966年夏)		→鹿児島県奄美大島瀬相 (1967年11月)		→鹿児島県奄美大島瀬相 (1968年12月)		242

〔註〕 地名の下の（ ）内は貝がその場所へ移された年月および採苗と採集の年月。

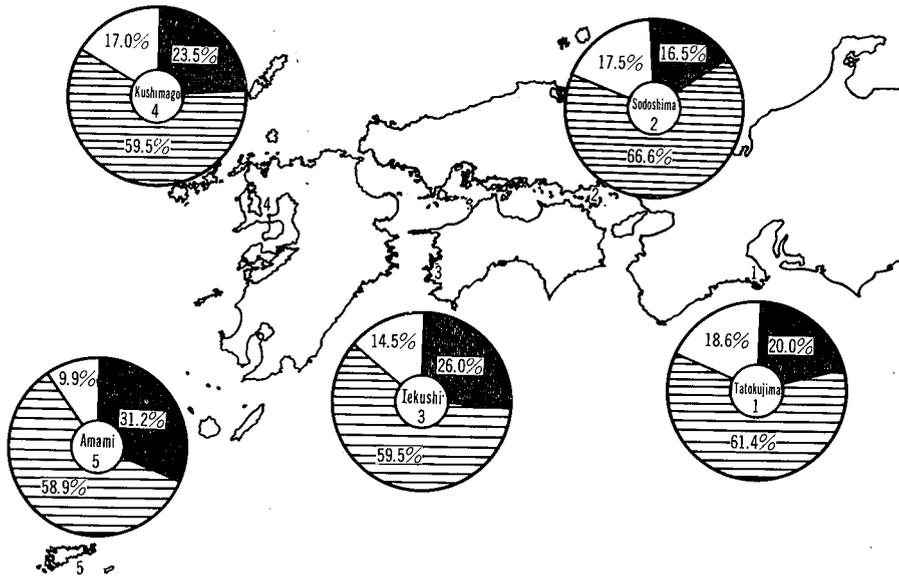


Fig. 7 Frequency of yellow-nacre-oysters in the five pearl culture grounds of Ago Bay, Shiodoshima area, Iekushi area, Omura Bay and Amami area. , white-nacre-oyster; , light yellow-nacre-oyster; , dark yellow-nacre-oyster.

従って調べ、Fig. 7 を得た。各養殖漁場で採集した集団標本はそれぞれ Table I と II に示したような履歴を経て採集漁場に移され、そこで少なくとも6カ月以上の間養成されていた。ただし三重県英虞湾多徳島の標本は色別の比率におよぼす年令の影響を考慮して他の養殖漁場から得た標本の年令に相当する3年貝以上のものとした。

Fig. 7 をみてわかることは、先ず各養殖漁場とも黄色系真珠層の個体が全体の80%以上、多いところは90%であり、残りの20%以下が白色系真珠層の個体で、白色系と濃黄色の個体の比率が集団によって異なる。英虞湾多徳島の集団は白色系の個体が18.6%で濃黄色のものが20.5%と両者の比率はかなり接近している。小豆島内海のものとは他の養殖漁場と異なり白色系の個体に比べて濃黄色の個体が少ないが、Fig. 6 および 8 と比べた場合このような比率がこの漁場の特徴であるかどうか疑問である。愛媛県家串のものとなると白色系の個体が14.5%であるのに対して濃黄色の個体は26%とかなり多い。大村湾玖島郷のものは白色系も濃黄色も共にその出現率は英虞湾多徳島と愛媛県家串とのほぼ中間の値を示す。しかし奄美大島瀬相の集団は白色系の個体が9.9%とだいぶ少なく、逆に濃黄色の個体は31.2%と非常に多い。

採集地だけからみると、白色系真珠層の個体の比率は英虞湾多徳島、小豆島内海および大村湾と互いに遠隔の地にあっても内湾性および内海性の環境条件で養成されていた集団に多い傾向がみられるが、これらの集団の間で濃黄色の個体の比率は互いにかなり異なる。

2) 色別の比率と採苗地による変異

すでに述べたように遠隔の養殖漁場から採集した個体がよく似た集団構成からなり、一見すると内湾性および内海性という環境条件の影響を強く受けている可能性を思わせる。しかし調査した5つの集団標本のうち4つは採集地と採苗地とが異なっているから、これを充分考慮しないと研究結果は意味をもたなくなる。各集団標本の個体が少なくなって集団の構成を調べるのに危険度を増すが、幸いなことに小豆島内海から採集した200個体の標本は Table II に示したように1965年に異なる産地で採苗された4つの集団標本からなっており、英虞湾多徳島の年令別の標本は Table I に示したように採苗地も採苗した年も異なる5つの集団標本からなっている。また貝を採集した養殖漁場が互いに遠隔であった集団標本でも、それらの採苗地は宇和海沿岸と熊野灘北部沿岸に限られていた。そこで比較的狭い海域内の別の産地で採苗された集団の構成を調べる機会を得た。

Fig. 8 は Fig. 7 で示した採集地別の5つの集団標本を採苗地別にその集団構成を調べて並べ変えたものである。Table II と Fig. 8 をみてわかることは、小豆島内海で採集した標本は4カ所で採苗されたものを採集日から少なくとも6カ月前に採集地に移されていたものであるが、各採苗地ごとの色別構成には明らかな差がみられる。また宇和海沿岸の採苗地のものを比べてみると、北の産地から南下するに従って白色系真珠層の個体が減少し、黄色系真珠層の個体が増加する傾向を示す。宇和島以南鼻面岬までの3つの産地および大分県丸市尾の各集団は濃黄色の個体が全体の23%以上とかなり多いが、鼻面岬をまわって南下した高知県宿毛の集団は黄色系真珠層の個体が全体の82%で宇和島産のものとは大差な

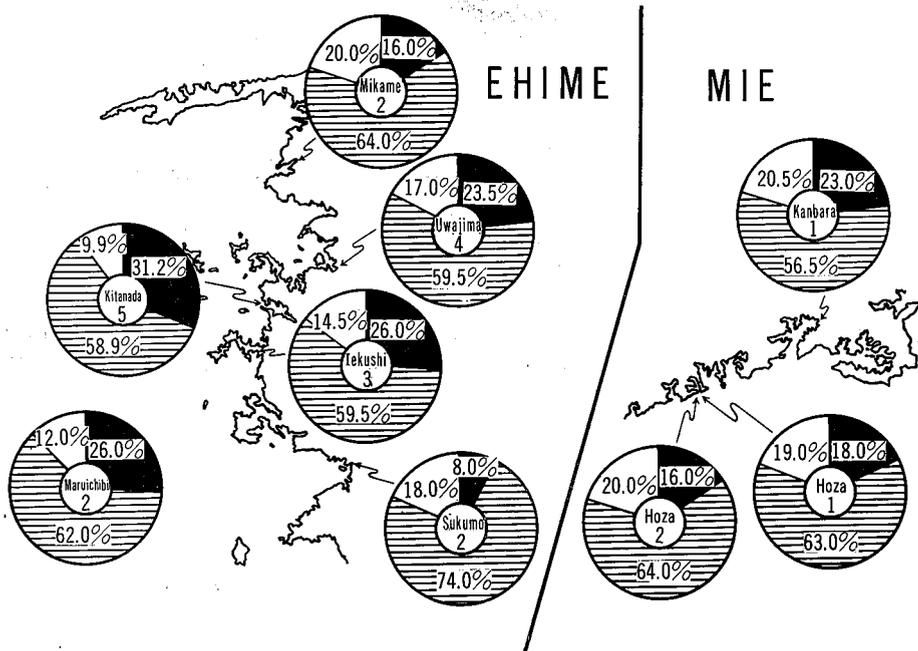


Fig. 8 Showing Fig. 7 laid in the districts which the pearl oysters collected from each pearl culture ground in Fig. 7 were born in. The inserted numbers correspond to the number in Fig. 7. □, white-nacre-oyster; ▨, light yellow-nacre-oyster; ■, dark yellow-nacre-oyster.

いが濃黄色の個体は8%と非常に少ない。一方、小豆島内海で採集した標本で1965年に三重県方座で採苗された集団と英虞湾多徳島で採集した標本のうち1965年に方座で採苗された集団とは遠隔の地に移されて養成されたにもかかわらず白色系真珠層の個体がそれぞれ20%と19%、濃黄色の個体が16%と18%で、その集団構成はすこぶる似ている。ところが比較的近接地にある方座湾と五カ所湾の集団は養成した漁場が同じであったにもかかわらず濃黄色の個体の比率にかなりの差がみられる。

以上にみられた色別の比率が各採苗地の集団の構成をよく代表しているならば、これらの結果は貝個体の性質が環境よりも貝殻真珠層の黄色の生成発現に強く働いており、各養殖漁場の集団の構成はどの産地の貝がどんな割合で人為的に運び込まれたかによって決定されることを示す。しかも同一の産地に養成してある集団の構成も年によって人為的に変えられる可能性が常にあるから、各産地の集団の性質は偶然その集団の親になった貝の持つ性質となるであろう。

3) 奄美大島瀬相の集団構成と環境

アコヤガイの貝殻真珠層の黄色の生成発現には親から受けついで性質が環境よりも強く働いているであろうことを前項で推測した。ところで奄美大島瀬相の集団は濃黄色の個体が全体の31.2%と採集地別 (Fig. 7) にみても採苗地別 (Fig. 8) にみても他の4つの集団に比べてすこぶる多く、逆に白色系真珠層の個体が10%をわっている。このことは集団

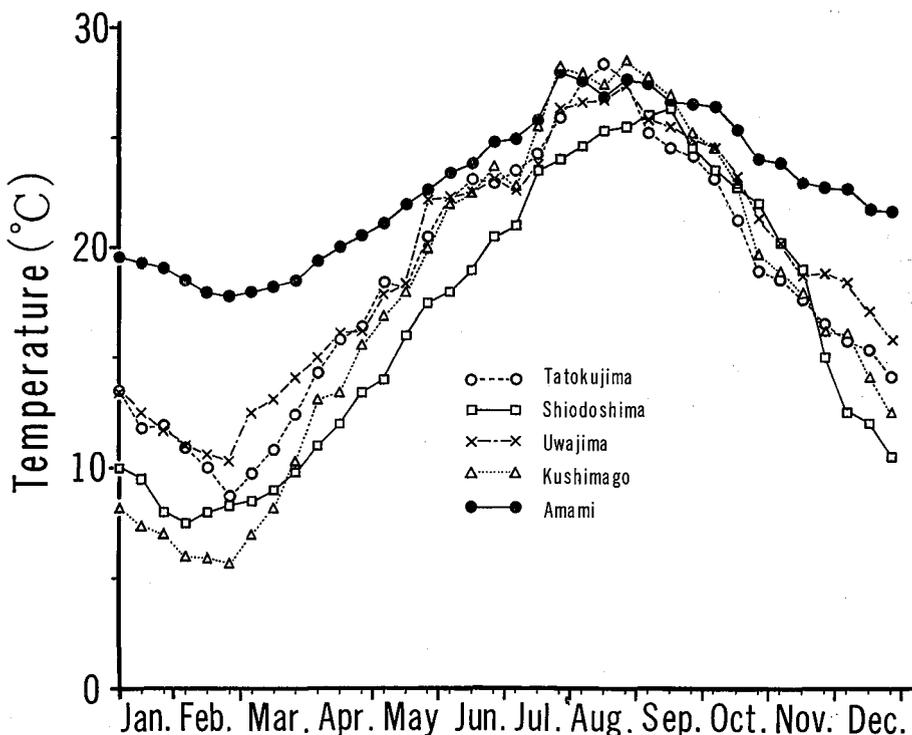


Fig. 9 Annual cycle of temperature at a depth of 2m in the pearl culture grounds in 1968.

の性質が環境よりも強く働いているとの推測と一見矛盾してみえる。御木本真珠奄美大島養殖場の太田立男氏が養成中の貝について詳しい資料を添えて協力してくれたので、奄美大島瀬相の集団の構成がどのようにして変わったかを推論してみたい。

この集団は1967年11月3日愛媛県北灘より約40時間を要して奄美大島瀬相へ運ばれたが、運搬による貝の斃死は殆んどなく、翌年の1月中旬までの斃死率は4%以下であった。水温の上昇期にあたる1月中旬より5月下旬は原因不明の奄美特有の貝の斃死がおこる時期で、この期間中の斃死率は10~15%に達した。水温が急上昇し、最高水温 29°C に達する6月より9月上旬頃の貝は疲労した状態を示し、この期間中の斃死率は15~20%と増加した。10月下旬より水温は急下降し、採集日までの間に貝は5~10%程度斃死した。貝の疲労には外界の物理的条件のほかこの漁場を洗う黒潮暖流の餌料量の不足が大いに関係しているであろう。

奄美大島瀬相の海況は他の4つの集団標本を採集した養殖漁場に比べて著しい差があり、水温を例にとってみても1月下旬から3月中旬頃の最低水温が2m層で17°C~19°Cで、水温が27°C以上の期間が7月下旬から9月上旬まで約1カ月半の長期にわたっている(Fig. 9)。貝の斃死率は奄美大島を除いた他の養殖漁場では夏期の異常高水温や冬期の異常低水温がないかぎり、一年間に10%以下が普通であり、これに対して奄美大島瀬相の貝の斃死率はすこぶる大きく、毎年上述のような季節的傾向で貝は斃死する(太田, 1968)。

もし貝殻真珠層の黄色系の個体と白色系の個体によって環境に対する適応度に差があると仮定するならば、環境によりよく適応した個体が生存して集団の構成を変化させる現象がないとはいきれないであろう。かかる養殖漁場では適応した個体が生存し、また子孫を残すから、環境に適応した方向に集団の構成が変化すると考えられる。したがって貝殻真珠層の色別の比率を変化させる機構を解析するためには、この問題についても今後多くの生態調査がなされなければならない。

5. 貝殻真珠層色の季節による変異

アコヤガイの貝殻真珠層中に分泌される黄色色素に何か生理的意義があるならば、同一養殖漁場で異なる時期に採集した同一集団の構成が季節的に変化する可能性がある。

Table II に示した三重県神原産の3年貝から1969年4月下旬に再び60個体を無作為に採集して貝殻真珠層色別の個体の比率を調べ、1968年12月に採集したものと比較してTable III に示した。4月に採集した標本の貝殻真珠層表面は干渉色のない白色不透明層によって部分的におおわれているものがかなりあり、Table III にみられるように白色系のもものが多少増加する傾向を示す。

Table III 貝殻真珠層色の季節変異

観察年月	真珠層色		
	白色系	淡黄色	濃黄色
1968年12月	25(20.5%)	69(56.5%)	28(23.0%)
1969年4月	14(23.3%)	33(55.0%)	13(21.7%)

6. 小 括

実体色の有無によって分類すると、アコヤガイの貝殻の真珠層の色には黄色系と白色系

の二種類があり、黄色系のものは黄色度の強さによって濃黄色と淡黄色とに便宜上わけられる。奄美大島瀬相を除いて各養殖漁場の集団の濃黄色と淡黄色と白色系の個体の比率はおおよそ2:6:2となり、濃黄色と白色系の個体の比率が各産地の間で変化する。

黄色系真珠層において、黄色部の分布状態や左右殻における黄色度には色々の可能性があるが、実際には第Ⅰ型の左右均等と第Ⅱaの左右均等のもの非常に多い。また真珠層の黄色の生成発現と外側に形成されていた稜柱層の色とは独立の変数であると思われる。

貝殻真珠層の黄色の生成発現には貝個体の性質—多分遺伝的なもの—が環境よりも強く働いており、各個体の黄色色素合成機能の問題が黄色真珠層の発現の消長となっていると考えられる。各産地にみられる集団の性質は偶然その集団の親になったもののもつ性質となつてと思われるから、各養殖漁場の集団の構成はどの産地の集団がどんな割合で人為的に運び込まれたかによって主に決定されるであろう。

一方、環境は次のような三つの異なる機構を通じて黄色系真珠層の個体と白色系真珠層の個体の比率を変え、あるいは黄色の発現を色々な程度に修飾する可能性がある。

(1) 貝殻真珠層の黄色系の個体と白色系の個体との間に環境に対する適応能力に差があると、環境によりよく適応し得る色系の個体だけが自然淘汰で残り、急速にその比率を増加する。奄美大島瀬相の集団はその産地周辺の他の集団と比べてみると、奄美大島に移されたのち短時日の間に濃黄色の個体が急増し、逆に白色系の個体が激減した可能性がある。この変化は奄美大島に移された集団でおこる非常に多い貝の斃死に起因しているのではないかと想像させ、おそらく奄美大島地方の海況条件および餌料量と関係づけることができそうである。

(2) 真珠層の色は層から反射した光に層中に黄色色素が含まれると色素の吸光が加わって黄色系となる。したがって真珠層中に含まれる黄色色素の性質と量が同一であったとしても、真珠層の黄色の色調は真珠層の構造が変わると強く修飾される。ところで真珠層の構造を規定する貝のCa代謝は個体成長や環境の影響を強く受けるから(和田, 1961, 1969a), 真珠層の色調は年令や季節によって変異し、遠隔地でもよく似た環境条件のもとでは類似してくるであろう。

(3) 或る条件のもとで貝の黄色色素や有機基質の分泌機能が一時的に変化し、黄色系真珠層の発現が消長される可能性も推定できる。

IV 移植による黄色真珠発現の実証

貝殻の真珠層と同じように、アコヤガイで養殖される真珠の真珠層の色は実体色の有無によって黄色系と白色系の二種類に分類できる。すでに述べたように貝殻真珠層の黄色の生成発現に貝の性質が環境よりも強く働くならば、黄色系真珠層の貝殻をもった貝を使って真珠を養殖すると黄色真珠が高い確率で生成すると想像できる。

宿主の生殖腺中に移植された外套膜小片の外面上皮細胞は真珠核を完全に包んで真珠袋を形成して宿主組織と癒着し、新しい有機的環境のもとで真珠物質を合成しあるいは濃縮して真珠袋の内側に分泌するようになる。この新しい有機的環境の中で移植片の分泌機能は移植片給与と体のもつ性質を強く維持しているか、あるいは物質代謝を通じて宿主個体の性質との間に量的および質的に多様な相互作用がおこなわれるようになって変化するかに

については全く調べられていない。この問題を解明するために著者はアコヤガイの外套膜の移植実験をおこない、形成された真珠の真珠層の色調と移植片給与体の貝殻真珠層の色調とを色彩学的に比較研究した結果をここに報告し、我々が真珠の色調に影響する因子を解析しようとするとき移植片給与体の性質を考慮しないでおこなわれた実験の結果は殆んど意味をもたないことを示す。

1. 白色真珠層をもった移植片給与体を使って得られる真珠の色

1) 材料および実験

この研究に使用したアコヤガイは1964年に三重県方座で採苗し、1966年5月に三重県英虞湾多徳島に移して養成した3年貝であった。仕立て作業前に開殻器で貝殻を1cmから1.5cm程度開け、左側の外套膜をめくって真珠層の色を視感覚によって白色系真珠層の貝殻をもつ個体と黄色系真珠層の貝殻をもつ個体との2群にわけた。各群それぞれ100個体の生殖腺に144mgの真珠核(直径約4.60mm)と白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套縁膜を切ってつくった移植片とを挿核手術の常法にしたがって一個あて挿入し、手術のすんだ貝は6段籠に入れて真珠研究所多徳島臨海実験場前の筏から海面下約2mの層に垂下し

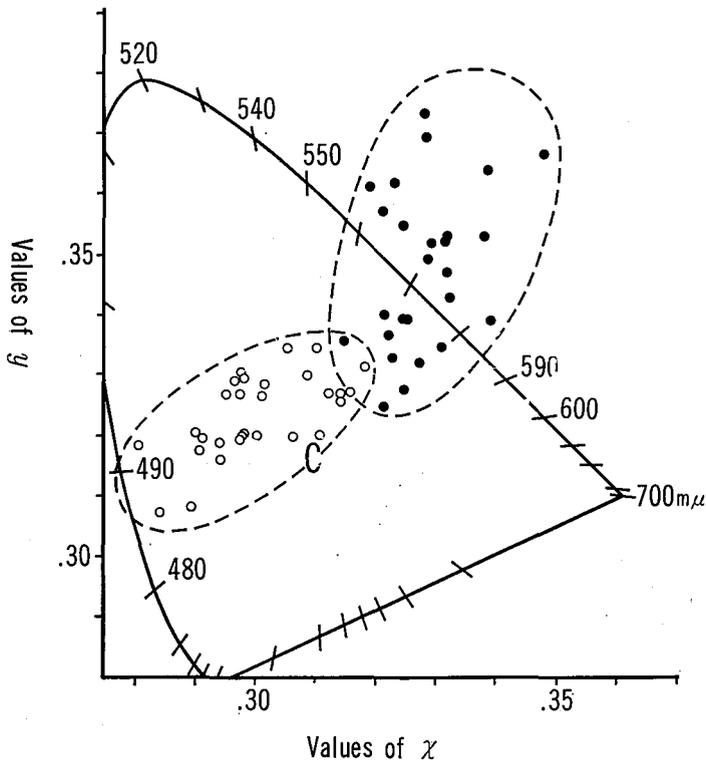


Fig. 10 C.I.E. color diagram of nacre of white-nacre-oysters (●) and yellow-nacre-oysters (○) used as a host. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison.

た。挿核手術は1966年7月11日におこない、同年12月1日に各群の50個体から真珠を採集した。

真珠層の色の視感覚による実験群選別の精度を判定するために各群より約20個体ずつの貝を無作為に抽出し、軟体部を除去した貝殻内面を流水できれいに洗い、室温で乾燥した。貝殻の腹側中央から糸鋸で約 $8 \times 14\text{mm}$ 角の真珠層を切り取り、稜柱層を除去せずそのまま前記の自記色彩測定器を使って貝殻真珠層の色を測定した。また採集した真珠の中から介在異質物が半球以上にわたって形成されていない真珠層真珠だけを選び、測色面に異質物があらわれないように注意して真珠の色を測定した。

2) 実験結果

i 実験に使った貝の貝殻真珠層の色

各群から抽出した個体の貝殻真珠層が C.I.E. 色度図上で占める色領域は Fig. 10 のようになる。視感覚によって分類した白色系真珠層と黄色系真珠層の色点は大体グループに分かれ、実験貝が貝殻真珠層の色特性ではほぼ分類できていたことがわかる。ただし両群とも白色点 C の付近に集っており、白色系真珠層の個体が占める色領域は $0.281 \leq x \leq 0.318$, $0.307 \leq y \leq 0.335$ と白色点 C の近くから青色領域に向かって分布し、黄色系真珠層の個体が占める色領域は $0.315 \leq x \leq 0.348$, $0.324 \leq y \leq 0.373$ と白色点 C の近くから黄色領域に向かって分布する。そして両群の色領域は白色点 C と岡田・川畑 (1954) が指摘した P 点 ($x = 0.325$, $y = 0.345$) とを結んだ線のほぼ中点付近で多少重なり合っている。このように白色系真珠層の色点がブルー真珠の色領域 (内田・他, 1954, 1955; 和田, 1962) にかたよって分布するのは主に測色面の裏側についていた稜柱層の影響による。黄色系真珠層の色点が白色点 C と P 点とを結んだ線の中点付近まで分布し、また yellow green および yellow orange 領域に向かって分散するのは、黄色度の強さが種々異なる真珠層の個体が含まれていたことと真珠層の表面と層間および稜柱層面から反射した色光が実体色と重畳することによると考えられる。

ii 白色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主とした場合

白色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜小片を移植して生成した真珠の色点は C.I.E. 色度図上で白色点 C の付近に集まり、しかも $0.300 \leq x \leq 0.316$, $0.320 \leq y \leq 0.335$ と非常に狭い領域に集まる (Fig. 11)。これらの真珠の反射率曲線には一般に $407\text{m}\mu$, $430\text{m}\mu$, および $460\text{m}\mu$ に顕著な固有吸収が認められるが、 $430\text{m}\mu$ の吸収が不明瞭な真珠も時々認められる。視感覚によるとこれらの真珠は真珠層の表面反射光および層間反射光が任意に混合したホワイトからピンクで彩度は少ない。更に真珠核および真珠核と真珠層との境界による反射光が強く加わって色調が変化したと思われる真珠も認められた。

iii 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主とした場合

黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜小片を移植して生成した真珠の色点は C.I.E. 色度図上に Fig. 12 のように分布する。Fig. 12 をみてわかることは、これらの真珠の色点は破線で囲んで示した宿主の貝殻真珠層の色領域には全く分布しないで白色点 C 付近の $0.300 \leq x \leq 0.320$, $0.320 \leq y \leq 0.332$ と非常に狭い領域に集まり、白色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主として生成した真珠の色点とよく一致した分布を示す。またこれらの真珠はその反射率曲線にみられる固有吸収の状態や視感覚によ

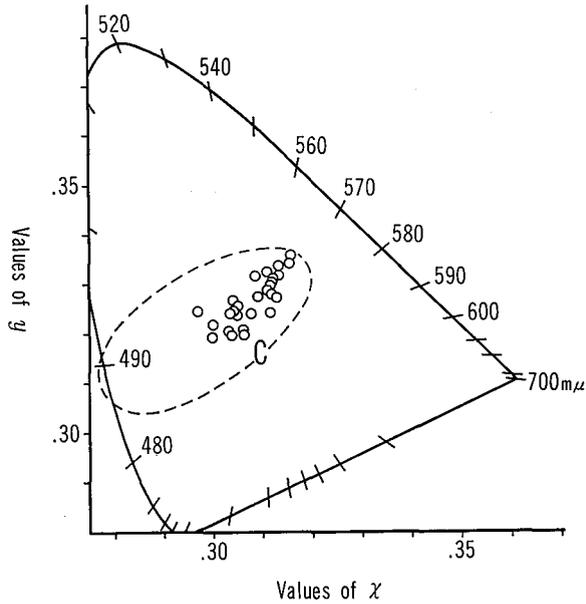


Fig. 11 C.I.E. color diagram of pearls occurred by transplanting the small piece of mantle of white-nacre-oysters into the gonad tissue of other white-nacre-oysters whose nacre distributes in the area surrounded by dashed line. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison.

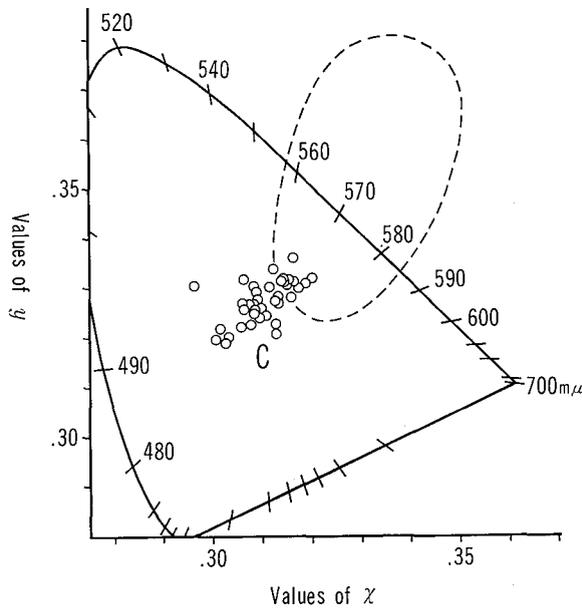


Fig. 12 C.I.E. color diagram of pearls occurred by transplanting the small piece of mantle of white-nacre-oysters into the gonad tissue of yellow-nacre-oysters. Note the distribution of the pearls deviated from the nacre of host's shell surrounded by dashed lines. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison.

る色印象も白色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主として生成した真珠とよく類似している。

2. 黄色真珠層をもった移植片給与体を使って得られる真珠の色

1) 材料および実験

実験に使ったアコヤガイの履歴、挿核手術と養成に関する実験条件および日時は IV—2—1) で述べたものと同一である。ただし移植片は黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の外殻縁膜を切って作り、各群それぞれ 100 個体の貝の生殖腺に真珠核とともに挿入し、1966年12月1日に各群の50個体から真珠を採集した。

2) 実験結果

i 白色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主とした場合

白色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の外殻膜小片を移植して生成した真珠の色点は C.I.E. 色度図上に Fig. 13 のように分布する。Fig. 13 でみられるように、これらの真珠の色点は破線で囲んで示した宿主の貝殻真珠層の色領域内にある白色点 C 付近から黄色領域に向かってほぼ直線上に細長く並ぶ。これらの真珠の反射率曲線にみられる固有吸収の強さは直線上の位置が異なると変異する。 $0.293 \leq x \leq 0.317$, $0.319 \leq y \leq 0.338$ の範囲内に分布する真珠は一般に $407m\mu$, $430m\mu$, および $460m\mu$ の吸収が顕著であり, $0.317 \leq x \leq 0.330$, $0.334 \leq y \leq 0.350$ の範囲内に分布する真珠は $430m\mu$ および $460m\mu$ の吸収が非常に弱く, $0.330 \leq x \leq 0.347$, $0.351 \leq y \leq 0.365$ の範囲内に分布する真珠は $430m\mu$ および $460m\mu$ の吸収が一般に弱い。視感覚によると、白色点 C 付近に分布している真珠はホワイトからホワイトピンクに分類でき、干渉色の全くない真珠や真珠核および真珠層との境界による反射光の強い影響を受ける真珠などが混在する。一方、P 点付近に分布している真珠は淡黄色の実体色に光沢のある表面色が加わっており、更に白色点 C より遠ざかるにつれて真珠の黄色度は強くなり、その色印象は光沢のある表面色によって多少修飾される。

ii 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主とした場合

黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の外殻膜小片を移植して生成した真珠の色点は C.I.E. 色度図上に Fig. 14 のように分布する。これらの真珠の色点は破線で囲んで示した宿主の貝殻真珠層の色領域内から白色点 C 付近へ向ってほぼ直線状に分布し、その分布範囲に多少の変異を生ずるが白色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主として生成した真珠とほぼ一致した方向に並ぶ。またこれらの真珠の反射率曲線にみられる固有吸収の強さや視感覚による色印象は直線上の位置によって一定の特徴を示し、その特徴も白色系真珠層の貝殻をもつ貝を宿主として生成した真珠の場合とよく一致する。

3. 移植部位と真珠の色

1) 材料および実験

この研究に使用したアコヤガイは1965年に三重県方座で採苗し、1967年4月に三重県英虞湾多徳島に移して養成しておいた3年貝であった。IV—1 および 2 から、宿主として使う貝は貝殻真珠層の色によってグループわけする必要がないと判断し、この集団から無作為に抽出した。同じ集団の中から白色系真珠層の貝殻をもつ貝と黄色系真珠層の貝殻をもつ貝とを移植片給与体としてそれぞれ14個体ずつ選出し、一個の移植片給与体の左右の外殻

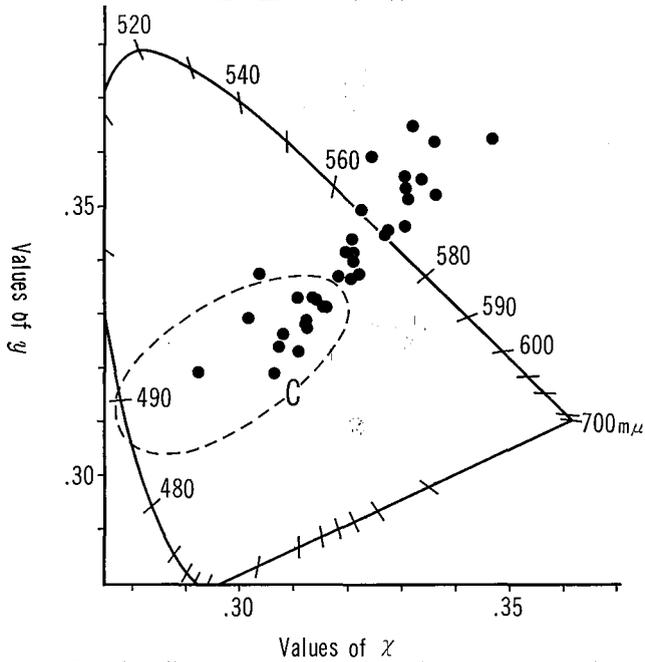


Fig. 13 C.I.E. color diagram of pearls occurred by transplanting the small piece of mantle of yellow-nacre-oysters into the gonad tissue of white-nacre-oysters, showing the distribution of the pearls deviated from the nacre of host's shell surrounded by dashed lines. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison.

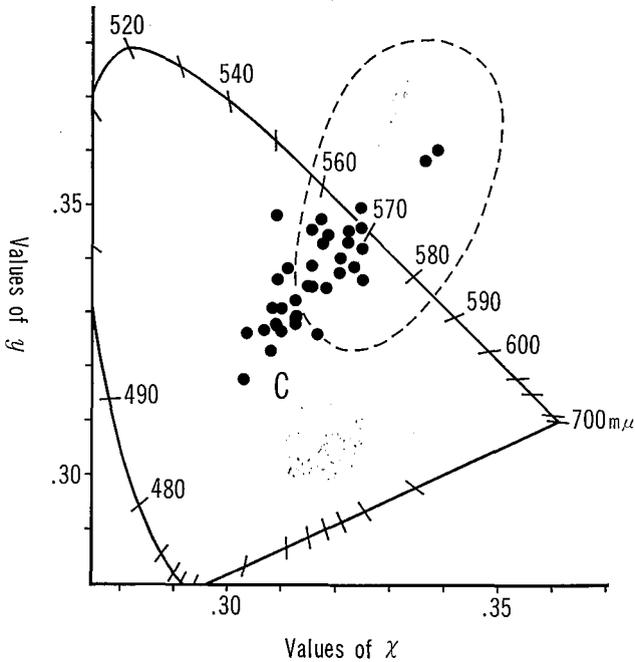


Fig. 14 C.I.E. color diagram of pearls occurred by transplanting the small piece of mantle of yellow-nacre-oysters into the gonad of other yellow-nacre-oysters. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison.

膜の縁膜部からあわせて平均約50個の移植片を切りとった。挿核手術は常法にしたがって業者が一般にフクロ* およびウカシ† と呼んでいる生殖腺の異なる部位 (Fig. 15) のそれぞれに真珠核 (重量141mg, 直径約4.55mm) と移植片とを挿入する2個入れをおこなった。

移植片給与体の性質の個体差, 宿主の性質, 栄養状態, 成長状態などの個体差, および養成条件の差による影響を出来る限り少なくするために次のような実験計画をつくり, 挿核手術, 手術員の養成, および結果の処理を正確におこなった。

(1) 移植片給与体の貝殻真珠層色と移植片の移植部位については次の四つの組合せによった。

a. 白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロとウカシの両部位に移植する。

b. 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロとウカシの両部位に移植する。

c. 白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロに移植し, 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を同一宿主のウカシに移植する。

d. 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロに移植し, 白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を同一宿主のウカシに移植する。

(2) 上記の a, b, c および d の組合せによる挿核手術を a, b についてはそれぞれ 200 個体, c, d についてはそれぞれ 110 個体の貝におこなった。a および b の組合せの場合には一つの宿主のフクロとウカシに移植した移植片は必ず同一の移植片給与体の同一側の外套膜より切りとった。c および d の組合せの場合には白色系真珠層の貝殻をもつ移植片給与体 m_i の左側外套膜より切りとった移植片をフクロに移植した宿主のウカシには必ず黄色系真珠層の貝殻をもつ移植片給与体 n_i の左側外套膜より切りとった移植片を移植し, …… $n_{i-2}, n_{i-1}, n_{i+1}, n_{i+2}, \dots$ なる移植片給与体の外套膜より切りとった移植片および n_i なる移植片給与体の右側外套膜より切りとった移植片を組合せて移植することは決しておこなわなかった。

(3) 上記の a, b, c および d の組合せによって手術した貝はそれぞれの組合せごとに6段籠に収容し, 一個一個の貝は移植片給与体ごとに, しかも外套膜の左右側のいずれより切りとった移植片が移植されたかによってその貝殻外面に印をつけて段ごとに区分しておいた。

(4) 隣り合わせに垂下した籠には移植条件が必ず異なる実験貝を収容した。

(5) 結果の比較には宿主のフクロとウカシの両移植部位から同時に採集できた真珠だけを使い, 真珠がフクロあるいはウカシのいずれか一方だけしか採集できなかった場合この真珠は使わなかった。

挿核手術は1967年7月15日におこない, 手術のすんだ貝は6段籠に入れて, 真珠研究所多徳島臨海実験場前の筏から海面下約2mの層に垂下し, 同年12月20日に全個体から真珠を採集した。

介在異質物が半球以上にわたって形成されていた真珠を除き, 採集した全ての真珠層真珠を前記の自記色彩測定器によって測色し, 三色刺戟値を求めて色座標をつくった。

*, † 真珠養殖業者は収足筋をなかにはさんで腸管反転部側の生殖腺の部分をフクロ (Fig. 15のA部) と呼び, 中腸腺側の生殖腺で体の右側に位置する部分をウカシ (Fig. 15のB部) と呼んでいる。

2) 実験結果

i 白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロとウカシの両部位に移植した場合

白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロとウカシの両部位に移植すると、白色系真珠がフクロとウカシの両移植部位に必ず生成する (Fig. 15 の宿主 No. 3)。これらの真珠の色点は C.I.E. 色度図上で白色点 C の付近に集まり、全体の64%が $0.303 \leq x \leq 0.316$, $0.319 \leq y \leq 0.332$ と極めて狭い範囲に分布する (Fig. 16)。しかも Fig. 16 をみてわかるように、 Δ で示したフクロから採集した真珠と \circ で示したウカシから採集した真珠とは互いに不規則に混じり合って分布し、移植片の移植部位が異なっても色度図上で占める色領域に差を生じない。また同一宿主のフクロとウカシとから採集

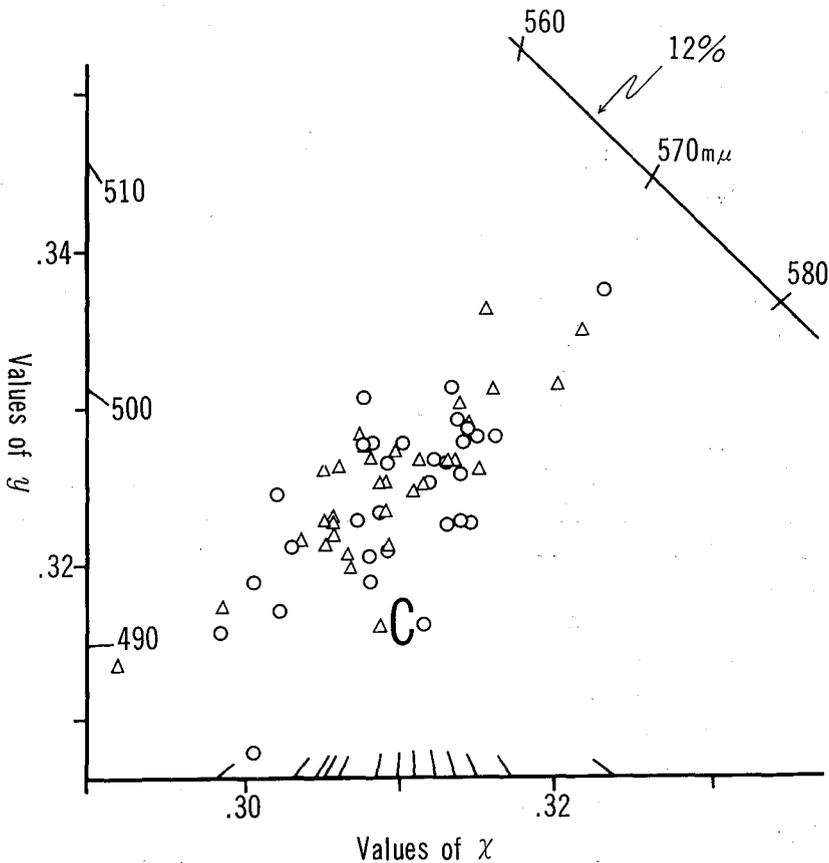


Fig. 16 C.I.E. color diagram of pearls produced by the pearl sac derived from the mantle tissue of white-nacre-oysters transplanted into the portions A and B of gonad of other pearl oysters (refer to Fig. 15). Δ is the pearl extracted from the portion A and \circ the pearl extracted from the portion B.

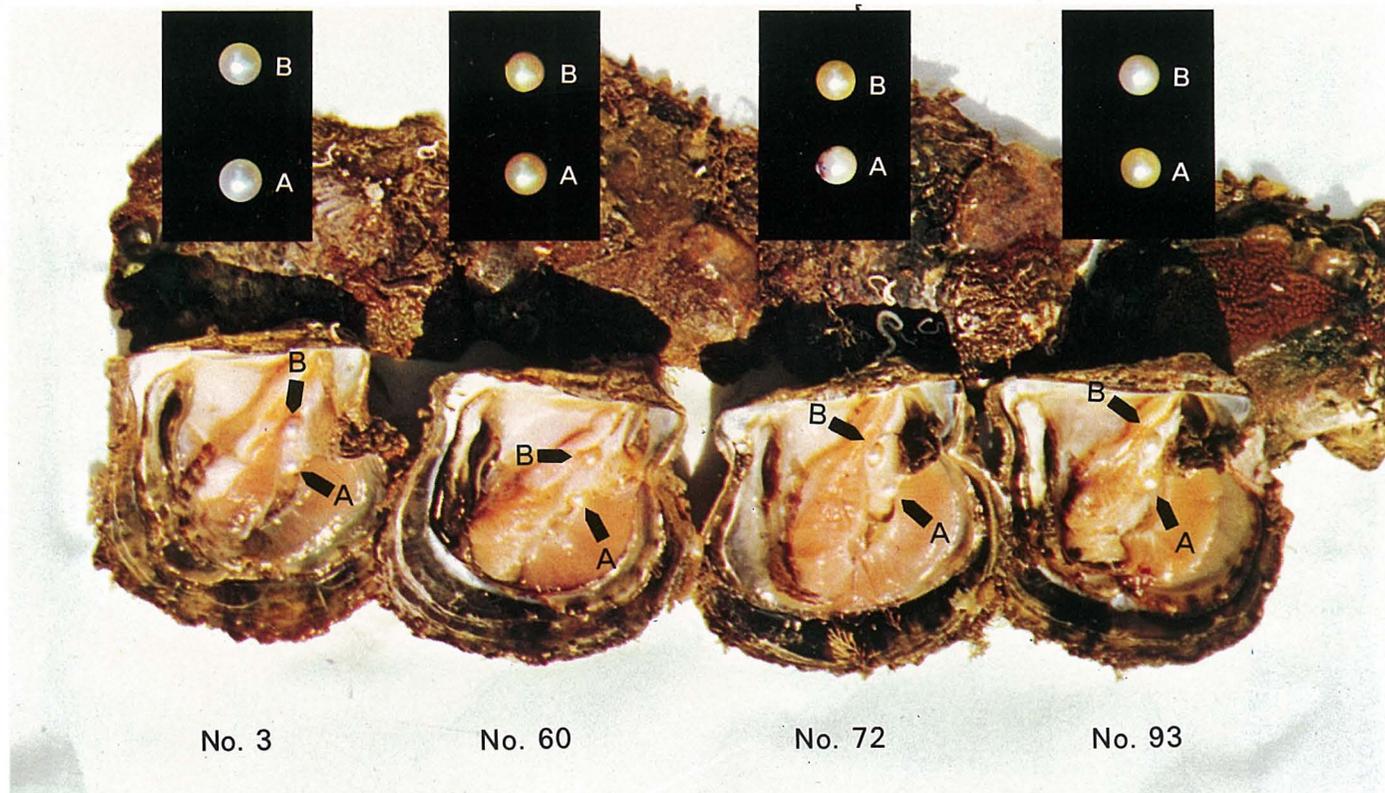


Fig. 15 Photographs of white and yellow pearls produced by proper use of donors in the present experiments. Two white pearls extracted from different portions of gonad of the No. 3 host were produced by transplanting the small piece of mantle of a white-nacre-oyster into both the portions A and B of its gonad and two yellow pearls extracted from the gonad of the No. 60 host by the small piece of mantle of a yellow-nacre-oyster transplanted into the different portions of its gonad. Note yellow pearl produced by the pearl sac derived from the mantle tissue of yellow-nacre-oysters which was inserted into the portion of gonad of other pearl oysters, the portion B in the No. 72 host and the portion A in the No. 93 host.

した真珠の色点はほぼ一致した点に分布することもあり、かなり離れて分布することもあるが、いずれにしても $0.292 \leq x \leq 0.323$, $0.308 \leq y \leq 0.338$ という非常に狭い範囲内で変異する。このような色領域に分布する真珠は移植部位に関係なくその反射率曲線の $407m\mu$, $430m\mu$, および $460m\mu$ の位置に顕著な固有吸収を有し、視感覚ではホワイトからピンクで彩度は少ない。

ii 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロとウカシの両部位に移植した場合

黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロとウカシの両部位に移植すると、黄色系真珠がフクロとウカシの両移植部位に非常に高い確率で生成するが (Fig. 15 の宿主 No. 60), その黄色度はかなり変異する。これらの真珠の色点は C.I.E. 色度図上で白色点 C の付近の ($x=0.305$, $y=0.320$) 点とイエロー系真珠の色領域 (内田他, 1954, 1955; 和田, 1962) 内の ($x=0.350$, $y=0.370$) 点とを結んだ直線上には

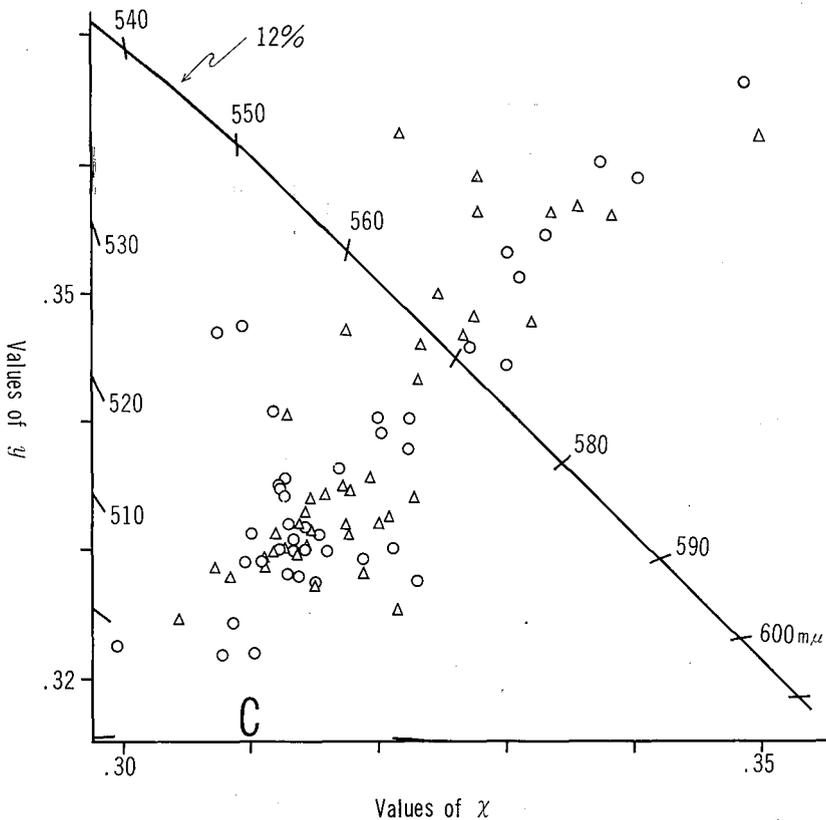


Fig. 17 C.I.E. color diagram of pearls produced by the pearl sac derived from the mantle tissue of yellow-nacre-oysters transplanted into the portions A and B of gonad of other pearl oysters (refer to Fig. 15). \triangle is the pearl extracted from the portion A and \circ the pearl extracted from the portion B.

ば並び、白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜小片を移植して生成した真珠に比べてホワイト系真珠の色領域からゴールド真珠の色領域にわたって広く分布するが、移植片の移植部位の違いによってその分布に差を生じていない (Fig. 17)。色度図上で ($x=0.305, y=0.320$) 点と P 点 ($x=0.325, y=0.345$) との間に分布する真珠の反射率曲線には顕著な固有吸収が認められるが、P 点と ($x=0.350, y=0.370$) 点との間に分布する真珠は $430m\mu$ および $460m\mu$ の吸収が一般に非常に弱く、真珠の黄色度は白色点 C から遠ざかるにつれて強くなり、種々の干渉色が加わると黄緑色から緑色領域に向って分散する真珠もある。

iii 白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロに移植し、黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を同一宿主のウカシに移植した場合

白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を移植した宿主のフクロからは白色系真珠が必ず生成し、黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を移植した同一宿主のウカシからは黄色系真珠が非常に高い確率で生成する (Fig. 15 の宿主 No. 72)。このような組合せで移植した一組の移植片給与体の外套膜小片から生成した真珠が

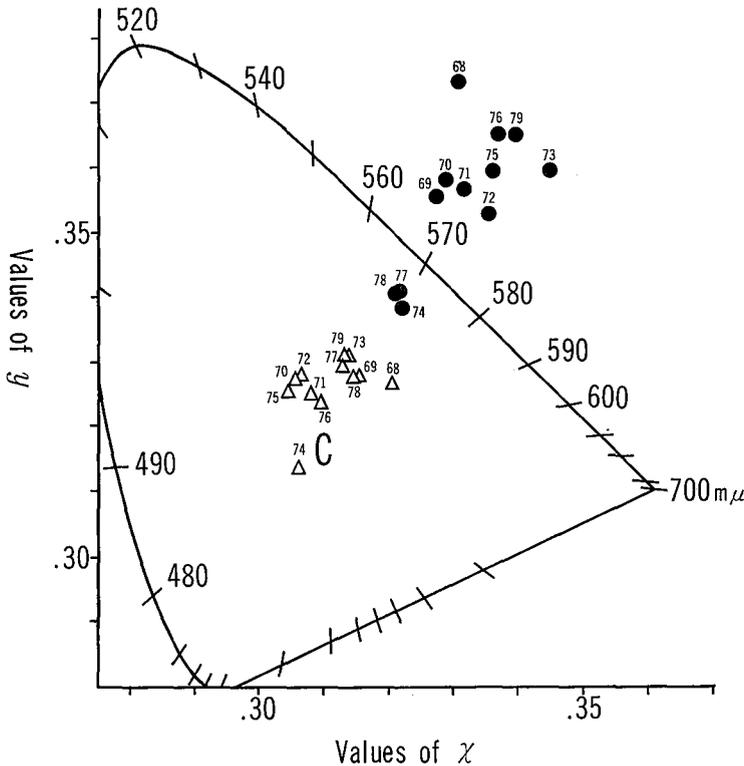


Fig. 18 C.I.E. color diagram of pearls occurred by transplanting the small piece of mantle of one white-nacre-oyster and of another yellow-nacre-oyster into the portions A and B of gonad of same pearl oysters, respectively (refer to Fig. 15). The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison. \triangle is the pearl extracted from the portion A and \bullet the pearl extracted from the portion B.

C.I.E. 色度図上でそれぞれ占める色領域を Fig. 18 に比較した。図中△はフクロに移植した白色系真珠層の貝殻をもつ移植片給与体の外套膜片より生成した真珠の色点を表わし、●はウカシに移植した黄色系真珠層の貝殻をもつ移植片給与体の外套膜片より生成した真珠の色点を表わしており、それぞれの色点に付した数字の同じもの同志は同一宿主から採集した真珠である(付表参照)。Fig. 18 をみてわかることは、フクロから採集した真珠は白色点 C 付近の $0.305 \leq x \leq 0.321$, $0.319 \leq y \leq 0.331$ と非常に狭い範囲に分布し、ウカシから採集した真珠は $0.321 \leq x \leq 0.343$, $0.338 \leq y \leq 0.373$ に分布し、それぞれの移植部位から採集された真珠の色領域は互いに完全に分離している。フクロから採集した真珠はその反射率曲線に $407m\mu$, $430m\mu$, および $460m\mu$ の顕著な固有吸収があらわれ、ホワイトからピンクで彩度が少ないが、ウカシから採集した真珠は $430m\mu$ および $460m\mu$ の固有吸収が弱く、白色点 C から遠ざかるにつれて黄色度が強くなる。同一宿主のフクロとウカシから採集した真珠は No. 74 のように共に白色点 C へ近づくものや Nos. 77 と 78 のようにそれぞれの色領域から P 点へ寄り集まってくるものもあるが、このような傾向のない互いに全く独立に変異しているものがむしろ多い。

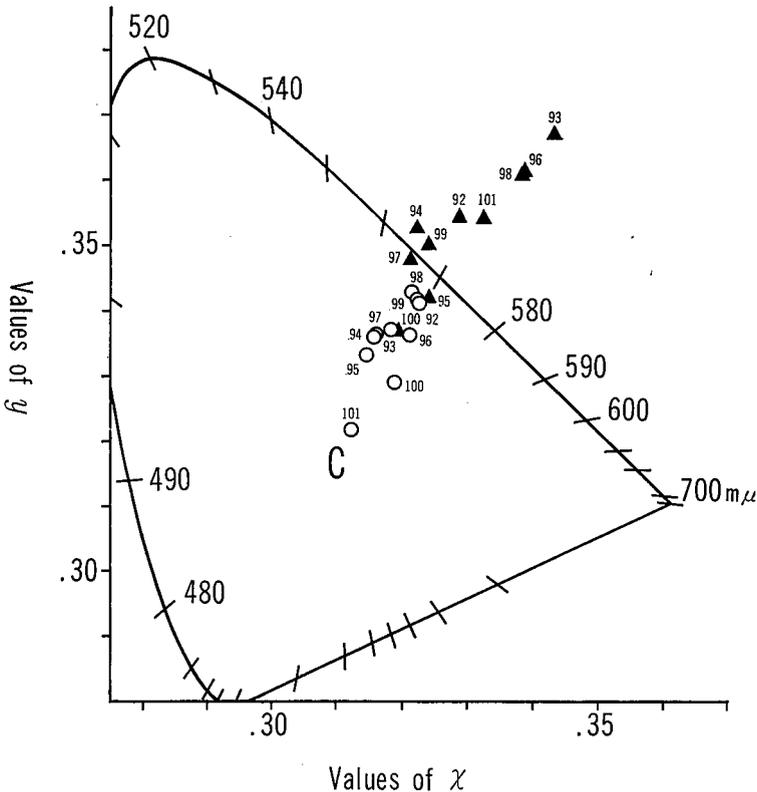


Fig. 19 C.I.E. color diagram of pearls occurred by transplanting the small piece of mantle of one yellow-nacre-oyster and of another white-nacre-oyster into the portions A and B of gonad of same pearl oysters, respectively (refer to Fig. 15). ▲ is the pearl extracted from the portion A and ○ the pearl extracted from the portion B.

iv 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を宿主のフクロに移植し、白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を同一宿主のウカシに移植した場合

黄色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を移植した宿主のフクロからは黄色系真珠が非常に高い確率で生成し、白色系真珠層の貝殻をもつ貝から切りとった外套膜小片を移植した同一宿主のウカシからは白色系真珠が必ず生成する (Fig. 15 の宿主 No. 93)。このような組合せで移植した一組の移植片給与体の外套膜小片から生成した真珠が C.I.E. 色度図上でそれぞれ占める色領域は Fig. 19 のようになる。図中▲はフクロに移植した黄色系真珠層の貝殻をもつ移植片給与体の外套膜片より生成した真珠の色点を表わし、○はウカシに移植した白色系真珠層の貝殻をもつ移植片給与体の外套膜片より生成した真珠の色点を表わしており、付表に示したようにそれぞれの色点に付した数字の同じもの同志は同一宿主から採集した真珠である。Fig. 18 とは全く反対に、フクロから採集した真珠は $0.320 \leq x \leq 0.344$, $0.337 \leq y \leq 0.367$ に分布し、ウカシから採集した真珠はそれよりも白色点 C 寄りの $0.313 \leq x \leq 0.323$, $0.321 \leq y \leq 0.343$ に分布し、両者は P 点付近で混ざり合っている。フクロから採集した真珠はウカシから採集した真珠と混じる Nos. 95 と 100 を除けばその反射率曲線の $430\text{m}\mu$ および $460\text{m}\mu$ の固有吸収が弱く、白色点 C から遠ざかるにつれて黄色度が強くなり、ウカシから採集した真珠は一般に顕著な三つの固有吸収を有しホワイトからピンクで彩度は少ない。同一宿主のフクロとウカシから採集した真珠の色点は C.I.E. 色度図上で互いに独立に変異する傾向を示す。Fig. 18 と比べると黄色系真珠の色領域はほぼ一致するが、白色系真珠の色領域は多少ずれている。

4. 小 括

今回の外套膜の移植実験から、アコヤガイの貝殻真珠層および真珠の“黄色”発現は外套膜外面上皮細胞および真珠袋上皮細胞で合成された黄色色素が細胞から真珠層中に分泌されることによって起り、貝殻真珠層および真珠に含まれる黄色色素は同一成分であると推測できる。なお今回の実験結果をまとめると Table IV のようになる。すなわち移植片給与体の外套膜外面上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能はそれが移植された宿主の外套膜外面上皮細胞が黄色色素を合成分泌する性質をもっているかないかによって相加されて強められることも相殺されて弱められることもなく、また移植片の移植部位が異なっても全く影響を受けないことがわかる。この事実から、宿主の生殖腺中に移植された外套膜小片の外面上皮細胞は真珠袋を形成して宿主組織と癒着し、それが置かれた全く新しい有機的環境の中で物質代謝を通じて宿主個体の性質の影響を量的および質的に強く受けられていると考えられるにもかかわらず、真珠袋の上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能は宿主がその外套膜外面上皮細胞で黄色色素を合成分泌する性質をもつかどうかとは全く無関係で、移植片給与体の外套膜外面上皮細胞が黄色色素を合成分泌する性質をもっていたかどうかによって決定されると結論できる。このことはまた黄色色素を合成分泌する性質のない外套膜から切りとった移植片が宿主の性質の影響を受けて黄色色素を合成分泌する性質を後天的に獲得することのないことを意味している。

黄色色素を合成分泌していない移植片給与体の外套膜片を移植して生成した真珠の色点は C.I.E. 色度図上で白色点 C 付近の極めて小さい範囲に集中し、その分布はあまり変異

Table IV 真珠の色と宿主と移植片給与体との関係
(英虞湾多徳島)

実験年度	宿 主	移植片と移植部位		生成した真珠の色	
		フクロ	ウカシ	フクロ	ウカシ
1966	W	w		w	
	W	y		y	
	Y	w		w	
	Y	y		y	
1967	分 類 せ ず	w	w	w	w
		y	y	y	y
		w	y	w	y
		y	w	y	w

(註) W : 白色系真珠層の貝殻をもつ貝
 Y : 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝
 w : 白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外殻縁膜から切りとった移植片
 y : 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の外殻縁膜から切りとった移植片
 w : 白色系真珠
 y : 黄色系真珠

しない。これに対して黄色色素を合成分泌している移植片給与体の外套膜片を移植して生成した真珠の色点は白色点 C 付近の ($x=0.305$, $y=0.320$) 点とイエロー系真珠の色領域内の ($x=0.350$, $y=0.370$) 点とを結んだ直線上にほぼ並び、平均約70%の色点がイエロー系真珠の色領域 (和田, 1962) に集まり、残りはホワイト系真珠の色領域に分布し、同一移植片給与体の外套膜小片を移植して生成した一群の真珠でもホワイト系真珠の色領域からゴールド真珠の色領域にわたって変異する。

移植片給与体とは関係なくホワイト系真珠の色領域に分布する真珠はその反射率曲線に $407m\mu$, $430m\mu$ および $460m\mu$ の顕著な固有吸収を一般に生じているが、P 点付近からゴールド真珠の色領域側に分布する真珠は $430m\mu$ および $460m\mu$ の吸収が非常に弱い。

V 黄色真珠の色調に影響する因子の解析

宿主の生殖腺中に移植された外套膜片の外面上皮細胞は真珠袋の上皮細胞に再生し、真珠袋の内側に真珠を生成する。しかも移植片は少なくとも黄色色素の合成および分泌機能に関する限り移植片給与体の性質を再生後も強く維持している。したがって黄色色素を合成分泌している移植片給与体の外套膜を移植すると非常に高い確率で黄色系真珠が生成する。しかしその黄色度はかなり変異するから、この変異の性質を知ることが移植片の黄色色素合成機能および細胞の分泌生成物である真珠の黄色が発現に至る過程に強く影響する

因子を解析することにつながる。

真珠の黄色は生物自体の形質の発現ではなく生物の分泌生成物の形質の発現であるから、真珠の黄色が発現に至るまでの過程には (1)真珠袋上皮細胞の黄色色素の合成および分泌機能の問題と (2)真珠中に分泌された黄色色素が黄色系真珠として効果的に発現するかどうかの問題とが含まれており、黄色系真珠の黄色度の変異をもたらす因子を解析するにはこのような2つの問題のとりあげ方で追究しなければならない。黄色系真珠の生成に関与する因子を解析するにあたって従来の研究はこのような問題のとりあげ方を全くおこなっておらず、実験結果を単に統計学的に処理して実験処理効果の統計的な有意差のみを重視してきた。そのため黄色系真珠の生成発現の機構を本質的に論ずることができていない。

著者は黄色系真珠層の貝殻をもった貝の外殻膜片を移植して生成した真珠の黄色度の変異の性質を解析するためにこのような問題のとりあげ方をおこなった結果、外殻膜上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能に個体差および外殻膜の部分による差があることと、真珠中に分泌された黄色色素が黄色系真珠として発現に至る過程に Ca 代謝機能の変異にとまっておこる真珠の他の形質の変化が強く働らき得るとの知見を得た。

1. 移植片給与体の真珠層の黄色度と真珠の黄色度との関係

1) 材料および実験

この研究に使用した材料は IV-3 で述べた実験で得られた移植片給与体別の真珠の中から12個体分を選出し、半球以上にわたって介在異質物が形成されていない真珠層真珠の全部である。実験材料の選出規準および結果の処理は次のようである。

(1) 移植片を切りとったのち各移植片給与体の貝殻を採集し、貝殻内面を流水できれいに洗い、室温で乾燥した。移植片を切りとった外殻膜の部分に接していた真珠層部分を含む貝殻の腹側中央から糸鋸で約 8×14mm 角の真珠層を切りとり、稜柱層を除去せずそのまま貝殻真珠層の色をまず測色した。次いで稜柱層を砥石で磨り落とし、研磨面に東洋漚紙 No. 2 を糊ではりつけて再び貝殻真珠層の色を測定した。これらの測定値を移植片給与体の真珠層の黄色度とした。

(2) 12個体の移植片給与体のうち4個体を白色系真珠層の貝殻をもつ貝から選出し、移植片給与体の貝殻真珠層色の測色結果を参考にして残る8個体を4個体ずつ淡黄色および濃黄色の真珠層をもつ貝から選出した。

(3) 結果の処理は移植片給与体の個体別におこない、各個体別の真珠は左右両側の外殻膜小片を移植して得られた総てのものであった。

2) 実験結果

Fig. 20 A, B, C, D は12個体の移植片給与体の貝殻真珠層の色点とこれらの外殻縁膜より切りとった移植片を移植して生成した真珠の色点とについて3個体分ずつを一枚の C.I. E. 色度図上におさめて示したものである。各図中の \triangle 、 \times 、および \circ はそれぞれ視感覚で白色系、淡黄色、および濃黄色と判定した移植片給与体の貝殻真珠層を測色して得られたそれぞれの色点で、稜柱層を除去し漚紙をはりつけて測定すると \triangle 、 \times 、および \circ へ移動したことを表わし、同じ印に付けた L および R の符号によって同一個体の左殻真珠層と右殻真珠層を区別した。 \triangle 、 \times 、および \circ は同じ印の移植片給与体の外殻縁膜より切りとった移植片によって生成した真珠の色点を表わす。

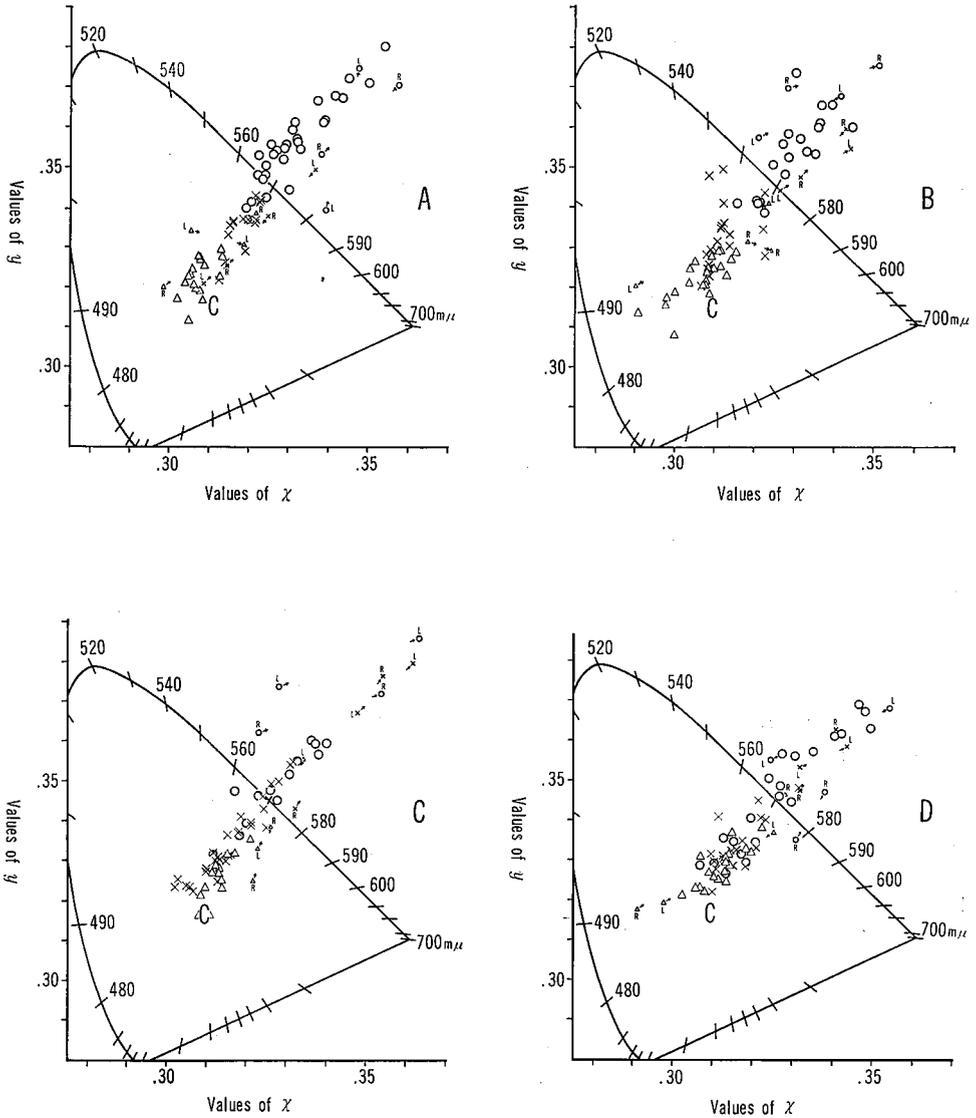


Fig. 20 C.I.E. color diagram showing the variation of color of pearls originated from different donors. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison.

- A: ○, the No.y₉ donor; ×, the No.y₁₀ donor; △, the No.w₅ donor.
- B: ○, the No.y₇ donor; ×, the No.y₁ donor; △, the No.w₄ donor.
- C: ○, the No.y₅ donor; ×, the No.y₈ donor; △, the No.w₁₀ donor.
- D: ○, the No.y₆ donor; ×, the No.y₂ donor; △, the No.w₂ donor.

Fig. 20 をみてわかることは、黄色系真珠の黄色度の強さは移植片給与体の貝殻真珠層の黄色度の強さに比例して強弱を生じ、しかも濃黄色の真珠は濃黄色の貝殻真珠層をもつ貝の外殻膜小片を移植しない限り生成しないことである。Fig. 20 A, B のように、対比した移植片給与体の貝殻真珠層の色点のはっきり異なる場合それぞれの供与体よりとった移植片によって生成された真珠の色領域は移植片給与体別にはっきりとグループにわかれ、濃黄色の貝殻真珠層をもつ貝よりとった移植片からは総て黄色系の真珠を生じその80%以上が濃黄色の真珠であり、淡黄色の貝殻真珠層をもつ貝よりとった移植片からは濃黄色の真珠は全く生じないが淡黄色の真珠が73%以上も生じている。しかし Fig. 20 C, D のように、対比した移植片給与体の貝殻真珠層の色点が左右殻で著しく異なり互いに混ざり合う場合それぞれの給与体よりとった移植片によって生成された真珠の色領域は移植片給与体別に一応グループにわかれるが一部で互いに重なっており、真珠の色点は広い範囲に分散する傾向を示す。また左右殻の真珠層の色点が類似する貝の外殻膜小片を移植して生成された真珠の色点は給与体の貝殻真珠層の黄色度の強いものほど広く分散する可能性がみられ、給与体の貝殻真珠層の黄色度の弱いものほど白色系真珠の生成率が大きくなる可能性がある。一方すでに指摘してあるように、白色系真珠層の貝殻をもつ貝よりとった移植片によって生成された真珠の色点は C.I.E. 色度図上で白色点 C 付近の非常に狭い範囲に集まる傾向を示し、黄色系真珠は全く生じない。更に真珠の色点の分布状態は移植片給与体の貝殻真珠層色の類似しているもの同志を比べてみても個体によって通常かなり変異することが注目される。

2. 移植片給与体の左側外套膜ならびに右側外套膜を使った場合の真珠の色の変異

1) 材料および実験

この研究に使用した材料は IV—3 で述べた実験で得られた移植片給与体別の真珠の中から次の基準によって選出した4個体分の真珠層真珠である。

(1) 左側および右側の外套膜小片を移植して生成した真珠の色を比較研究できる程度にそれぞれの数が採集できた移植片給与体をまず選出した。

(2) (1)で選出した移植片給与体中から左殻および右殻の真珠層の色点が C.I.E. 色度図上で比較的類似して分布する個体と異なって分布する個体とをそれぞれ2個体ずつ選出し、それに対応する4個体分の真珠を研究材料とした。

以上の基準に従って選出した結果、左右殻で色点の分布が比較的類似している個体は白色系真珠層からなっており、色点の分布が異なっている個体は黄色系真珠層からなっていた。

2) 実験結果

Fig. 21 A, B, C, D は左側および右側の外套膜より切りとった移植片を移植して生成された真珠の色点を比較するために移植片給与体ごとにそれぞれの C.I.E. 色度図上に示したものである。各図中の ○↗ および ●↗ はそれぞれ移植片給与体の左殻真珠層および右殻真珠層の色点で、稜柱層を除去し濾紙をはりつけて測定すると ○↘ および ●↘ へ移動したことを表わす。なお左殻真珠層および右殻真珠層に接していた外套膜の縁膜より切りとった移植片を移植して生成された真珠の色点をそれぞれ○および●で表わした。

Fig. 21 A, B からわかるように、貝殻真珠層の黄色度の強さが左殻と右殻とでかなり異

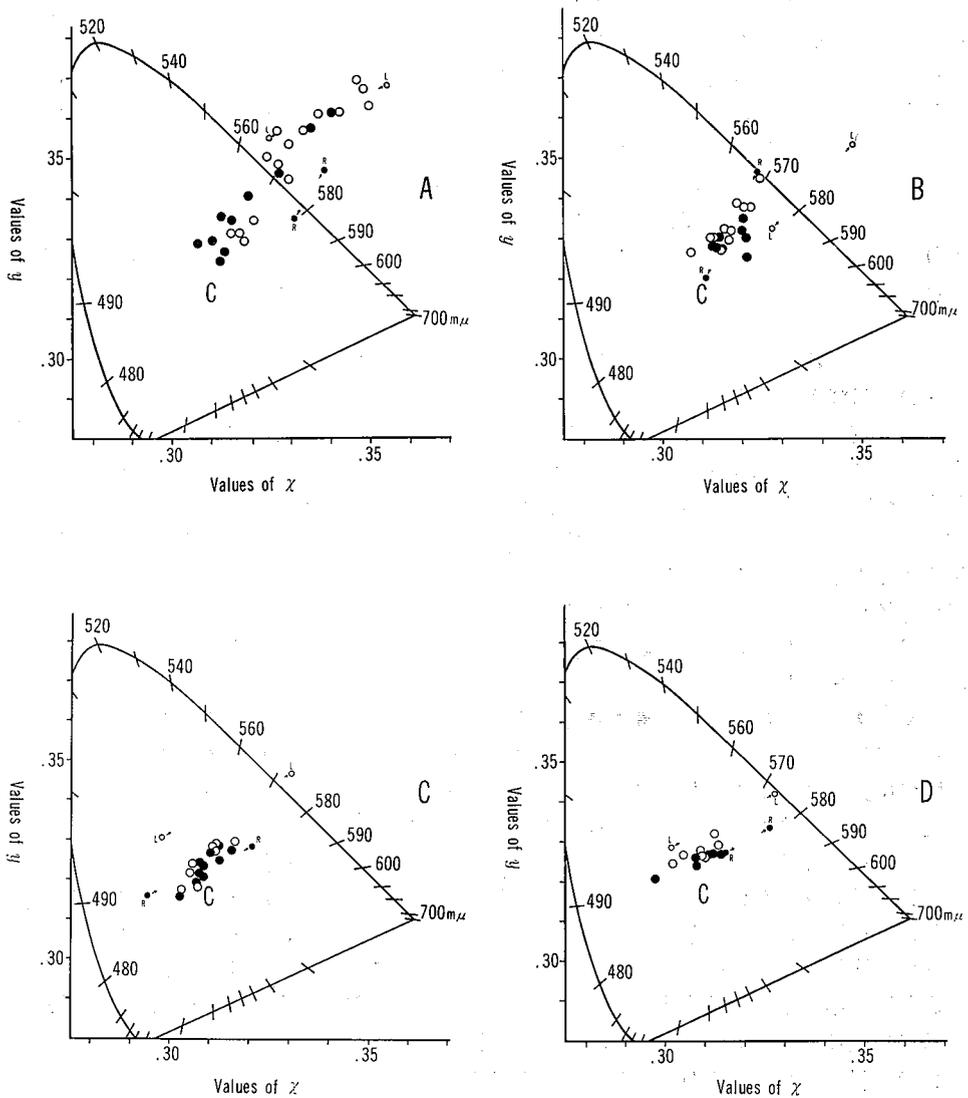


Fig. 21 C.I.E. color diagram showing the variation of color of pearls originated from the left and right mantle tissues of one donor. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison. ○ is a pearl produced by the grafted left mantle tissue and ● a pearl produced by the grafted right mantle tissue.

- A: the No. y_6 donor.
- B: the No. y_3 donor.
- C: the No. w_8 donor.
- D: the No. w_1 donor.

なる貝の左側および右側の外套膜より移植片をとって移植した場合、生成された真珠の色点は左側と右側との2グループにわかれる傾向を示す。このような場合両者を一緒にして扱うことは、同一個体よりとった移植片によって生成された一群の真珠の黄色度の強さをより大きく変異させる原因になる。一方白色系真珠層の貝殻をもつ貝より切りとった外套膜小片を移植して生成された真珠の色点は、例えその給与体の左殻および右殻の真珠層の色点に多少の差があったとしても互いに混在して分布し、左側と右側との間でグループにわかれる可能性が少ない (Fig. 21 C,D)。ところで一つの移植片給与体の同一側の外套膜よりとった移植片によって生成された真珠でも、黄色系真珠の色点は各真珠の部分による黄色度の変異よりも著しく大きな変異をもって比較的広い範囲に分散している。

3. 同一の移植片給与体の同一側の外套膜を使って生じる真珠の黄色度の変異

1) 材料および実験

黄色系真珠の色調は真珠層に含まれる黄色色素に真珠の表面反射光、層間反射光、および真珠核より反射される光が相加されて変異するから、真珠層の単位容積あたりの黄色色素の含有量の大小のほかに真珠の巻きおよび構造の変化によって微妙に変異する。したがってここで扱う問題を解析するためには実験条件の明白な、しかも適当な実験材料を使用することが非常に大切である。ここで使用した材料は IV-3 で述べた実験で得られた移植片給与体別の真珠の中から次の基準に従って2個体分を選出した。

(1) 選出した2個体分の黄色系真珠は次のような移植片給与体を使ってそれぞれ得られたものであった。

a. 移植片給与体の貝殻真珠層は濃黄色で、黄色部は貝殻前耳を除く真珠層全域に分布し(第I型)、黄色度はほぼ左右均等であった。左右殻ともに真珠層の黄色度の強さは腹側中央のやや前方より腹側前縁に向って漸次減少し、また左殻の真珠層中央は非常に弱かった(以後これを移植片給与体 No. y_1 と書く)。

b. 移植片給与体の貝殻真珠層において黄色部は腹側の真珠層域に限られて分布する(第II型)。黄色度の強さは左殻が右殻より強く、左右殻ともに腹縁に沿って帯状に変異し、稜柱層との境界より内側に2mmほど淡黄色、その内側に濃黄色、そして筋痕に向って漸次減少する。稜柱層との境界に接する2mmほどの淡黄色部は左殻では腹側前縁より腹側中央のやや後方までで消失するが右殻では腹側前縁より後縁に至るまで分布する(以後これを移植片給与体 No. y_2 と書く)。

(2) 材料はフクロより採集した真珠だけとした。

なお実験材料はあらかじめ次のような観点から検討した。

(3) IVで観察したように、真珠層の黄色度が強くなると反射率曲線にみられる407 $m\mu$ 、430 $m\mu$ 、および460 $m\mu$ の固有吸収のうち430 $m\mu$ および460 $m\mu$ の吸収が弱くなる。このことからこの2つの吸収の強弱は単位容積あたりの黄色色素の含有量の多寡をあらわすと仮定し、この2つの吸収の強弱によって黄色色素の含有量の多寡を討論した。

(4) II-(3)に示した真珠の増重量と巻きについての実験式から、使用した真珠核に対する巻きの厚さ0.2mmおよび0.3mmの真珠の増重量を算出し、各真珠の増重量の実測値を巻きに換算して区分した。

(5) 個々の真珠の諸形質を詳細に調べ、(3)および(4)を参照して真珠の黄色度に

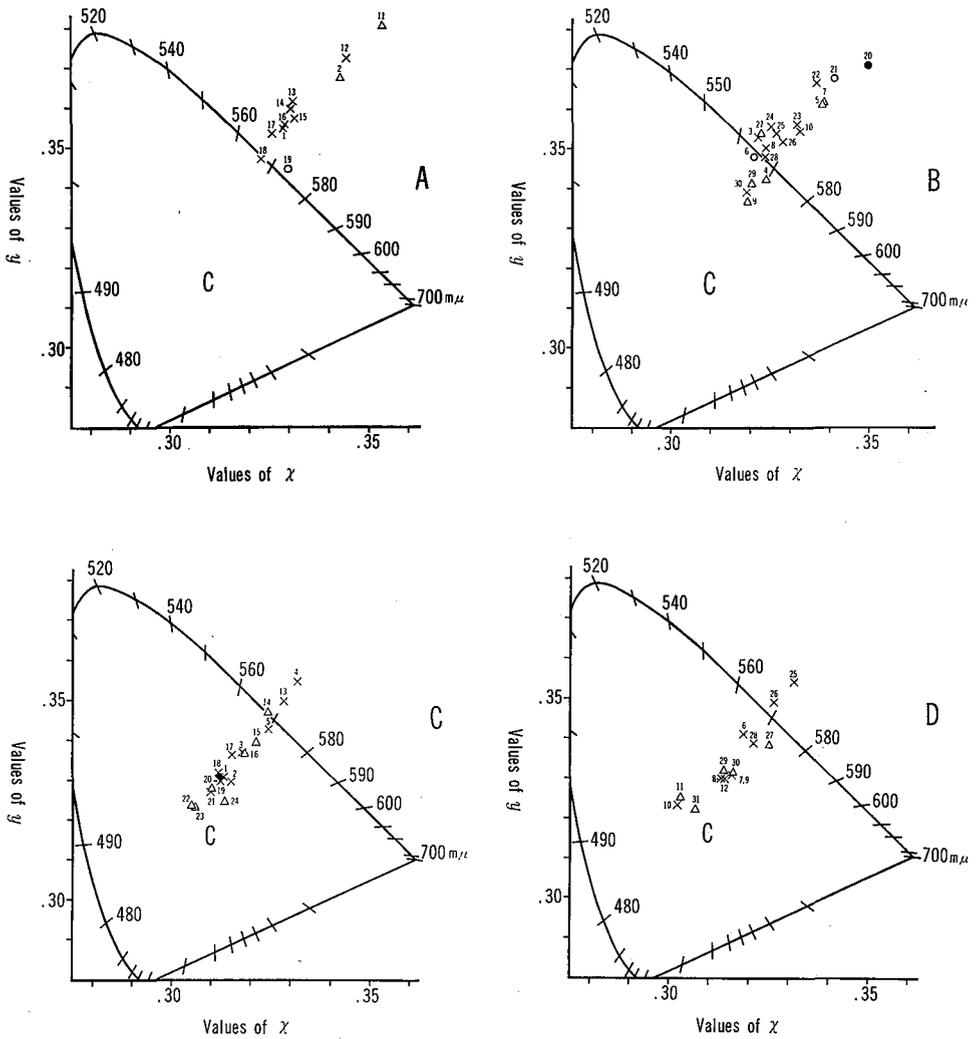


Fig. 22 C.I.E. color diagram showing the variation of color of pearls originated from one donor. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison. ●, upper 0.4 mm in thickness; ○, 0.4~0.3 mm in thickness; ×, 0.3~0.2 mm in thickness; △, under 0.2 mm in thickness.

- A: pearls produced by the transplantation of small pieces of the left mantle of the No. y_9 donor.
- B: pearls produced by the transplantation of small pieces of the right mantle of the No. y_9 donor.
- C: pearls produced by the transplantation of small pieces of the left mantle of the No. y_8 donor.
- D: pearls produced by the transplantation of small pieces of the right mantle of the No. y_8 donor.

変異をもたらす個々の因子を推察した。

2) 実験結果

i 移植片給与体 No. y₀ の外套膜より移植片をとった場合

左側および右側の外套膜より切りとった移植片を移植して生成された真珠は全部黄色系でその大部分は濃黄色であったが、濃黄色真珠の生成率は左側が右側より多少多い (Fig. 22 A,B)。それらの反射率曲線から左側の Nos. 18 と19, 右側の Nos. 4, 9, 29と30は他の真珠よりも単位容積あたりの黄色色素の含有量が少ないと考えられる。巻きが 0.2mm 以下のものを×, 0.2mm から 0.3mm までを△, 0.3mm から 0.4mm までを○, および 0.4mm 以上のものを●で表わし、それぞれの真珠の色点と巻きとの関係を C.I.E. 色度図上で調べてみると、黄色度の強い色領域に分布する真珠は一般に 0.2mm 以上に巻いている傾向を示すが、多くの例外が認められる。このうち 0.2mm 以下の巻きでありながら黄色度の強い左側の No. 12 は真珠核の周りに形成された真珠層の厚さが不均一で、測色面に形成されていた真珠層の厚さは 0.2mm 以上あることが例外となった原因と考えられるのに対し、右側の No. 22 はほぼ球形を示しており、その反射率曲線から判断しても単位容積あたりの黄色色素の含有量が多いために巻きが 0.18mm と 0.2mm 以下であるにもかかわらず真珠核の影響を他の或る色点よりも強くうけていないと推察できる。0.2mm 以下の巻きの残りの真珠の色点の分布は巻きと必ずしも正の相関を示しておらず、光沢ある表面色および真珠核の光学的性質によってかなり修飾されて変異する。一方巻きが 0.2mm 以上ありながら濃黄色でない Nos. 4, 6, 9, 19, および27のうち、左側の No. 19 と右側の No. 6 は測色面の反対側に中程度の突起があるため見掛の巻きが非常に厚くなっていることと前者は測色面に介在異質物が多少とも現われるような状態で形成されていたことが例外となった原因と考えられ、右側の No. 27 は強いピンクの干渉色に加わって明るい感じの黄色を示しており、No. 4 は真珠表面および層中からの散乱光が強く光沢の非常に悪い淡黄色を示しており、No. 9 はその測色面に介在異質物が必ず現われるような状態で形成されていた。また真珠層の不均一な形成、突起あるいは異質物の介在によって歪形した真珠の黄色度は真珠の部分によってかなり変異していた。

ii 移植片給与体 No. y₀ の外套膜より移植片をとった場合

この移植片給与体の外套膜より切りとった移植片を移植して生成された真珠は左側で全体の70%強が黄色系、右側で全体の60%弱が黄色系で、黄色度の強いものは左側の Nos. 4 および13と右側の Nos. 25 および26の4個にすぎなかった (Fig. 22 C,D)。移植片給与体 No. y₀ の貝殻真珠層の黄色度は移植片給与体 No. y₀ のそれよりも強い部分を比較した場合かなり強いが貝殻縁に沿って帯状に変異していたことと移植片給与体 No. y₀ の左殻と右殻の黄色部の分布状態に一部差があったことが黄色系真珠の生成率および黄色度の強さの変異に強く現われたと考えられる。また左側の No. 4 と右側の Nos. 25, 26, および31の色調は真珠表面および層中からの散乱光によってかなり修飾されている。なお白色点 C 付近からブルー真珠の色領域側に片寄る傾向を示す 0.2mm 以上の巻きのある真珠の大部分は突起ないし介在異質物をもっており、それらの見掛の巻きは非常に厚くなっていたと同時にそれらの色点は介在異質物による光の選択吸収の影響を強くうけていた。

4. 黄色真珠の生成率の季節による変異

1) 材料および実験

この研究に使用した材料は宿主および移植片給与体ともに貝殻真珠層色を実体色の黄色の有無によって分類してない3年生アコヤガイであった。アコヤガイの生殖腺に重量159mg(直径約4.73mm)の真珠核と外套膜小片とを一個あて挿入し、手術のすんだ貝を籠に入れて真珠研究所多徳島臨海実験場前の海に筏より海面下約2m層に垂下した。挿核手術は1964年6月30日と7月1日の2日間におこない、2カ月のちの9月から1966年1月まで毎月一回50個体から100個体のアコヤガイを殺して真珠を採集した。採集した真珠層真珠を一個ずつ秤量し、視感覚で白色系、淡黄色、および濃黄色に分類した。一方全実験期間を通じて無作為に選出した100個の真珠の光沢量をPG-1型球面光沢計を使って測定し、光沢量が20%以上、20%から15%、および15%以下の3つに分類し、残りの真珠の光沢量は視感覚にてこれと比較して決定した。その信頼度を判定するために視感覚で決定した真

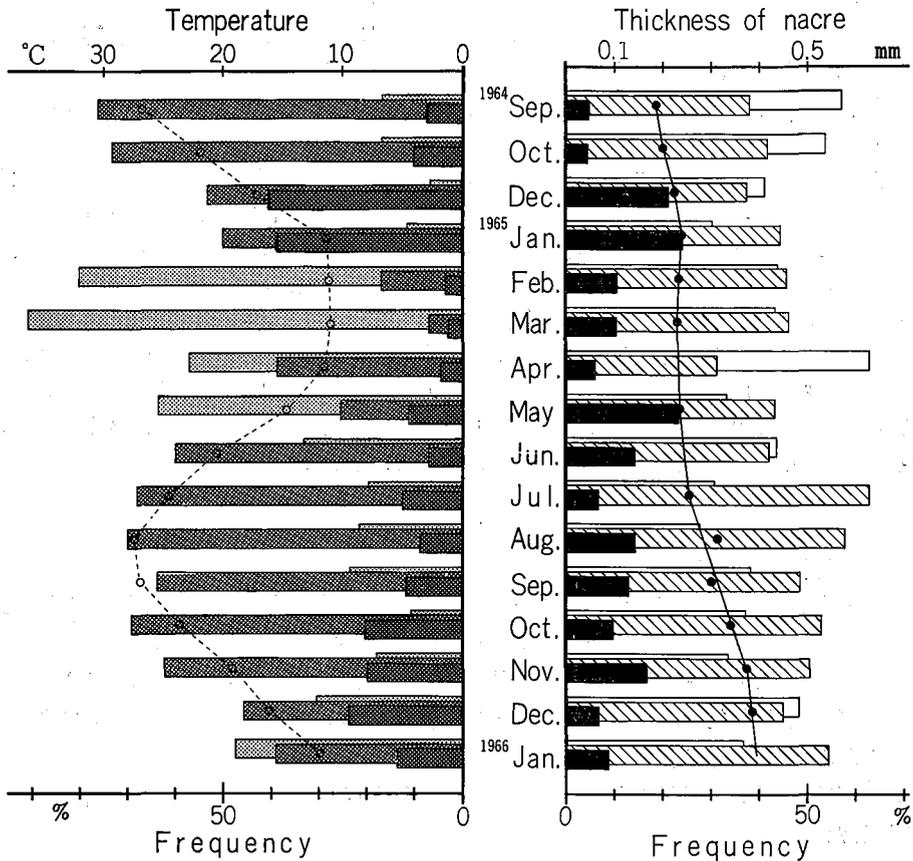


Fig. 23 Histogram drawing seasonal changes of color and luster of pearls. , white; , light yellow; , dark yellow; , high luster; , medium luster; , low luster; ●—●, the average thickness of pearls; ○---○, seawater temperature.

珠の中から無作為に50個体を更に出し同球面光沢計で測定した結果、視感覚で決めた光沢量は±3%の誤差以内で信頼できることを知った。

2) 実験結果

Fig. 23 の左半分の柱状グラフは真珠の光沢が季節により変異するかどうかを示したものである。Fig. 23 をみてわかるように、真珠の光沢は季節によって変異し、この季節的変異は和田(1961, 1969)によって指摘されたように生息環境の水温の季節的变化とそれに追従したかたちで一年周期でくりかえされるアコヤガイの生殖、成長、冬眠などの内的変化にともなうCa代謝の質的あるいは量的変化とによっておこる。すなわち、光沢の良い真珠(光沢量20%以上)の出現率は初年度および次年度ともにアコヤガイの主な産卵行為が終る10月以降に急速に増加し、両年度の間でその出現率は異なるが冬眠直前の12月に最高に達し、冬眠期に入って2月に激減する。アコヤガイが冬眠覚醒した5月頃に光沢の良い真珠の出現率はわずかに増加するがそののち9月までほとんど変化しない。光沢の悪い真珠(光沢量15%以下)の出現率は7月から9月頃まで光沢の良い真珠の出現率よりも多く、2月から5月まで真珠表面の腐蝕溶解と不規則に沈着した微小結晶の影響によって全体の60%以上90%にも達する。光沢の中程度の真珠(光沢量20%~15%)の出現率は冬眠覚醒後しばらくしてから次の冬眠に入るまでの期間を通じて全体の40%から70%の範囲で変動している。

一方 Fig. 23 の右半分の柱状グラフからわかるように、黄色系真珠の出現率にはかなりの変化がみられる。Fig. 23 において、初年度にみられる白色系真珠の減少と黄色系真珠の増加は季節による変異ではなく挿核時にみられる一時的な現象で、真珠の巻きが約0.25 mmの厚さに達するまでの間は真珠の色調を強く左右する真珠核からの反射光の影響の変化に主に関係しているであろう。次年度における黄色系真珠と白色系真珠との出現比は4月の特異的な現象を除くと生息環境の季節的变化とそれにともなうアコヤガイの生理機能の季節的变化と関連して変異しているとは考えられない。4月における白色系真珠の特異的な増加は真珠の光沢を左右した真珠表面の腐蝕溶解と不規則に沈着した微小結晶による散乱光が真珠の黄色発現を強く修飾したためと考えられる。

5. 真珠の色調の経年変異

1) 材料および実験

IV-1および2で述べたそれぞれの実験群の半数を1966年12月以降も同じ条件で養成し、残り全部のアコヤガイを1967年12月20日に殺して真珠を採集した。採集した真珠の色を自記色彩測定器によって測定し、1966年12月1日に採集した同じ実験群の真珠の色と比較して真珠の色調が経年的に変異するかを検討した。なお各実験群の分類は次の通りであった(IV-1および2を参照)。

a. 白色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜小片を移植した群。

b. 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜小片を移植した群。

c. 白色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜小片を移植した群。

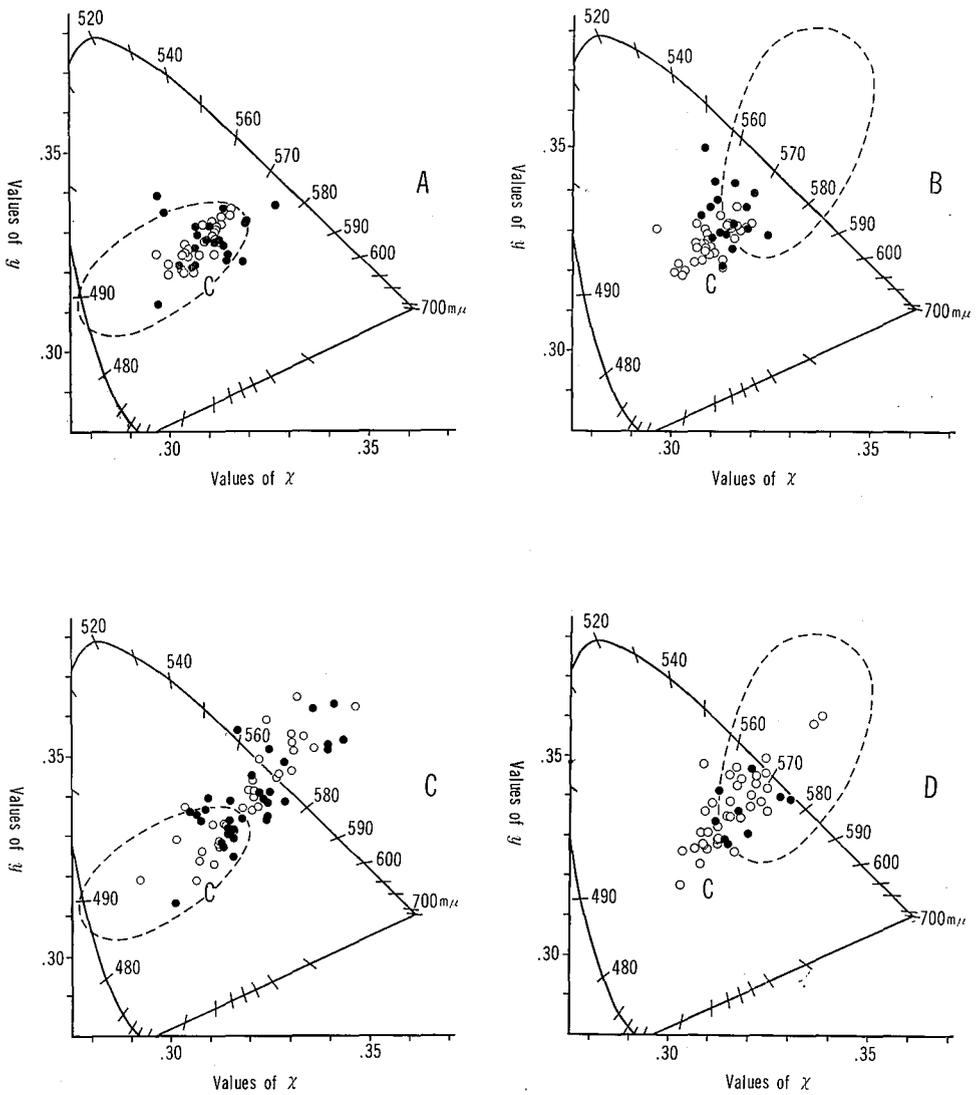


Fig. 24 C.I.E. color diagram showing the variation of color of pearls extracted two years after the operation. The spectral locus of 12% colorimetric purity is shown for comparison. The nacre of hosts distributes in the area surrounded by dashed lines (refer to Figs. 11~14). ●, two years old; ○, one year old.

d. 黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の生殖腺に黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜小片を移植した群。

2) 実験結果

Fig. 24 A,B,C,D は1967年12月に採集した真珠の色点を各実験群ごとに約一年前に採集した真珠の色点 (Figs. 11~14を参照) と比較して C.I.E. 色度図上にそれぞれ示したものである。各図表中の○は1966年12月1日に採集した真珠を表わし、●は1967年12月20日に採集した真珠を表わし、宿主の貝殻真珠層の色領域を破線で囲んで示した。Fig. 24 からわかるように、1967年12月に採集した真珠の色点の分布は1966年12月に採集した時に各実験群の真珠の色点の分布にみられた特徴によく似た特徴を示す。しかし白色系真珠層をもつ貝からとった外套膜片を移植して生成された真珠の色点は1966年12月のものに比べて1967年12月のものがかなり広く分散しており、かなりの真珠が green の色領域に移動する傾向を示す。この色点の分散は越冬して更に一年間養成する過程で生成した真珠の構造の個体差によって表面色が変わるためにおこったと考えられ、移植片の上皮細胞の性質が宿主の性質に影響されて変化したものとは考えられない。すなわち1966年12月に採集した各実験群の真珠は平均 0.29mm 弱の巻きでその色調は真珠核からの反射光によって強く影響を受けていると考えられるのに対して、1967年12月に採集した真珠は平均 0.4mm 強の巻きでその色調は真珠核からの反射光の影響をあまり受けていない (和田, 1962)。また光沢の良い真珠の出現率は1967年のものになんかなり少ない傾向を示し、このことは Fig. 23 の光沢にみられたような季節的な周期で異なる構造の真珠層が重量して形成されたことを多分意味している。

6. 表面色の変化にともなう真珠層の色度点の移動

1) 実験材料

研究に使用した材料は真珠研究所多徳島臨海実験場前に養成してあった3年貝の白色系真珠層である。材料は1968年12月に採集し、軟体部を除去して流水できれいに洗い、室温で乾燥した。貝殻の腹側前部、腹側中央部、腹側後部、および貝殻中央域から糸鋸で約 8 × 14mm 角の真珠層を切り取り、稜柱層を除去しないでそのまま自記色彩測定器によって貝殻真珠層の色を測定した。

2) 実験結果

Fig. 2 は白色系真珠層の左右殻および同一殻の部分による色点の移動の一例を黄色系真珠層のそれと比較して C.I.E. 色度図上に示したものである。左殻の腹側前部 (a)、腹側中央部 (m)、および腹側後部 (p) は視感覚でともに白色で虹彩は非常に弱く、前部は中央部や後部に比べて真珠層が薄いため真珠層の色調に稜柱層がより強く影響していた。この貝の右殻の腹側中央部 (m) および腹側後部 (p) は光沢のある虹彩をはなっており、その色点は内田等 (1955) と和田 (1962) が指摘したように虹彩の非常に弱い白色の真珠層の色点に比べて P 点 ($x=0.325, y=0.345$) 方向に移動する傾向を示す。中央部および後部に比べて彩度が少なく、また稜柱層の影響を多少受けていた右殻の腹側前部 (a) の色点はブルー真珠の色領域側に片寄っている。貝殻中央域 (c) の真珠層は左右殻ともに彩度が少ないが真珠光沢があり、これらの色点は更に P 点に接近している。

7. 小 括

黄色系真珠層の貝殻をもったアコヤガイの外套膜の移植実験をおこなった結果、アコヤガイの外套膜における黄色色素合成および分泌機能は個体によって量的に相違しており、ある場合には著しく相違していることが確かめられた。この個体による変異は (1) 外套膜の個々の外面上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能が個体によって量的に相違している場合と (2) 個々の上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能に量的な相違はないが黄色色素を合成分泌する細胞の分布密度が個体によって相違するために生ずる場合とを推測できるが、そのいずれであるかあるいは両方であるかは本研究では確かめられなかった。いずれにせよ、黄色真珠の黄色度の強さはまずこの個体差によって規定されることが確かめられた。

ところで、同一の移植片給与体の外套縁膜より切りとった移植片を移植しても生成される黄色真珠の黄色度は常にいくらかの相違があり、ある場合には濃黄色から白色系まできわめて著しい相違を示す一群の真珠を生ずる。移植片給与体を同一として生成した一群の真珠間に見られる黄色度の変異は移植した外套膜小片に存在する黄色色素を合成分泌する性質をもつ上皮細胞の数によっていろいろな程度で生じ、かつ上皮細胞の Ca および有機基質代謝機能の量的、質的な相違によって真珠の光学的性質も異なるために更にいろいろな変異が加わって連続してくる。このうち移植片に含まれてくる黄色色素を合成分泌する性質をもつ細胞の数はこの細胞が移植片給与体の外套膜にどんな密度でどのように分布していたか、そして移植片がこの外套膜のどの部分より切りとられたかに依存しており、このことが同一の移植片給与体に起源する黄色真珠の生成率および黄色度の強さを非常に強く規定すると本研究から推測できる。

以上に指摘したように、黄色真珠の黄色度に見られる変異は外套膜外面上皮細胞の性質に関連した移植時の問題によって強く支配されているが、移植時に規定された変異の幅は環境の影響によって広げられたり狭められたりする傾向がみられる。真珠の黄色が発現に至るまでの過程で環境は (1) 上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能に働きかけて黄色真珠の生成率および黄色度に変異を生ぜしめる場合と (2) 貝が外界から Ca を吸収し、吸収した Ca を真珠袋上皮細胞より真珠袋の内側に分泌するまでの貝の Ca 代謝が強く働きかけて真珠中に分泌された黄色色素の表現を左右する場合とが推測でき、このうち本研究によって (2) の存在が確かめられた。すなわち真珠の巻きや真珠層構造の相違によって規定される真珠の表面色にみられる一時変異、季節変異、漁場変異が真珠層中に含まれる黄色色素の表現を修飾する。

VI 考 察

主に真珠形成初期に形成される黒褐色ないし茶褐色の有機質や稜柱層などの介在異質物に原因した色を除くと、真珠の色は厚さ 0.3μ から 0.6μ 程度の鈹物薄板と厚さ 0.02μ 程度の conchiolin シートとが交互に重畳したくりかえし多重層薄膜構造からなる真珠層からの反射光の干渉によって生ずる赤、緑、青など種々の光沢ある表面色を主体とする白色系と、この表面色に真珠層中に分泌された黄色色素による実体色が加わった黄色系との二種類に大別できる。このうち表面色にみられる種々の色彩は鈹物薄板の厚さ (内田・上田, 1947; 大森, 1948; 福田・他, 1955; 和田, 1962), 鈹物薄板を構成する結晶粒の大きさ,

形、配列などで変わる鮫物薄板の粒状構造 (和田, 1962), および鮫物薄板の累積状態 (和田, 1962) などと関係していることが明らかにされている。また実体色は真珠層中に含まれる金属元素 (内田・上田, 1947; 高岡, 1955), ポルフィリン体 (神前, 1947), あるいは Fe-ペプタイド型の黄色色素 (沢田, 1961) によると考えられている。沢田 (1962) は化学分析の立場からまた和田 (1962) は真珠の組織構造の立場からアコヤガイ真珠の実体色に関係すると断定できるのは黄色系真珠に含まれる黄色色素だけであることを指摘している。

真珠の黄色発現に作用する因子を解析し、真珠形成時にその因子を積極的に調節して黄色真珠をなくす目的で多くの研究がおこなわれてきた。これらの研究は真珠養殖技術全般を種々の観点から検討しており、(1)アコヤガイのピンク真珠生成系統の分離、(2)黄色系真珠の生成発現に対する環境の影響、(3)アコヤガイの産地および年令と黄色系真珠の出現率との関係、(4)移植片の採取位置および移植部位と黄色系真珠の出現率との関係、(5)アコヤガイの生理機能抑制が黄色系真珠の生成におよぼす影響などに大別できる。三重県水産試験場 (1941) は移植片給与体を使うアコヤガイを貝殻稜柱層色によって青、黄、赤、普通色に分類しそれぞれの外套膜片を移植実験して、赤色稜柱層の貝殻をもつ貝の外套膜片を移植した実験群でピンク真珠が高率に生成し、黄色稜柱層の貝殻をもつ貝の外套膜片を移植した実験群で黄色系真珠が多量に生成するとの結果を得ている。また黄色系真珠の出現率と環境との関係について調べた多くの研究は互いの間で説明できない重要な疑問点を残しながらも、環境が黄色真珠の生成発現に対して強く影響するとの結論に達している。すなわち木村・他 (1962) は英虞湾産の3年および4年生アコヤガイを使って挿核をおこない、これらの試験貝を伊勢湾から熊野灘北部に至る39の試験地に配分して養成し黄色系真珠と白色系真珠との出現比を調べ、外海水の影響が強く年間を通じ高温、高塩である南島、紀州に黄色系の出現率が高く、陸水の影響が強い低温、低塩である的矢湾および鳥羽周辺に黄色系の出現率が低く、その中間に位置する五カ所湾および英虞湾は試験地により黄色系および白色系のいずれの出現率も変異の中が大きいことを指摘した。同様の結果が戒能・浜崎 (1960) によって瀬戸内海と宇和海との比較で、阪口 (1961) によって大村湾で、蓮尾・他 (1962) によって長崎県下の真珠養殖場でおこなわれた養殖実験でも得られている。このほか養殖垂下深度が浅いと内湾性の漁場でも黄色系真珠の出現が高いと報告されており、その理由として渡部・他 (1957) は多量の光エネルギーを受けるとアコヤガイの黄色色素形成が旺盛になると考えた。しかし五カ所青年クラブ (1959) の実験によると垂下深度と黄色系真珠の出現率とのこうした関係は移植部位によってははっきりしないし、沢田・丹下 (1959) は黄色系真珠の生成発現に対する垂下深度の影響は小さいとしている。また産地の異なる宿主と移植片給与体とを組合せて挿核手術をおこない同じ漁場で養成しても産地別で黄色系真珠の出現率に差を生じないことから、蓮尾・山口 (1965) は黄色系真珠の生成発現にアコヤガイの地方的特性よりも環境が強く働くと考えた。貝の年令と黄色系真珠の出現率との関係については山口 (1958) は宿主に3年貝を使用すると5年貝を使用した場合よりも黄色系が高率で出現し、移植片を切りとる貝の年令と黄色系真珠の出現率との間には関係がないと報告している。ところで田辺・田畑 (1957) は外套膜外面にみられる黒い色線を基準として外側を多くとると黄色系真珠が多く生成するといひ、宮村・他 (1958) は左側外套膜よりとった移植片を移植すると右側外套膜よりとった移植片を移植するよりも黄色系真珠が多く生成し、ピンク系真珠が少ないと報告したが、

村上・他(1960)は左右側の外套膜を区別して同様の実験をおこなったところ白色系真珠と黄色系真珠の出現比と移植片の採取位置および左右側の外套膜とはいずれも関係がないとの結果を得た。移植片の移植部位と黄色系真珠の出現率との関係については Watabe(1955)が調べており、その結果によると黄色系真珠はフクロよりもウカシで非常に高率で出現する。一方植本(1961)はアコヤガイの生理機能を適度に抑制すると黄色系真珠が少ないと報告し、蓮尾(1961)は生理機能を抑制した際疲弊度が比較的低い貝に核入れすると黄色系真珠の出現率が高く、疲弊度が高い貝に核入れすると白色系真珠が多く生成するが、これら疲弊度の異なる貝の外套膜片を移植しても白色系と黄色系の出現率に差を生じないとの結果を得た。しかし沢田・谷口(1966)は生理機能の抑制度合の異なる貝よりとった移植片を移植すると抑制の度合に応じて真珠の黄色度の強さが変わるが、移植片給与体ごとに生成する真珠の色調が特徴をもつことを認めた。

以上の諸研究をみるとわずかに三重県水産試験場(1941)および沢田・谷口(1966)の研究が移植片給与体の性質が移植後も維持されて白色系真珠と黄色系真珠との出現率に影響する可能性にふれた以外は、環境および宿主の生理機能が黄色系真珠の生成発現に対して決定的に影響するとの結論に達している。しかしながら宿主の栄養状態や生理状態をも含めて環境決定論を主張している研究には実験上幾つかの不備な点がある。すなわち(1)アコヤガイの集団の構成を貝殻真珠層色について調べてないし、その構成が環境を変えるとどのように変化するか調べていないから真珠層の黄色発現に対する個体の性質の作用力とそれにおよぼす環境の影響力とを解析することは困難である。(2)アコヤガイを個体ごとに区分けしないで、しかも一つの移植片給与体より40個から60個の移植片をとっておこなった実験の結果から、分泌生成物である真珠の黄色発現に対する移植片給与体の性質の作用力を従来の研究でおこなわれたような統計処理だけで討論することは非常に危険である。(3)従来の研究結果にみられる真珠の黄色度の変異には、移植片給与体の性質の個体差および環境によって生ずる変異のほか黄色色素を合成分泌する上皮細胞の外套膜外面における分布状態の個体差のために移植片を切りとる際に生ずる変異が含まれている。したがって以上に指摘した3点を実験計画で配慮してない研究からは、真珠の黄色生成発現で現われた変異の性質を解析することも変異と環境との間の関係を正確に把握することもできないであろう。

1. 真珠層の黄色生成発現

池田・江村(1937)はオナジマイマイ *Bradybaena similaris* の貝殻の4つの色型、すなわち(1)淡黄無帯、(2)淡黄有帯、(3)淡紫無帯と(4)淡紫有帯、は3対立遺伝子によって生じ、淡黄無帯は劣性遺伝子、淡黄有帯と淡紫無帯とはおのおの優性遺伝子により、淡紫有帯は2つの優性遺伝子を併有するものであることを交配実験によって明らかにした。一方猪野(1953)は餌料の種類を変えてアワビを飼育し、*Haliotis gigantea* および *Haliotis sieboldii* の貝殻色はテングサあるいはアラメを投与しても褐色または黄褐色であるのに対して *Haliotis discus* の貝殻色はテングサを投与すると褐色または黄褐色となり、アラメを投与すると緑色となることを観察し、アワビの殻色は餌料の種類によって変化すると考えた。

黄色色素が含まれているかいないかによってアコヤガイの貝殻真珠層は黄色系と白色系の二種類に分類でき、黄色系を黄色度の強さによって濃黄色と淡黄色にわけると集団によって濃黄色と白色系との比率に多少の変動を生ずるがそれらの比率はおおよそ2:6:2と

なり、各産地の自然集団ともほぼ平衡状態を保つ傾向がみられる。濃黄色と白色系との比率は産地が近接した集団で似ている傾向を示すが、近接地でも入江や湾が異なると変動し、同一産地のものでも採苗年が異なると変動する可能性が認められ、また遠隔の漁場でも類似していることもあり、海況的にみて規則正しい連続的の変異を生じているか疑問である。更に産地の異なる集団を類似した漁場に移しても、また季節的な環境の変動のもとでもそれぞれの集団の構成は環境によって変異を生じていない可能性が強い。これらの結果から、アコヤガイの貝殻真珠層の黄色生成発現は環境とあまり関係なく遺伝的に強く支配されると想像することはさほど困難でない。しかし真珠層の黄色発現が遺伝によると断言するためには交配実験、核型分析、詳細な集団遺伝学的解析の結果を待たねばならない。

貝殻真珠層の黄色は生物自体の形質の発現ではなく生物の分泌生成物の形質の発現であるから、貝殻真珠層を分泌生成する外套膜外面上皮細胞における黄色色素合成および分泌機能の問題が真珠層の黄色生成発現の消長となって現われ、外套膜外面上皮細胞がこの色素合成および分泌機能を遺伝的に具えているかどうかによると考えられる。また黄色真珠層の貝殻をもつアコヤガイの外套縁膜より切りとった移植片を別のアコヤガイの生殖腺に移植した場合、移植片はそれが置かれた全く新しい有機的環境の中で物質代謝を通じて宿主個体の性質の影響を量的および質的に強く受けるにもかかわらず、移植片に含まれた外面上皮細胞の再生でできた真珠袋上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能は移植片給与体の性質をよく維持していることが本研究で実証された。このことは黄色真珠の生成発現に遺伝が強く働くことを意味するであろう。

貝殻真珠層の黄色とその外側に形成された稜柱層色とは独立した変数と考えられるから (Fig. 5 を参照)、三重県水産試験場 (1941) のように移植片給与体を貝殻稜柱層色で分類して実験をおこなっても黄色真珠の生成発現を解析できないであろう。なおこのことは *uroporphyrin* がアコヤガイ貝殻稜柱層中に含まれる色素であるのに対してこの色素が真珠層にほとんど含まれていないとの高木・田中 (1954) の報告からも推測できる。

2. 黄色真珠の生成率および黄色度の変異

アコヤガイの貝殻真珠層および真珠の黄色生成発現は遺伝的に支配されると推察できたが、更に本研究から次のようなことが考察できる。すなわち貝殻真珠層における黄色部の分布状態は遺伝的に黄色色素を合成分泌する性質を具えた上皮細胞が外套膜の外面にどのように分布するかによって決定されるであろう。この性質をもつ上皮細胞が外套膜の左右側および同一側の外套膜でどのように分布しているかは個体発生における分化の過程で規定されると考えられるから、貝殻真珠層における黄色部の分布状態は個体によって色々に変わる可能性がある。また貝殻真珠層の黄色度の強さも個体によって異なり、左右側および同一側の異なる場所に変異する。このように個体によって、また同一個体でも外套膜の左右側および同一側の外套膜の部分によって黄色色素を合成分泌する上皮細胞の分布状態および部分によるこの色素の分泌量が相違するため、同一個体の外套膜より移植片を切りとって切りとった部分が異なると移植片ごとに黄色色素合成および分泌機能が量的にそれぞれ趣を異にする可能性が常にある。したがって黄色系真珠の出現率は移植片給与体によって相違し、移植片給与体を同一として生成した一群の真珠でもその黄色度が互いに相違するであろう。このようなことが原因して移植片の採取位置と黄色真珠の出現率との関係についての従来の諸研究は一貫した結果を得られなかったと考えられる。また環境決定

論を主張する諸研究にみられる黄色系真珠の出現率の変異巾は以上に指摘した因子だけで充分におこり得るから、これらの諸研究の結果から黄色真珠の生成発現に対して環境が細胞の性質より強く働いていると結論することは不可能であろう。

移植片給与体を同一として生成した一群の真珠の黄色度に変異をもたらす第2の原因は真珠袋のCa代謝および有機基質代謝の量的および質的变化によるものであろう。真珠袋のCa代謝量は宿主の性質、栄養状態、成長状態および移植片と宿主組織との関係などの相違によって強く左右され、また移植片給与体ごとに異なる傾向が認められる(和田、未発表)から、真珠袋で合成分泌される黄色色素の量が変わらなくても次のような2つの機構を通して真珠の黄色発現に影響してくる。すなわちCa代謝量の絶対値が小さいと真珠は薄巻きとなり、真珠の黄色度が真珠核より反射される光によって強く修飾され、また $[Ca^{2+}] \times [CO_3^{2-}]$ が安定に供給されたか不安定に供給されたかで変化する構造で色々に変わる表面色によって黄色真珠の色調は修飾される(和田, 1961, 1969a)。したがってこれらの原因でおこる黄色度の変化は真珠の巻きや光沢光と密接な関係を示し、環境、季節あるいは一時的に変動する宿主および真珠袋のCa代謝の変動によっておこる。

3. 真珠の色調管理に必要な養殖技術の改善

上述したように、黄色真珠の生成発現は黄色色素を合成分泌する性質を遺伝的に具えた上皮細胞が真珠袋に含まれていたかどうかによって決定的に規定されると結論できる。この遺伝的に具わった性質が細胞の機能として発揮するためにはもちろん真珠袋を取り囲む環境条件が問題となる。このうち宿主の性質、栄養状態、成長状態、および移植片の移植部位の生化学的状態は真珠袋上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能の消長に対して黄色真珠の出現率を変えるほどには影響していないことも本研究から実証できた。一方従来の諸研究で指摘された塩分、光、水温などの外界の主に物理的条件が宿主の生殖腺にある真珠袋上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能の消長に影響してどの程度に黄色真珠の出現率を変えるかが今後に残された問題である。もし現時点でこの問題に推論を加えることが許されるならば、外界の物理的あるいは化学的条件は宿主の生理機能を通して真珠袋上皮細胞の黄色色素代謝に影響するであろう。したがって上に指摘したように宿主の色々な生物学的条件は黄色真珠の生成発現にほとんど影響してないから、環境が真珠袋上皮細胞の黄色色素代謝に対して遺伝よりも強く作用するとは考えられない。しかし白色系真珠を切断してみると、黄色系真珠層が内層に稀に形成されていることがあり、真珠形成時にみられる黄色色素代謝におこる変化がどうしておこるかを生化学的および細胞生理学的に究明されねばならない。

ところで奄美大島瀬相の集団構成にみられた変異の解析にあたって想像したような環境に対して適応度の大きいアコヤガイの系統がいるかを知るために、今後黄色真珠層の貝殻をもったアコヤガイの生息分布を把握し、また黄色色素の生理的意義や合成過程を明らかにされねばならない。

以上の観察を通して、黄色色素を合成分泌する性質を具えていない貝を移植片給与体を選べば黄色真珠をなくすことが可能であり、生物・物理・化学的条件の異なる環境を使い分けて真珠の巻きおよび表面色を調節できるであろうから、真珠形成時に真珠の色沢を将来は体系的に管理できると著者は考えている。そのためには、黄色色素を合成分泌する性質を遺伝的に具えていないしかもCa代謝機能の盛んな貝を移植片給与体として使い、Ca

代謝機能が盛んでしかも環境に対する適応度の大きい貝を宿主として使いわけるとともに、今後アコヤガイを育種的な分野から研究してこのような貝を育成することによって優良品質の真珠を生産する余地が残されていると考える。

VII 要 約

1) アコヤガイの貝殻真珠層および真珠の黄色生成発現を主導的に支配する因子を解析するために、(1)5つの養殖漁場に養成してあったアコヤガイから採集した1302個体の集団標本について黄色真珠層の貝殻をもつ貝の出現率を生態学的に調査し、(2)黄色真珠層の貝殻をもつ貝の外套縁膜より切りとった移植片を同種間移植して黄色真珠の生成率および黄色度の変異を実験生物学的に調べた。

2) 貝殻真珠層における黄色部の分布状態は2型に大別できる。第I型は黄色部が貝殻前耳を除く真珠層全域に分布するもので、第II型は黄色部が腹側の真珠層域に限られて分布するものである。各型ともに黄色部の分布と黄色度の強さは左右殻均等と左右殻不均等とがあると共に同一側の貝殻においても部分によって変化し、個体によって色々に変わる可能性がある。

3) 貝殻真珠層色と稜柱層色とは独立した変数と考えられる。

4) 黄色真珠層の貝殻をもつ貝の出現率は3年までの若年貝では年令と比例して増加する傾向を示した。ただしこれは外套膜の黄色色素合成および分泌機能の年令による変異で生じたと考えるよりも真珠層が薄い間は強く影響する稜柱層から反射する光や若年貝の貝殻真珠層が示す虹彩の強い表面色のために特に実体色の淡黄色はおおいかぶさってしまうためと考えられる。

5) 黄色系真珠層の貝殻をもつ個体と白色系真珠層の貝殻をもつ個体との比率は奄美大島瀬相に移した愛媛県北灘産の集団標本を除く残りの7産地の集団標本はともにおおよそ4:1とほぼ平衡状態を保つ傾向がみられ、地理的および海況的にみて規則正しい連続的変異を生じているか疑問である。

6) 奄美大島瀬相に移した愛媛県北灘産の集団標本にみられた黄色系真珠層の貝殻をもつ個体の出現率の増加はこの集団でおこった非常に多い貝の斃死によって生じたと考えられ、貝の斃死はおそらく奄美大島地方の海況条件と餌料量に関係づけることができる。

7) 黄色系真珠層の貝殻をもつ個体の出現率は産地と採苗年の同じ集団では別の季節に採集してもほとんど変化しない。ただし真珠層の色調はその表面より反射した光によって季節によってはかなり強く影響される。

8) 白色系真珠層の貝殻をもつ貝より切りとった外套膜小片を宿主の生殖腺に移植すると白色系真珠が必ず生成し、黄色系真珠層の貝殻をもつ貝より切りとった外套膜小片を宿主の生殖腺に移植すると黄色系真珠が非常に高い出現率(今回の実験では移植片給与体が異なると54%~100%の範囲内で変動した)で生成することが実証された。このことは貝殻真珠層に含まれる黄色色素と黄色真珠に含まれる黄色色素が同一成分であり、この色素は外套膜外面上皮細胞および移植片の外面上皮細胞が再生してできた真珠袋上皮細胞によって合成分泌されることを実験生物学的に証明したことになる。

9) 外面上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能は遺伝的なものと想像でき、宿主の性

質、栄養状態、成長状態、および移植片の移植部位などは真珠袋上皮細胞の黄色色素合成および分泌機能の消長に対して黄色真珠の出現率を変えるほどには影響していない。

10) 塩分、光、水温などの環境条件は黄色真珠の生成発現に対して外套膜外面上皮細胞の有する性質よりも強く働くとは考えられない。

11) 黄色真珠の出現率やその黄色度の強さは移植片給与体によって相違し、同一の移植片給与体より移植して生成した一群の真珠の黄色度の強さも常にいくらかの相違があり、場合によっては著しい相違を示す。黄色真珠の出現率やその黄色度の強さにみられるこれらの変異は移植片給与体の外套膜における黄色色素を合成分泌する性質を具えた上皮細胞の分布状態や分布密度の相違のために主におこると考えられる。

12) 真珠袋の Ca 代謝は宿主および外界の条件の影響を受けやすい。したがって真珠の巻きおよび表面色は宿主体、季節、および漁場などによって変化し、黄色真珠の色印象に影響する。

13) 白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜片を移植して生成する真珠の色点は越冬して真珠の巻きが増加するにともない C.I.E. 色度図上で黄色系真珠の色領域とは異なる領域に分散する傾向を示した。

Ⅶ 謝 辞

終りに臨み、この研究の発表の機会を与えられた国立真珠研究所所長池末弥博士、Summary の英文の校閲の労を煩わせたテキサス大学歯学部中原皓博士、ならびに終始有益など討論を下された町井昭博士に対して謹んで感謝の意を表する。また光沢量の測定にあたって東京真珠検査所木村銀司技官に協力を得た。なお V-4 で使用した材料を借用させて下さった西飯保所員、貝殻標本を提供下さった国立真珠研究所大村支所長蓮尾真澄技官、愛媛県水産試験場、御木本真珠会社関芳武取締役、大西候彦氏、太田立男氏、ならびに小豆島養殖場責任者に深謝する。

Ⅸ Summary

Pearl oysters *Pinctada fucata* are arranged in two classes dependent upon whether yellow pigment is contained in the nacre of their shell. The nacre which does not have the yellow pigment is colored either pink, white, blue, etc. by the reflections varied by the laminar and granular structures of the layer, and the nacre which contains the yellow pigment turns yellow with the colored reflections (Fig. 4). In this paper, the present author called a oyster with the former nacre 'white-nacre-oyster' and a oyster with the latter nacre 'yellow-nacre-oyster'. The ratio of the appearance of white-nacre-oyster in oyster population to the yellow-nacre-oyster is about 1:4, the former occupied about fifteen percent to twenty percent of a population as shown in Fig. 7, with one exception of Amami area, but does not appear to vary consistently in connection with geographical and oceanographical conditions.

In this study, the transplantation of mantle tissues was carried out by using the white-

nacre-oyster and yellow-nacre-oyster as a donor and host. The experiments demonstrate conclusively that yellow pearls are produced at high rates by the pearl sac epithelium derived from the mantle tissue of the yellow-nacre-oyster which is transplanted into the gonad of pearl oysters but never occur by the pearl sac epithelium derived from the grafted mantle tissue of the white-nacre-oyster which is inserted into the gonad of pearl oysters (Figs. 10~19). The occurrence of yellow pearls was not influenced by the nature and physiological condition of hosts and the transplanted portions. Therefore it is probable that the yellow nacre of shell and pearl of *Pinctada fucata* occurs by the secretion and synthesis of the yellow pigment in the epithelial cells of the mantle and pearl sac which are assumed to be of hereditary nature.

X 文 献

- 福田 保・山田昭三・岩田 稔 1954. 真珠の色について. 大阪工業技術試験所季報 **3**: 141—145.
- 五カ所青年団 1959. 垂下深度, 貝掃除の回数および垂下様式が真珠の品質に及ぼす影響について. 真珠研究会報 **3**(10): 14—21.
- 蓮尾真澄 1961. 母貝・ピース貝の健康状態が真珠の品質に及ぼす影響について. 国立真珠研報 **6**: 663—669.
- 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.
- 蓮尾真澄・山口一登 1965. 産地の異なる母貝によって生産された真珠品質の比較. 国立真珠研報 **10**: 1254—1263.
- 池田嘉平・江村重雄 1937. オナジマイマイの3重対等因子に就て. 動雑 **49**(3-7): 123—124.
- 猪野 峻 1953. 邦産アワビ属の増殖に関する生物学的研究. 東海書房出版.
- 戒能孝和・浜崎 弘 1960. 真珠品質に関する試験. 愛媛水試事業報 (昭和35年度): 220—226.
- 木村三郎・山口 昇・丹下 孚 1962. 三重県下真珠養殖漁場の真珠品質による特性と密殖についての考察. 三重水試研報 **8**: 1—21.
- 神前武和 1947. 真珠中ポルフィリン体に就て. 生理生態 **1**: 247—250.
- 三重験水産試験場 1941. 「真珠の研究」(小林新二郎・渡部哲光著) 技報堂 p. 246 より引用.
- 宮村光武・牧戸二彦 1958. 挿核手術に使用する外套膜片(ピース)の採取部位によるアコヤガイの養殖真珠の品質の相違について. 日水試 **24**: 441—444.
- 村上菊太郎・吉野健三・楠木 豊 1960. 真珠の色及び巻きに及ぼす外套膜片採取位置の影響と月別真珠形成速度と水温の関係. 真珠研究会報 **5**(5): 16—20.
- 岡田喜義・川畑寛一 1953. 真珠の色の測定及び分類. 電気試験所集報 **17**: 901—911.
- 大森啓一 1948. 真珠の内部構造と色及び光沢. 地質学雑誌 **54**: 33—38.
- 太田立男 1968. 奄美養殖場(奄美大島瀬相湾)の海洋構造について(1967年度の場合). 真珠技術研究会報 **7**(1): 21—39.
- 阪口清次 1961. 養殖漁場と真珠品質との関係. 養殖過程中に他の漁場へ移し養成した場合. 国立真珠研報 **6**: 695—701.
- 沢田保夫 1957. 自記分光光度計による真珠の色の測定. 国立真珠研報 **3**: 175—182.
- 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況について. 国立真珠研報 **5**: 459—480.
- 沢田保夫 1961. 真珠の黄色色素の研究. 国立真珠研報 **7**: 865—869.
- _____ 1962. 真珠の色調に関する研究. 国立真珠研報 **8**: 913—919.
- 沢田保夫・谷口宮三郎 1966. 真珠の品質におよぼすピースの特性について. 国立真珠研報 **11**: 1355—1361.
- 高木 豊・田中正三 1955. 真珠の生化学的研究(第5報)あこや貝の色素(1) Porphyrin について. 日化誌 **76**: 406—409.
- 高岡 斉 1955. 真珠. 自然 **48**—52.

- 田辺時生・田畑 良 1957. 施術作業シリーズ中小珠の施術について(2). 真珠研究会伊勢部会会報 6: 11—14.
- 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—III. 国立真珠研報 6: 619—635.
- 内田洋一, 上田正康 1947. 真珠の層状構造と iridescence に就て. 生理生態 1(3): 171—177.
- _____ 1947. 真珠の色と光沢について. 京大総合研究体制研究報告 13: 26.
- 内田洋一・富木哲彦・平井正光 1954. 分光光度計による真珠の色の測定 I. 応用物理 23: 469—474.
- _____ 1955. 分光光度計による真珠の色の測定 II. 応用物理 24: 325—332.
- 和田浩爾 1961. 真珠養殖過程中におけるアコヤガイの生活活動の変化が真珠形成に及ぼす影響. II. 表面構造と光沢の季節的变化. 国立真珠研報 6: 586—606.
- _____ 1962. 真珠形成機構の生鋳物学的研究. 国立真珠研報 8: 948—1059.
- _____ 1969a. 生鋳物学の真珠養殖への展開. 真珠技術研究会会報 7(2): 6—15.
- _____ 1969b. 真珠漁場の水温と真珠の成長および光沢について. 水産海洋研究会会報(印刷中).
- Watabe, N. 1955. Relations between the qualities of the cultured pearl and the culture-depth, and the position of the nucleus-insertion. Bull. Biogeog. 16-19: 93-97.
- 渡部哲光・岡田弥一郎・宮村光武・井上義雄 1957. アコヤ貝 *Pinctada martensii* (Dunker) の養殖真珠の品質と養殖深度との関係—II. 日水試 23: 235—240.
- 山口一登 1958. 母貝・ピース貝の年令差による真珠の色及び巻きの差異について. 国立真珠研報 4: 325—328.

XI 付 表

真珠の色座標 x , y および三色刺戟値 X , Y , Z (30分割法により算出)。

1967年7月15日に挿核手術をおこなったもののうちフクロおよびウカシから同時に採集できた真珠についてのみここに記録した。移植片 No. の欄については第1項の w_{1-9} および y_{1-9} は移植片給与体 No. であり, w および y はそれぞれ給与体の貝殻真珠層色が白色系であったか黄色系であったかを表わす。第2項の数字は移植片の No. で第3項の, L および R はそれぞれ左側外套膜および右側外套膜を表わす。

宿主 No.	移植部位	移植片 No.	X	Y	Z	α	y
1	フクロ	w_1-1-L	4.2967	4.5951	5.1890	0.3051	0.3263
	ウカシ	w_1-2-L	4.9318	5.1851	5.6496	0.3140	0.3289
2	フクロ	w_1-3-L	4.4388	4.6968	5.2067	0.3095	0.3275
	ウカシ	w_1-4-L	4.8991	5.1901	5.5630	0.3130	0.3316
3	フクロ	w_1-5-R	5.3089	5.6084	6.3051	0.3083	0.3256
	ウカシ	w_1-6-R	5.4721	5.7401	6.5275	0.3085	0.3236
4	フクロ	w_1-7-R	5.2403	5.4351	5.9783	0.3147	0.3264
	ウカシ	w_1-8-R	5.1718	5.4051	5.9665	0.3126	0.3267
5	フクロ	w_2-1-L	4.3980	4.6418	5.3327	0.3060	0.3230
	ウカシ	w_2-2-L	4.2396	4.4984	5.2638	0.3028	0.3213
6	フクロ	w_2-3-L	5.3546	5.6451	6.0728	0.3136	0.3307
	ウカシ	w_2-4-L	4.8730	5.0851	5.5197	0.3148	0.3285
7	フクロ	w_2-5-L	5.4248	5.7951	5.9842	0.3153	0.3368
	ウカシ	w_2-6-L	5.8688	6.1451	6.1653	0.3228	0.3380
8	フクロ	w_2-7-R	5.4803	5.7201	6.2874	0.3134	0.3271
	ウカシ	w_2-8-R	5.3073	5.6118	6.2559	0.3090	0.3267
9	フクロ	w_2-9-R	4.1155	4.2684	4.4783	0.3200	0.3319
	ウカシ	w_2-10-R	4.1629	4.4818	4.8996	0.3074	0.3309
10	フクロ	w_2-11-R	4.4861	4.6918	5.3838	0.3081	0.3222
	ウカシ	w_2-12-R	4.0845	4.2951	4.9153	0.3072	0.3231
11	フクロ	w_3-1-L	4.4731	4.7051	5.2027	0.3110	0.3272
	ウカシ	w_3-2-L	4.2461	4.4351	4.9429	0.3117	0.3255
12	フクロ	w_3-3-R	4.8404	5.0601	5.6496	0.313	0.3254
	ウカシ	w_3-4-R	4.6167	4.8001	5.5256	0.3090	0.3212
13	フクロ	w_4-1-L	3.3058	3.5517	4.4685	0.2919	0.3136
	ウカシ	w_4-2-L	4.0910	4.3301	5.2953	0.2983	0.3157
14	フクロ	w_4-3-L	5.0754	5.4168	6.1024	0.3058	0.3264
	ウカシ	w_4-4-L	4.9334	5.0801	5.7146	0.3137	0.3230
15	フクロ	w_4-5-L	4.2935	4.5518	5.3031	0.3035	0.3217
	ウカシ	w_4-6-L	4.0323	4.1367	5.2559	0.3004	0.3081
16	フクロ	w_4-7-L	4.7555	4.9868	5.6614	0.3087	0.3237
	ウカシ	w_4-8-L	4.0323	4.2018	4.8661	0.3078	0.3207
17	フクロ	w_4-9-L	3.7090	3.9451	4.7697	0.2985	0.3175
	ウカシ	w_4-10-L	3.7841	4.0167	4.7933	0.3005	0.3189
18	フクロ	w_4-11-L	4.8649	5.0568	5.5394	0.3147	0.3271
	ウカシ	w_4-12-L	4.7538	5.0301	5.5571	0.3099	0.3279

宿主 No.	移植部位	移植片 No.	X	Y	Z	x	y
19	フクロ	w ₅ -1-L	4.6804	4.9084	5.3130	0.3141	0.3294
	ウカシ	w ₅ -2-L	4.2265	4.5451	5.2264	0.3019	0.3247
20	フクロ	w ₅ -3-L	4.0649	4.3468	4.8209	0.3072	0.3285
	ウカシ	w ₅ -4-L	4.6526	4.8984	5.3012	0.3133	0.3298
21	フクロ	w ₅ -5-L	4.3392	4.5718	5.3090	0.3051	0.3215
	ウカシ	w ₅ -6-L	4.6347	4.8184	5.3248	0.3136	0.3261
22	フクロ	w ₅ -7-R	5.3056	5.5501	6.2264	0.3106	0.3249
	ウカシ	w ₅ -8-R	5.4281	5.6451	6.1142	0.3158	0.3284
23	フクロ	w ₆ -1-L	4.9416	5.2484	5.8583	0.3079	0.3270
	ウカシ	w ₆ -2-L	4.7702	5.0784	5.6378	0.3080	0.3279
24	フクロ	w ₆ -3-L	4.4502	4.6584	5.4094	0.3065	0.3209
	ウカシ	w ₆ -4-L	4.6983	4.9418	5.3543	0.3133	0.3296
25	フクロ	w ₆ -5-L	4.5384	4.7818	5.3720	0.3089	0.3255
	ウカシ	w ₆ -6-L	4.2739	4.4318	5.1772	0.3079	0.3192
26	フクロ	w ₆ -7-R	4.5008	4.7668	5.4882	0.3050	0.3230
	ウカシ	w ₆ -8-R	4.9563	5.1151	5.7756	0.3128	0.3228
27	フクロ	w ₆ -9-R	4.5694	4.8351	5.5512	0.3055	0.3233
	ウカシ	w ₆ -10-R	4.6690	4.9768	5.5433	0.3074	0.3277
28	フクロ	w ₆ -11-R	4.3522	4.5418	5.3031	0.3066	0.3199
	ウカシ	w ₆ -12-R	4.2167	4.4284	5.3150	0.3021	0.3172
29	フクロ	y ₁ -1-L	4.3833	4.6418	4.9173	0.3144	0.3329
	ウカシ	y ₁ -2-L	4.5106	4.5718	4.8760	0.3231	0.3275
30	フクロ	y ₁ -3-L	4.6575	4.8201	4.9508	0.3228	0.3341
	ウカシ	y ₁ -4-L	4.1400	4.4401	4.6752	0.3123	0.3350
31	フクロ	y ₁ -5-L	4.5090	4.7618	5.2224	0.3111	0.3286
	ウカシ	y ₁ -6-L	4.8044	5.1068	5.6102	0.3095	0.3290
32	フクロ	y ₁ -7-L	5.0085	5.4534	5.5472	0.3129	0.3406
	ウカシ	y ₁ -8-L	4.3571	4.8951	4.8327	0.3093	0.3475
33	フクロ	y ₁ -9-R	3.8641	4.1067	4.5551	0.3085	0.3279
	ウカシ	y ₁ -10-R	4.0388	4.3284	4.5669	0.3123	0.3347
34	フクロ	y ₁ -11-R	5.6762	6.0285	5.8563	0.3232	0.3433
	ウカシ	y ₁ -12-R	5.1816	5.4468	6.1614	0.3086	0.3244
35	フクロ	y ₁ -13-R	4.3490	4.6384	5.3031	0.3043	0.3246
	ウカシ	y ₁ -14-R	4.8191	5.0601	5.4547	0.3143	0.3300
36	フクロ	y ₂ -1-L	4.6902	4.8284	5.1929	0.3188	0.3282
	ウカシ	y ₂ -2-L	4.9873	5.2651	5.6634	0.3134	0.3308

宿主 No.	移植部位	移植片 No.	X	Y	Z	x ²	y ²
37	フクロ	y ₂ -3-L	4.6396	4.9151	5.3661	0.3109	0.3294
	ウカシ	y ₂ -4-L	4.7245	5.0484	5.4646	0.3101	0.3313
38	フクロ	y ₂ -5-L	4.3686	4.5918	4.9685	0.3136	0.3297
	ウカシ	y ₂ -6-L	4.5824	4.7534	5.4331	0.3103	0.3219
39	フクロ	y ₂ -7-L	6.0451	6.3335	5.8307	0.3320	0.3478
	ウカシ	y ₂ -8-L	5.9929	6.3218	6.2697	0.3225	0.3402
40	フクロ	y ₂ -9-R	4.7604	5.0118	5.4193	0.3134	0.3299
	ウカシ	y ₂ -10-R	4.8942	5.1018	5.5177	0.3155	0.3289
41	フクロ	y ₂ -11-R	4.4388	4.6718	4.8543	0.3179	0.3345
	ウカシ	y ₂ -12-R	4.3882	4.7951	4.8917	0.3118	0.3407
42	フクロ	y ₃ -1-L	4.7767	4.9618	5.4252	0.3150	0.3272
	ウカシ	y ₃ -2-L	4.6706	4.9368	5.3464	0.3123	0.3301
43	フクロ	y ₃ -3-L	4.3702	4.5684	4.8268	0.3175	0.3319
	ウカシ	y ₃ -4-L	4.2755	4.4801	4.5079	0.3224	0.3378
44	フクロ	y ₃ -5-L	4.5922	4.8401	5.2303	0.3132	0.3301
	ウカシ	y ₃ -6-L	5.1097	5.3068	5.7992	0.3151	0.3273
45	フクロ	y ₃ -7-R	4.9579	5.0184	5.4488	0.3214	0.3253
	ウカシ	y ₃ -8-R	5.2926	5.4368	5.7480	0.3212	0.3300
46	フクロ	y ₃ -9-R	6.2198	6.4518	6.7657	0.3200	0.3319
	ウカシ	y ₃ -10-R	6.2770	6.5585	7.1732	0.3137	0.3278
47	フクロ	y ₃ -11-R	4.9742	5.2268	5.6220	0.3144	0.3303
	ウカシ	y ₃ -12-R	5.2142	5.4651	5.9842	0.3129	0.3280
48	フクロ	y ₄ -1-L	4.7555	5.0501	4.7559	0.3266	0.3468
	ウカシ	y ₄ -2-L	4.7538	5.0434	5.2008	0.3170	0.3363
49	フクロ	y ₄ -3-L	4.6134	5.0551	4.4055	0.3278	0.3592
	ウカシ	y ₄ -4-L	4.4045	4.7068	4.9744	0.3127	0.3342
50	フクロ	y ₄ -5-L	4.4877	5.0551	4.3976	0.3219	0.3626
	ウカシ	y ₄ -6-L	4.8893	5.2434	5.4980	0.3128	0.3355
51	フクロ	y ₄ -7-L	5.2011	5.5018	5.8681	0.3139	0.3320
	ウカシ	y ₄ -8-L	4.5922	5.1834	5.1653	0.3074	0.3469
52	フクロ	y ₄ -9-L	4.3359	4.5851	4.9823	0.3119	0.3298
	ウカシ	y ₄ -10-L	4.2086	4.3968	5.0669	0.3078	0.3216
53	フクロ	y ₄ -11-R	5.5668	5.8785	6.1024	0.3172	0.3350
	ウカシ	y ₄ -12-R	4.6575	5.0150	5.8779	0.2995	0.3225
54	フクロ	y ₅ -1-L	3.8870	4.2501	4.1043	0.3175	0.3472
	ウカシ	y ₅ -2-L	4.8126	5.1234	4.5138	0.3331	0.3546

宿主 No.	移植部位	移植片 No.	X	Y	Z	α	γ
55	フクロ	y_5-3-L	4.2216	4.5168	4.3150	0.3234	0.3460
	ウカシ	y_5-4-L	4.9236	5.2118	5.2342	0.3203	0.3391
56	フクロ	y_5-5-L	5.0248	5.3351	5.6102	0.3146	0.3341
	ウカシ	y_5-6-L	3.8560	4.0701	4.3405	0.3143	0.3318
57	フクロ	y_5-7-R	5.3220	5.6018	4.8031	0.3384	0.3562
	ウカシ	y_5-8-R	5.4689	5.7651	4.8287	0.3405	0.3589
58	フクロ	y_5-9-R	3.6862	3.9151	4.2146	0.3120	0.3313
	ウカシ	y_5-10-R	4.8763	5.1718	4.6752	0.3312	0.3513
59	フクロ	y_6-1-L	4.6037	4.9184	4.2795	0.3336	0.3564
	ウカシ	y_6-2-L	4.7979	5.1234	4.2972	0.3374	0.3603
60	フクロ	y_6-3-L	4.8044	4.9718	3.9508	0.3500	0.3622
	ウカシ	y_6-4-L	4.6510	4.8868	3.7992	0.3487	0.3664
61	フクロ	y_6-5-L	4.9775	5.1901	5.5059	0.3176	0.3311
	ウカシ	y_6-6-L	4.9073	5.0668	5.4193	0.3188	0.3292
62	フクロ	y_6-7-L	4.3065	4.5784	4.2638	0.3275	0.3482
	ウカシ	y_6-8-L	4.4126	4.7201	4.2362	0.3301	0.3531
63	フクロ	y_6-9-L	4.1221	4.4434	4.1299	0.3247	0.3500
	ウカシ	y_6-10-L	4.0715	4.2734	4.5590	0.3155	0.3312
64	フクロ	y_6-11-L	5.2795	5.7368	5.0827	0.3279	0.3563
	ウカシ	y_6-12-L	5.0510	5.2684	4.9803	0.3301	0.3443
65	フクロ	y_6-13-R	4.1025	4.3918	4.6063	0.3132	0.3352
	ウカシ	y_6-14-R	4.7294	5.0068	5.2401	0.3158	0.3343
66	フクロ	y_6-15-R	3.5801	3.8284	4.2461	0.3072	0.3285
	ウカシ	y_6-16-R	3.8788	4.1084	4.4941	0.3108	0.3292
67	フクロ	y_6-17-R	4.7000	4.9968	4.3090	0.3356	0.3568
	ウカシ	y_6-18-R	4.7718	5.0751	5.0669	0.3200	0.3403
68	フクロ	ω_7-1-L	4.5775	4.6601	5.0295	0.3208	0.3266
	ウカシ	γ_7-1-L	5.1489	5.7918	4.6004	0.3313	0.3727
69	フクロ	ω_7-2-L	5.4950	5.7068	6.2047	0.3157	0.3279
	ウカシ	γ_7-2-L	5.1538	5.5834	4.9842	0.3278	0.3551
70	フクロ	ω_7-3-L	4.2951	4.5851	5.2027	0.3049	0.3256
	ウカシ	γ_7-3-L	4.4078	4.7901	4.1968	0.3291	0.3576
71	フクロ	ω_7-4-L	4.5547	4.8034	5.4134	0.3083	0.3252
	ウカシ	γ_7-4-L	5.5113	5.9135	5.1693	0.3321	0.3564
72	フクロ	ω_7-5-L	5.3758	5.7484	6.3957	0.3068	0.3281
	ウカシ	γ_7-5-L	5.1277	5.3834	4.7618	0.3357	0.3525

宿主 No.	移植部位	移植片 No.	X	Y	Z	x	y
73	フクロ	w_7-6-L	4.6918	4.9434	5.2972	0.3142	0.3311
	ウカシ	y_7-6-L	5.4264	5.6451	4.6516	0.3451	0.3590
74	フクロ	w_7-7-L	4.5204	4.6334	5.6063	0.3063	0.3139
	ウカシ	y_7-7-L	5.1897	5.4318	5.4449	0.3230	0.3381
75	フクロ	w_7-8-R	5.1554	5.5234	6.1752	0.3059	0.3277
	ウカシ	y_7-8-R	5.2207	5.5701	4.7224	0.3365	0.3591
76	フクロ	w_7-9-R	4.9106	5.1334	5.8071	0.3098	0.3239
	ウカシ	y_7-9-R	5.5342	5.9835	4.8878	0.3374	0.3647
77	フクロ	w_7-10-R	4.9759	5.2351	5.6752	0.3132	0.3295
	ウカシ	y_7-10-R	5.0918	5.3884	5.3366	0.3219	0.3407
78	フクロ	w_7-11-R	5.7268	5.9735	6.5 57	0.3144	0.3279
	ウカシ	y_7-11-R	5.2175	5.5284	5.4882	0.3214	0.3405
79	フクロ	w_7-12-R	5.5374	5.8435	6.2520	0.3140	0.3314
	ウカシ	y_7-12-R	5.1571	5.5318	4.4803	0.3400	0.3647
80	フクロ	y_8-1-L	4.1612	4.3884	4.7264	0.3134	0.3306
	ウカシ	w_8-1-L	3.9066	4.0917	4.8858	0.3032	0.3176
81	フクロ	y_8-2-L	5.8770	6.1435	6.6201	0.3153	0.3296
	ウカシ	w_8-2-L	5.3987	5.7001	6.2106	0.3119	0.3293
82	フクロ	y_8-3-L	5.0640	5.3551	5.4803	0.3185	0.3368
	ウカシ	w_8-3-L	4.7228	4.9884	5.4764	0.3110	0.3285
83	フクロ	y_8-4-L	5.8035	6.1901	5.4744	0.3322	0.3544
	ウカシ	w_8-4-L	5.8623	6.1001	6.5453	0.3167	0.3296
84	フクロ	y_8-5-L	4.7767	5.0351	4.8838	0.3250	0.3426
	ウカシ	w_8-5-L	4.6869	4.9668	5.6673	0.3059	0.3242
85	フクロ	y_8-6-R	5.7529	6.1451	6.1279	0.3191	0.3409
	ウカシ	w_8-6-R	5.9260	6.2351	6.8051	0.3125	0.3287
86	フクロ	y_8-7-R	5.3317	5.5768	5.9547	0.3162	0.3307
	ウカシ	w_8-7-R	5.1962	5.4101	6.3248	0.3069	0.3195
87	フクロ	y_8-8-R	4.3506	4.5751	4.9429	0.3137	0.3299
	ウカシ	w_8-8-R	4.5710	4.7834	5.5059	0.3076	0.3219
88	フクロ	y_8-9-R	4.4126	4.6268	4.9468	0.3161	0.3308
	ウカシ	w_8-9-R	4.4518	4.6301	5.3425	0.3086	0.3210
89	フクロ	y_8-10-R	4.1661	4.4551	5.1575	0.3024	0.3233
	ウカシ	w_8-10-R	4.6428	4.8684	5.5295	0.3087	0.3237
90	フクロ	y_8-11-R	4.4469	4.7684	5.4508	0.3032	0.3251
	ウカシ	w_8-11-R	4.7718	4.9818	6.0118	0.3027	0.3160

宿主 No.	移植部位	移植片 No.	X	Y	Z	x	y
91	フクロ	y_8-12-R	5.4477	5.7151	6.1712	0.3143	0.3297
	ウカシ	ω_8-12-R	5.5015	5.7951	6.4252	0.3104	0.3270
92	フクロ	y_9-1-L	5.4379	5.8518	5.2244	0.3293	0.3544
	ウカシ	ω_9-1-L	4.9481	5.2234	5.1476	0.3230	0.3410
93	フクロ	y_9-2-L	5.6599	6.0418	4.7697	0.3436	0.3668
	ウカシ	ω_9-2-L	5.8215	6.1501	6.2854	0.3189	0.3369
94	フクロ	y_9-3-R	4.4420	4.8568	4.4685	0.3226	0.3528
	ウカシ	ω_9-3-R	4.5759	4.8601	5.0315	0.3163	0.3359
95	フクロ	y_9-4-R	5.6272	5.9318	5.7815	0.3245	0.3421
	ウカシ	ω_9-4-R	4.8355	5.1118	5.4035	0.3150	0.3330
96	フクロ	y_9-5-R	5.9929	6.3868	5.2913	0.3391	0.3614
	ウカシ	ω_9-5-R	5.4591	5.7051	5.8130	0.3216	0.3360
97	フクロ	y_9-6-R	4.4453	4.8034	4.5590	0.3219	0.3479
	ウカシ	ω_9-6-R	4.9628	5.2701	5.4449	0.3165	0.3362
98	フクロ	y_9-7-R	5.3334	5.6801	4.7283	0.3388	0.3608
	ウカシ	ω_9-7-R	5.8150	6.1918	6.0590	0.3219	0.3427
99	フクロ	y_9-8-R	4.2820	4.6234	4.2953	0.3244	0.3502
	ウカシ	ω_9-8-R	4.9024	5.1868	5.1004	0.3227	0.3415
100	フクロ	y_9-9-R	5.6566	5.9568	6.0787	0.3197	0.3367
	ウカシ	ω_9-9-R	4.0421	4.1617	4.4527	0.3194	0.3288
101	フクロ	y_9-10-R	5.1636	5.5068	4.8425	0.3329	0.3542
	ウカシ	ω_9-10-R	3.8478	3.9567	4.5039	0.3126	0.3215

アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究

Ⅶ. 病虫による感染時期*,†

阪 口 清 次

国立真珠研究所

現在までの研究によって¹⁾, アコヤガイに寄生する *Bucephalus* 属吸虫の生活史についてはその全ぼうがほぼ明らかになり, 本虫は *B. varicus*²⁾ であることが判明した。

本研究の究極の目的は防除対策にあるが, 本吸虫の生活史をみるといずれの中間宿主も広い海域中に棲息している魚貝類であることから, 一般のヂストマのばあいのようにその生活圏を切断しての防除の方策を講ずるのは容易なことでない。

この研究は, 吸虫の生活圏のうち, 第1中間宿主としてのアコヤガイの本虫による感染時期を明らかにして, その侵入を防止することを目標として実施したものであるが, その結果, 病虫によるアコヤガイの感染時期および感染初期罹病員の識別経過などが明らかになったのでここに報告する。

稿を草するにあたり, 終始御鞭撻下さった真珠研究所太田繁前所長ならびに御指導を賜わった東京大学大島泰雄名誉教授, 江草周三教授, 東京水産大学保科利一教授に深謝する。なお, 本研究を実施するにさいして, 試験員の輸送, 管理などについて一方ならない御協力をいただいた中野益男, 中島正吉両氏に心から感謝の意を表する。

供試材料および試験方法

供試貝は本吸虫による病害発生がみられない三重県英虞湾神明地先で, 1964年に採苗し, 1966年7月上旬まで同地点で養成した養殖3年生アコヤガイ2,340個である。

本吸虫による病害発生がみられない海域(英虞湾多徳島地先)に基点試験地を設け, 病害発生が多くみられる暖海性の海域(和歌山県田辺湾白浜地先)に他の1試験地を設定した。

基点試験地において選別した180個の非罹病員を病害発生の多い試験地へ移植し, 1か月後にはそれらを基点試験地にもちかえて養成し, その後毎月1回あて初期虫体の寄生の有無を調査した。このばあい, 初期スポロシストの寄生が認められた罹病員は別に養成しておき, その後の虫体の発育経過とそれにともなう罹病員の病害発現の経過を観察した。

* Seiji Sakaguchi. Studies on a trematode parasite of the pearl oyster, *Pinctada fucata*-VII. Invasion season of the parasites. With English summary, p. 1827. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 14: 1821—1828.

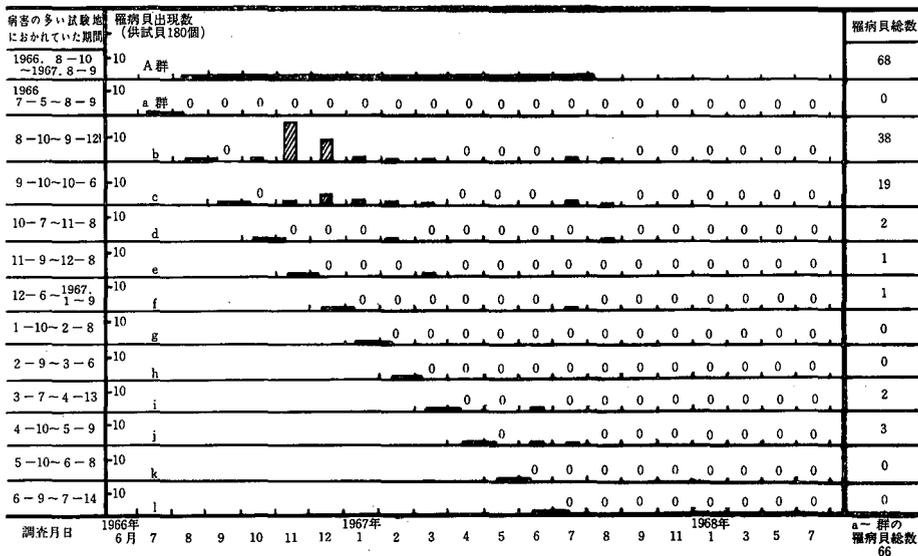
†国立真珠研究所業績 No. 181. (国立真珠研究所報告 14: 1821—1828. 昭和44年5月)

試験は上記の手順で1966年7月から1か年間にわたって各月あて移植した12群と病害発生が多くみられる試験地に1か年間継続しておかれていた1群の計13群について実施した。なお、罹病員の識別は注射器を貝の生腺殖内へ挿入して組織の一部を採取して初期スピロシストの寄生の有無を検鏡する方法（顕微識別法*と呼ぶことにする）によった。

試験員の輸送は客車便を使用したか、その輸送には往路9時間、復路19時間を要した。しかし、高温期の夏季には試験員におよぼす空中露出時間の影響を考慮して直接持参した。これには8時間を要した。

実験結果

病害発生の多い試験地へ各月ごとに移植したアコヤガイについて、その後の月1回あての調査時における顕微識別法による罹病員の確認の経過ならびにその出現総数は取り纏めて第1図に示した。



第1図 感染時期ならびに顕微識別法による罹病員の確認経過（罹病員として認められたものは取り除き、非罹病員について翌月の調査を実施した）

1. 病虫によるアコヤガイの感染時期

病害発生の多い試験地に1か年間継続しておかれていたA群には68個の罹病員の出現（罹病率 $68/180=37.8\%$ ）がみられた。各1か月間あてこの試験地に移植されていた群（a~l群）の罹病員の出現総数は66個であることから、これら各月の合計はその試験地での

* これに対して、感染翌年の初夏になるとそれまで外見上では判別できなかった罹病員に、入鰓静脈の肥大と乳白色化などの病徴があらわれて、外見上で識別できるようになる。この病徴を基にしての罹病員の判別を外見上識別法と呼ぶ。

1 か年間の罹病員の出現数を示していることがわかる。

第1表 1 か年間の罹病員出現総数に対する各月移植群の罹病員出現数の割合

群	事項 病害の多い 試験地におかれて いた期間	罹病員出現数	a~l 群の総数に対する 各月罹病員出現数の割合
a	1966. 7-5~8-9	0	0%
b	8-10~9-12	38	57.6
c	9-10~10-6	19	28.8
d	10-7~11-8	2	3.0
e	11-9~12-8	1	1.5
f	12-6~1967. 1-9	1	1.5
g	1-10~2-8	0	0
h	2-9~3-6	0	0
i	3-7~4-13	2	3.0
j	4-10~5-9	3	4.6
k	5-10~6-8	0	0
l	6-9~7-14	0	0
a~l 群の総数		66	100%

なお、第1表に示したようにb群（8月10日～9月12日）の罹病員出現数は1か年間の罹病員の総数に対して58%、c群（9月10日～10月6日）のそれは29%にあたっている。すなわち、8月10日から10月6日までの2か月間における罹病員出現数は1か年間の罹病員総数に対して87%に達したことから、この試験実施漁場における主な感染時期は8月上旬から10月上旬までの間にあったことがわかる。

2. 感染初期罹病員の識別

第1表によって、1か年間の罹病員出現総数のうち、bおよびc群がその主体をなしていると考え、感染後の各月において、顕微識別法で罹病員を判別し得る率の経過をみると第2表のとおりとなり、10月では4%、11月-39%、12月-68%、3月-88%として示され、外見上の病徴があらわれる7～8月になって罹病員はすべて確認されるに至る。

もちろん、罹病を確認し得る率は年により、また、養殖場の海域によっても多少差異があるものであろうが、この顕微識別法によれば、外見上の病徴があらわれる以前の時期においても、母貝群の罹病率の概略は推定することができる。

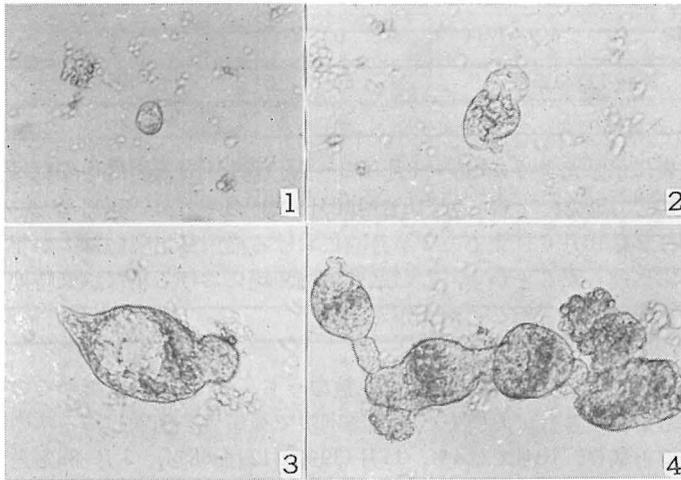
なお、現在までの感染初期罹病員の観察によって得た最も初期の虫体は、第2図—1にみられるような大きさ約20μのスポロシストである。その基本的な形は球状であるが、きわめてゆるやかな運動によって種々変形し、ひょうたん形あるいは樹枝状などを呈する。これらの虫体は次第に大きさを増し、第2図—2,3にみられるようなスポロシストとして

第2表 感染初期の罹病貝の顕微識別法による確認率の時期別の推移

群	調査月日												罹病貝出現総数
	1966 9月	10	11	12	1967 1	2	3	4	5	6	7	8	
b (8-10~9-12)	0	2	18	11	2	1	1	0	0	0	2	1	38
c (9-10~10-6)	—	0	2	6	4	2	1	0	0	0	3	1	19
(b+c)の累計	0	2	22	39	45	48	50	50	50	50	55	57	57
罹病貝の確認率	0%	3.5	38.6	68.4	78.9	84.2	87.7	87.7	87.7	87.7	96.5	100	(100%)

發育する。これらは翌年の初夏までは顕微識別法によるほか適当な判別の方法は見あたらないが、虫体が次第に繁殖して第2図—4のように發育するとスポロシストは宿主の各組織に充満して寄生するようになり、入鰓静脈の肥大と乳白色化の病徴が現われ、外見上識別法によって罹病貝は判別できるようになる。

感染初期罹病貝にこのような病徴があらわれる時期は、第3表における観察事例から、暖海性の海域におかれていた罹病貝では6月上旬~中旬ごろから、また、冬季の水温が低いような北部海域におかれていたものでは7月上旬~中旬ごろからと考えられ、そのおかれていた海域の冬季~春季の水温条件によってかなりの地域差がみられる。



第2図 感染初期の罹病貝から得たスポロシスト

1. b群について (第1図参照), 10月の調査で見出されたスポロシスト (20 μ)
2. b群について, 12月の調査で見出されたスポロシスト (70 μ)
3. b群について, 翌年3月の調査で見出されたスポロシスト (150 μ)
4. b群について, 翌年6月の調査で見出されたかなり發育したスポロシスト

第3表 異なる海域におかれていた感染初期の罹病貝に外見上の病徴
(入鰓静脈の肥大と乳白色化) が現われる時期

海域	事項	前年感染の罹病貝について、外見上の病徴が現われる時期の観察事例	外見上の病徴が現われ始めると推察される時期
紀州北部海域 (英虞湾)		1967年10月に田辺湾から搬入した母貝群から顕微鏡法で罹病貝15個を11月に選出し、その後の経過を追跡した。 1968年7月5日… 0/15=0% " 7月15日… 8/15=53% " 7月25日…14/14=100%	7月上旬～中旬
紀州南部海域 (田辺湾)		1968年6月2日… 0/10=0% 6月8日… 4/16=25% 6月25日… 9/11=80% 7月10日…13/14=93%	6月上旬～中旬
四国南部海域 (宿毛湾)		1968年6月14日…20/25=80%	(6月中旬以前)

分母……前年の感染に由来する罹病貝総数

分子……上記のうち、観察時点ですでに外見上の病徴が出現していた罹病貝数

考 察

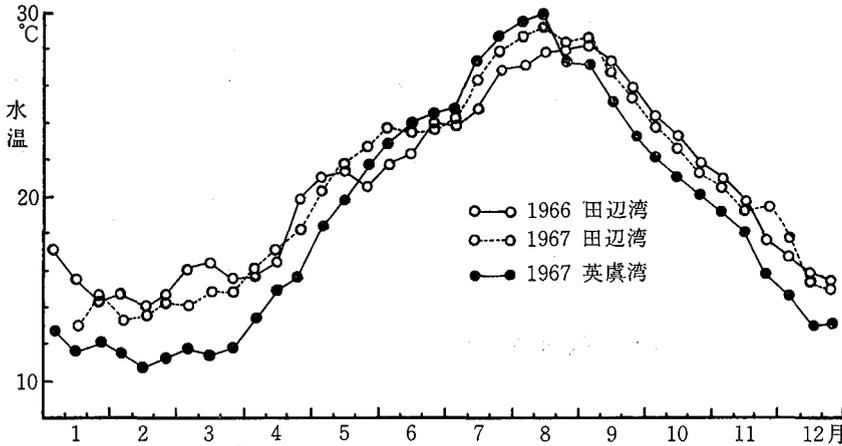
アコヤガイの本吸虫による感染期の主体は8月上旬から10月上旬という比較的短い期間のうちにあることが明らかになったが、このことについては次のように考察される。

本吸虫の生活圏のうち、最終宿主の主体となるナガエバ *Caranx sexfasciatus* は、春季に小型魚体として接岸し、秋季あるいは翌年初春以降には離岸し去り、2年目以降の大型魚は湾内には棲息しない傾向が強くみられる^{3),4)} このことは、アコヤガイの病虫による感染はその年の罹病貝から泳出したセルカリアにしか由来しないこと、言い換えると、前年の最終宿主内で成熟した成虫は宿主の移動にともない今年の感染源とはなり得ないこと、すなわち、今年の感染は今年の罹病貝から泳出したセルカリアがメタセルカリア→成体という発育過程を経た後に初めて行なわれることを示唆している。

この感染の始期については次のように考えられる。前報¹⁾の恒温水槽(水温20°C)での人工感染実験から、第1中間宿主から泳出したセルカリアが第2中間宿主内でメタセルカリアとして成熟するのに約1か月、最終宿主に捕食されたメタセルカリアが成虫として発育するのに半月～1か月を要すること、すなわち、罹病貝から泳出したセルカリアが成虫となって虫卵を海中へ放出するまでには順調にいったとしても1か月半から2か月を要するものと推考される*。したがって、その海域における病虫による感染の始期は、罹病貝からのセルカリアの泳出後、上記の期間を経て初めて始まるものと考えられる。

* セルカリアが罹病貝から泳出し、第2中間宿主を経て最終宿主へ移行するのは時期的にみて夏季の高水温期(25～30°C)にあたるので、自然海域における虫体の発育速度は上記実験のはあいにくらべてかなり早いものと考えられる。この点についてはさらに詳細に把握する必要がある。

次に感染の終期についてであるが、本試験実施の田辺湾白浜地先では最終宿主としてのナガエバの一部は秋季ないし冬季でも湾内に残り棲息しているものがあるので⁴⁾、病虫の貝への感染の可能性は考えられるにもかかわらず、10月上旬を境としてほとんどそれがみられなくなっている。このことは今後の研究によって解明されると思われるが、それが吸虫卵の孵化温度の下限点に基因しているとする理解され易い。試みに、この時期の水温を第3図によってみると、24°C前後となっている。



第3図 田辺湾および英虞湾における水温の周年変化(2m層)

ここで、各海域における罹病貝発生の有無を決定づける要因について推察してみよう。すでに明らかにしたように、罹病貝に外見上の病徴があらわれる時期に地域差がみられたと同じように、セルカリアの罹病貝からの泳出の時期にも海域によって差異がみられている。すなわち、冬季の水温が低い海域(たとえば、紀州北部の英虞湾など)に冬季間おかれていた罹病貝は、暖海性の紀州南部の海域におかれていたものにくらべて、セルカリアの宿主からの泳出は1か月~1か月半遅れ、8月中旬以降となっている¹⁾。このような海域では、セルカリアが罹病貝から泳出し、第2中間宿主を経て最終宿主内で成虫として発育するまでの期間を考慮すると、虫卵が海中へ放出されるのはすでに水温がその孵化温度の下限点を下廻る時期となるので、アコヤガイの病虫による感染はみられないと考えることができる。このような海域が本吸虫の生活圏のない非罹病海域*となるとみられる。

すなわち、第1中間宿主内における冬季~春季の虫体の発育、そして、セルカリアの宿主からの泳出の時期の差異が、その海域における本吸虫の生活史の有無を決定づける重要な要因となっているものと推考される。

* 次のようなばあいには、たとえ非罹病海域であっても病虫による感染の可能性が考えられる。すなわち、暖海域で冬季の間養殖されていた罹病貝を、春~初夏に非罹病海域へ搬入するとすると、すでに充分発育しているセルカリアを搬入することになり、吸虫の生活圏からみて、罹病貝発生海域と同じ条件下におかれたことになり、そのセルカリアに由来する貝への感染が行なわれるものと推察される。

要 約

1) 病害発生の多い海域と非罹病海域との間において、非罹病貝の1か月間の移植試験を1か年間に亘って実施して、アコヤガイの病虫による感染時期ならびに感染初期罹病貝の識別経過を調査した。

2) 病虫の主な感染時期は8月上旬から10月上旬までの間にあることが明らかになった。

3) 感染初期の罹病貝は生殖腺の一部を採取して、その中に存在する初期スポロシストを検鏡するほか、適当な識別の方法はみあたらない。しかし、翌春となって、スポロシストの繁殖、成熟ともなってスポロシストが組織内に充満するようになると、入鰓静脈は肥大し、乳白色化するので、罹病貝は容易に判別できるようになる。

この病徴のあらわれる時期は、罹病貝が冬季間おかれていた海域の水温差によって差異がみられ、暖海域におかれていたものでは6月上旬、紀州北部海域に属するような英虞湾などにおかれていたものでは上記よりも4~6週間遅れる。

4) 感染初期罹病貝において観察し得た最も初期の虫体は直径約 20μ のスポロシストである。

Summary

To make clear the season when the parasites penetrate into pearl oyster, one lot of uninfected pearl oyster consisting of 180 individuals was transplanted from Ago bay in Mie prefecture, into Tanabe bay in Wakayama prefecture, in where the parasites are prevalent.

In accordance with the program, the experiments of transplantation were made for every month extending from July 1965 to June 1966.

After that, the pearl oysters were examined once a month whether the flukes can be find or not for about 2 years long.

The results obtained are summarized as follows:

1) It became clear that the major season when pearl oysters are infected with the parasite must be exist during the period between the early August and the October.

2) In the early stages of infection, the pearl oyster can only be distinguished from the uninfected one by the detection of the presence of young sporocysts in the host's tissue with microscope. Those young flukes grow larger and become to penetrate major part of the host's tissue with the rise of water temperature at the next late spring. In the early summer, the infected pearl oysters are distinguished from the uninfected by the findings of the efferent branchial veins which in the uninfected are colorless and transparent, but in those of the infected are corpulent and light yellow.

In the warmer region where the water temperature is comparatively high such as Tanabe bay in south district of Kisyu, the above findings on the infected pearl oyster can be find early 4 or 6 weeks than in Ago bay where is colder and pearl oysters are often exposed to the danger of death during the winter.

3) The youngest fulke which is observable in the body of the pearl oyster is spherical sporocyst of about 20μ in diameter.

文 献

- 1) 阪口清次 1968. アコヤガイに寄生する吸虫の生活史とその病害について, 国立真珠研報 **13**: 1635—1688.
- 2) Manter, H.W. 1940. Digenetic trematodes of fish from Galapagos Island, Allan. Hancock Pacif. Exped. **2** (14): 335—337.
- 3) 蒲原稔治 1958. 浦戸湾内の魚類, 高知大学学術研究報告**7**(13): 1—11.
- 4) 阪口清次 1967. アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究, 全真連技術会報 **6** (1): 16—25.

アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究

VIII 感染防止のための移動試験*,†

阪 口 清 次

国立真珠研究所

前報¹⁾によって、アコヤガイの本吸虫による主な感染時期は8月上旬から10月上旬の間にあることが明らかにされた。

なお、病害の発生が多くみられる各地の海域について罹病貝の出現分布を調査したところ、いずれの海域においても、養殖貝および天然棲息貝の区別なく湾の奥部ほどその罹病率が高く、湾口部の潮通しの良いところほどその率が低い傾向があることがわかった。

これらのことから、病害発生が多い漁場で真珠養殖をするばあいには、病虫の侵入期間の間、感染率の低い漁場を設定して、そこへ貝を避難しておくことによって、病虫による感染を防止することができるのではないかと考えた。

しかし、本虫による感染時期はたまたま台風の来襲の多い時期にあたるため、とくに風波による被害が危惧される。また、避難漁場として利用され得る湾口部附近の海底は一般に岩盤域のところが多いためから養殖施設の設置にも難点のあるばあが多い。そこで、本試験ではこのような岩盤域を利用しての延縄式（幹縄に1～2m間隔で枝縄を出し金網籠を結びつけて海底にはわせる方法）で、約10mの海底に設置することにした。

なお、延縄式で地活け養成したばあいの付着物量ならびに成長率などもあわせ検討した。その結果、病害発生が多い養殖場でも適切な時期にさえ移動避難すれば、本虫の感染防止の目的は充分に達せられることが明らかになったのでここに報告する。

稿を草するにあたり、終始、御鞭撻下さった真珠研究所太田繁前所長ならびに御指導を賜わった東京大学大島泰雄名誉教授、江草周三教授、東京水産大学保科利一教授に深謝する。

なお、本研究を実施するにさいしては試験貝の移動、管理など中野益男氏に負うところがきわめて多い。また、田辺湾白浜地先の天然棲息貝の採集ならびにその資料を提供して下さった石原幸彦氏および終始御協力をして下さった中島正吉氏に心から感謝の意を表する。

* Seiji Sakaguchi. Studies on a trematode parasite of the pearl oyster, *Pinctada fucata*-VIII. A test for controlling the penetration of the parasite into pearl oyster. With English summary, p. 1833. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 14: 1829—1835.

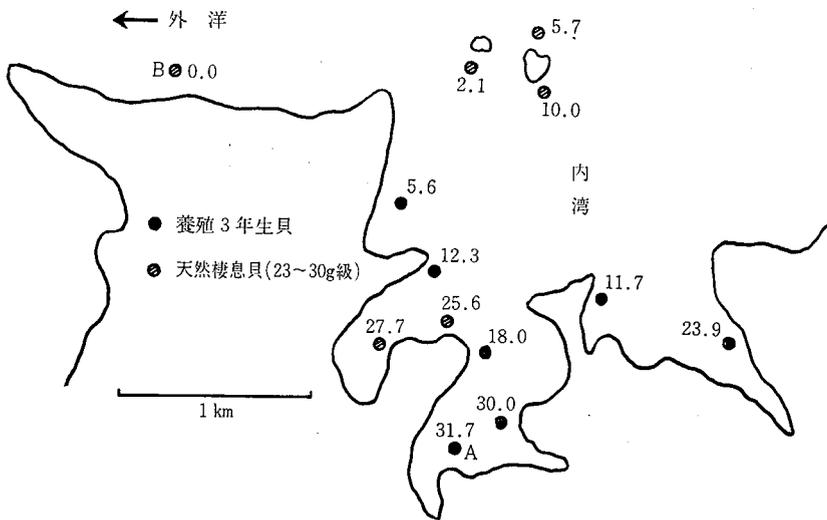
† 国立真珠研究所業績 No. 182. (国立真珠研究所報告 14: 1829-1835. 昭和44年5月)

供試材料および試験方法

供試貝は1966年10月7日に愛媛県下波地先から田辺湾白浜地先へ搬入し養成してあった養殖2年生アコヤガイである。

1967年7月12日に罹病貝の判別に馴れた2名によって2,240個のアコヤガイから外見上識別法で罹病貝をとり除き、非罹病と認めたものについて大きさを大体揃えた1,680個の貝を選出した。これらは金網籠に70貝を収容して24籠を作成、その3籠を1単位として8群をつくり、7月13日に試験を開始した。

第1図に示した海域において、本虫による罹病率がかなり高い湾奥部のAに基点試験地を設け、湾口部に位置し天然棲息貝における罹病率が全くみられなかったBを避難地点とした²⁾。



第1図 試験地点付近の養殖および天然棲息貝の罹病率(%)

試験方法の概要は第1表に示したが、前報¹⁾のアコヤガイの病虫による感染時期を参考にして8月1日から移動を開始した。すなわち、7月13日から湾奥部のA地点に養成してあったものを8月1日から9月30日まで15日間隔で5回、罹病貝がみられない湾口部のB地点へ移動避難した(AB. 1～AB. 5の5群)。その後、感染がみられなくなる10月に再びA地点へもちかえり、11月2日まで同地点で養成した。このほか、A地点の2m層、4m層およびB地点の海底(10m)に開始時から終了時まで(7月13日～11月2日)引き続き養成する3群を設けた。

これらの試験貝は11月2日に各地点から引きあげ、同夕刻のトラック便で英虞湾まで陸送した。これには約12時間を要した。

輸送後の試験貝は英虞湾多徳島地先で養成し、1967年12月、1968年3月および8月の3回に亘って、顕微識別法¹⁾によって感染の初期罹病貝の出現状況を調査した。

なお、1967年10月12日にすべての群について成長量および付着物量を測定した。付着物量は1籠中の貝数単位で、まず付着物のついたままの貝を秤量し、貝掃除をしてからの貝の重量を差し引いて求め、1貝あたりの付着生物の量として表わした。成長率は貝掃除後の1貝あたりの平均重量に対する開始時の平均重量比で示した。

試験貝はすべて海面下2m層（ただし、A'は4m層、BはB地点の海底約10m）になるように垂下した。

実 験 結 果

1. 罹病率について

罹病貝の出現状況の調査は試験方法の項で述べたように3回に亘って実施したが、外見上の病徴が罹病貝のすべてにあらわれる8月の調査結果をもって最終罹病率として示すと第1表のとおりとなる。

第1表 移動試験の実施方法ならびにその結果

事項 群	試 験 方 法	罹 病 率 (平均± 標準偏差) (%)	付 着 物 量 (7月13日～ 10月12日) (g)	成 長 率 (7月13日～ 10月12日)	B地点に おかれて いた日数 (日)
A	開始時から終了時まで引き続きA の2m層で養成	22.3±0.2	20.7±4.0	2.16±0.02	0
A'	“ 4m層 “	20.0±0.1	14.9±0.1	2.17±0.14	0
AB. 1	開始時からAにおき、8月1日にB へ移動、10月12日に再びAへ返戻	0.7±0.5	2.7±0.3	1.72±0.02	72
AB. 2	“ “ 8月17日	0.2±0.5	3.8±0.4	1.88±0.05	56
AB. 3	“ “ 8月30日	1.0±1.0	7.6±1.7	2.01±0.05	43
AB. 4	“ “ 9月15日	16.3±0.1	11.3±1.3	2.15±0.04	27
AB. 5	“ “ 9月30日	23.8±0.2	14.4±4.0	2.25±0.06	12
B	開始時から終了時まで引き続きB で地活け養成	0.2±0.5	2.3±0.6	1.45±0.04	91

1967年7月13日に70貝×3(籠)を1群として試験開始、11月2日に終了

このばあい、第1回目の調査時において罹病貝として識別されたものは取り除き、次の調査は前回に非罹病貝として認められたものについて実施した。したがって、最終罹病率は $(a_1+a_2+a_3)/(W+a_1+a_2) \times 100$ (但し、Wは最終時の調査数、 a_1, a_2, a_3 は第1, 2回および最終時において出現した罹病貝数)をもって表わしている。

第1表について、新規感染の罹病貝の出現率の差を検定すると

$$A=A'=AB. 5 > AB. 4 > AB. 1 = AB. 2 = AB. 3 = B$$

の関係が認められる。

すなわち、8月30日までならば湾奥部の感染し易い海域におかれていても病虫による感染はほとんどみられないが (AB. 1~AB. 3), 9月15日の移動群 (AB. 4) になると急激に罹病員が出現するようになり, 9月30日の移動群 (AB. 5) ではさらに附加的に増加し, 湾奥部に引き続きおかれていたもの (AおよびA') と全く同じような高い罹病率を現わしている。

このことは8月末まではアコヤガイの病虫による感染はみられなかったが, 9月になってから大部分のものが感染したことを示している。なお, 10月12日にはこれら移動群 (A B. 1~AB. 5) のすべては湾奥部のA地点へ再びもちかえったが, 病虫による附加的な感染がみられないことから (AB. 1~AB. 3) 10月12日以降には湾奥部でもその侵入はなかったことがわかる。さらに, 9月30日と10月12日の間についてはA群がAB. 5と出現率に差がみられないことから, この期間にもその侵入はなかったと推察される。

すなわちこの試験期間における主なる感染はほぼ9月一杯の間にあったといえる。

2. 付着物量および成長率

試験開始時から10月12日までの3か月間の1貝あたりの付着物量および成長率も第1表に取り纏め示した。

付着物量についてはB地点の海底で引き続き養成されたB群およびAB. 1~2, 群が最も少なく, A地点の2m層で養成されたA群が最も多い。A地点の2mと4m層の水深別では差は認められない。

各移動群 (AB. 2~AB. 5) について検討してみると (AB. 1~2, およびBでは差はみられない), B地点の海底におかれていた日数 d との間には高い負の相関がみられ ($r = -0.987$), $F = 19.17 - 0.280 d$ (F は付着物量) の直線関係が認められる。

成長率については $A = A' = AB. 4 = AB. 5$ となっている。すなわち, B地点の海底におかれていた期間が27日以内のAB. 4とAB. 5群は湾奥部の養成群 (AおよびA'群) との間には差がみられないが, それ以上, 長い期間B地点の海底におかれていた群はそのおかれていた日数との間にはきわめて高い負の相関がみられ ($r = -0.995$), $G = 2.47 - 0.011 d$ (G は成長率) の直線関係がみられた。

考 察

本試験の結果から, アコヤガイの病虫による感染時期は予想外に短かく, その主体は僅か9月一杯のみであること, また, 適切な時期にさえ避難すれば病虫の侵入防止の目的は十分に達せられることがわかった。かつ, 本試験のように湾口部の海底へ避難することによっては台風の被害は避けられるし, 付着物も少ないので有利ではあるが, 余り長い期間を海底に避難しておくとも成長の面に悪い影響がみられるので適当な期間を考慮しなければならない。他の海域に非罹病漁場をもち, そこへの避難が可能ならばさらに好適であるが, それができないばあいには本試験のように湾口部の海底などを利用して病虫の侵入を防止するのも事業的に有効な方法だと考えられる。

今までのところ, 本吸虫による病害発生が多い養殖場では真珠の養殖, とくに2年もの (挿核後2年間養殖する真珠養殖) 以上のばあいにはきわめて不利とされていたが, 本吸

虫の感染過程、感染から病害発現の経過が解明されたこと、および、本試験結果の活用によつてはその養殖も可能になると考えられる。すなわち、病虫が秋季に侵入したアコヤガイに発育停滞および斃死などの実害が発現するのは、その翌年の夏季以降²⁾であることから、このような海域で真珠養殖をするためには、病虫の侵入期をすぎた10月以降に非罹病海域から健全なアコヤガイを搬入して春先に挿核手術を行なう。このばあい、その年のうちに真珠をとり出す「当年もの」真珠ならば、たとえその9月に病虫の侵入があったとしても、貝に実害があらわれる以前に取り上げることになるので、本吸虫の被害をこうむることはないし、2年以上の期間養殖する真珠のばあいには挿核第1年目の9月の感染期だけを非罹病漁場へ避難しておけば、第2年目の真珠の取り揚げ年にはたとえ感染率の高い養殖場にアコヤガイがあったとしても「当年もの」のばあいと同様に吸虫被害の実害なく真珠をとりあげることができると考えられる。

要 約

病害の多い湾奥部に1試験地を設け、8月1日から9月30日まで15日間隔で5回、非罹病域の湾口部へ貝を移動避難して、感染時期の確認と罹病防止の効果を検討した。

1) 湾奥部から8月30日以前に湾口部へ移動避難したものは、湾口部に引き続きおかれていたものと同じように非常に低い罹病率(0.2~1.0%)を示したが、9月17日および30日に移動したものでは16.3%および23.8%と高い罹病率をあらわした。なお、10月上旬以降は湾奥部においても感染はみられなかったことから、この試験期間の感染期の主体は9月一杯とみてよいと考察された。

2) 海底での延縄式養殖では附着物は少なく有利であるが、余り長く海底におかれていたものでは貝の成長の面に悪い影響があらわれた。

Summary

The present study was made with the purpose of finding effective method for controlling the parasite penetrating into the pearl oyster.

The author reported in the previous paper that the major season when pearl oysters are infected with the parasite exists during the period of about two months in the early autumn.

Some groups of one unit consisting of 210 individuals which were collected as the uninfected materials at the inner part of Tanabe bay, in where the pearl oysters are liable to invasion of the parasite, were transferred into the entrance area in same bay where the infection with the parasite is free, at intervals of 15 days for five times from the 1st August to the 30th of September 1967.

After that, each group was turned back again to the inner part of the bay at the time (the middle October) when the pearl oyster be going to be free from the infection such as has been reported in the previous paper. Then, on the 2nd of November, they were carried into our laboratory in Mie prefecture and were examined whether the flukes can be find or

not.

The results obtained are summarized as follows:

1) Three groups which were taken refuge into the entrance region before the 30th of August showed the low infection rate (0.2~1.0%) as well as that had been set at the entrance from the first. While the two groups of the 17th and the 30th of September suffer a high infection, viz.—the former is 16.3%, the later is 23.8%, as well as that had been set at the inner part from the first.

Judging from the above-mentioned fact, it can be said that the pearl oyster had not been received the infection with the parasite before the 30th of August and since the 12th of October in 1967.

文 献

- 1) 阪口清次 1969. アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究—Ⅶ. 病虫による感染時期, 国立真珠研報 14: 1821—1828.
- 2) _____ 1968. アコヤガイに寄生する吸虫の生活史とその病害について, 国立真珠研報 13: 1635—1688.

付表 移動試験の結果表

群	事項 No.	試験開始時(7月13日)の1貝当りの重量(g)	B地点からの引きあげ時(10月12日)の1貝当りの重量(g)	7月13日～10月12日までの生存1貝当りの付着物量(g)	B地点からの引きあげ時(10月12日)の生存貝数(斃死及不明の貝を除いたもの)	最終調査時(1968年8月)の調査貝数(罹病貝および非罹病貝)	罹病貝の総数	罹病率 %
A	1	14.57	31.31	24.7	62	49	13	26.5
	2	14.71	31.69	20.6	65	60	12	20.0
	3	14.57	31.83	16.7	66	53	11	20.8
A'	1	14.43	31.82	14.8	66	48	9	18.8
	2	14.57	32.42	14.8	66	56	12	21.4
	3	15.00	30.88	15.0	68	51	10	19.6
AB. 1	1	14.00	23.88	3.0	67	65	1	1.5
	2	14.43	24.59	3.3	61	57	0	0.0
	3	13.71	23.91	1.7	69	67	1	1.5
AB. 2	1	13.71	26.43	4.3	70	68	1	1.5
	2	14.29	25.88	3.5	68	66	0	0.0
	3	14.29	27.21	3.7	68	64	0	0.0
AB. 3	1	14.29	28.68	5.9	68	62	1	1.6
	2	14.00	28.10	9.2	63	52	2	3.8
	3	13.86	28.24	7.8	68	64	0	0.0
AB. 4	1	14.29	30.45	10.2	66	61	10	16.4
	2	13.71	29.19	12.7	62	58	11	19.0
	3	14.57	30.88	11.0	68	59	8	13.6
AB. 5	1	13.57	31.03	14.3	68	58	16	27.6
	2	14.71	32.57	10.5	66	61	13	21.3
	3	14.43	31.34	18.4	67	66	15	22.7
B	1	15.00	22.46	2.9	65	62	0	0.0
	2	15.00	22.58	2.4	62	60	1	1.6
	3	14.86	21.43	1.7	63	59	0	0.0

真珠養殖漁場における付着生物 の生態的研究

I. 英虞湾の真珠養殖垂下層における付着生物相の 季節変化について*,†

山村 豊・桑谷幸正・西飯 保
国立真珠研究所

アコヤガイの貝殻外面に付着して、貝の成育を阻害する汚損生物の防除については、従来からの貝掃除と数年前からの貝殻病害虫の駆除に関連した塩水処理¹⁾ および有毒性薬剤の塗布処理^{2,3)} とが行なわれている。しかし塩水処理による付着生物の駆除効果や薬剤処理による貝の生理および環境域への影響については、まだ改善すべき問題点が多く残されており、適確な防除を行なうためには、まず、こうした駆除方法の対象となる汚損生物の生態的な把握が必要と考えられる。

このような観点からの汚損生物の生態的研究としては、1964年に梶原⁴⁾ の佐世保湾についての詳細な報告があり、また真珠養殖の代表的な漁場である英虞湾についても、1952年に三重県水産試験場⁵⁾ によって主に夏季の調査が、そして同年の6月から翌年5月までの周年変化が馬渡・小林^{6,7)} によって報告されている。さらに1958年には河原^{8,9)} によって湾内8定点の水平分布と多徳島地先での垂直分布が報告され、広く養殖作業に応用されてきた。しかしこれらの調査以後、特に真珠養殖漁場についての報告はみられず、英虞湾についても河原⁹⁾ の調査以後報告されていない。こうした現在、海洋条件などにもかなりの変化が予想され、それに伴って湾内の付着生物相もかなり変遷していると想定されるのでここに改めて調査を行なった。本報告はその結果であるが、これと併行して調査定点におけるアコヤガイの成長量を測定²⁰⁾ し、その漁場における貝の成長と付着生物相との関係についても検討を試み、2,3の知見を得たので併せてここに報告する。

報告にあたり、調査研究の機会を与えていただいた真珠研究所前所長、太田繁氏に深謝する。また、出現した生物の同定にあたり、フジツボ類は京都大学、内海富士夫教授に、海鞘類は同、時岡隆教授に、苔虫類は資源科学研究所、馬渡静夫博士に、海綿類は淡水区水産研究所前所長、谷田専治博士に、座着性多毛類は国立科学博物館、今島実博士にお願

* Yutaka Yamamura, Yukimasa Kuwatani and Tamotsu Nishii. Ecological studies of marine fouling communities in pearl culture ground. I. Seasonal changes in the constitution of marine fouling communities at a pearl cultivating depth in Ago bay. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 14: 1836-1861. 1969.

† 国立真珠研究所業績 No. 183 (国立真珠研究所報告 14: 1836—1861. 昭和44年5月)

いし、それぞれに貴重な助言を賜わった。さらに馬渡静夫博士には本報告の校閲をお願いした。ここに心から感謝の意を表したい。

調 査 方 法

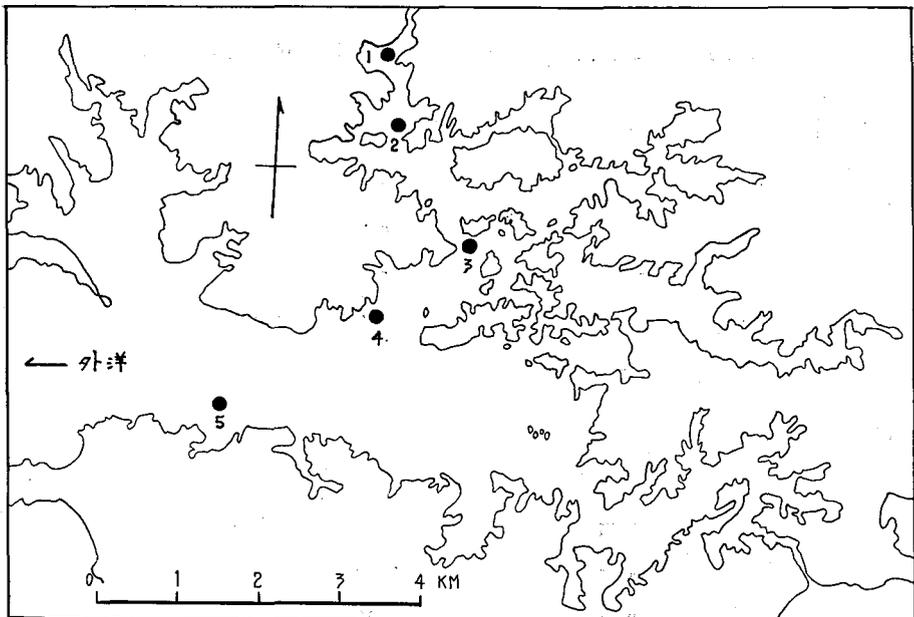
調査期間は、1967年5月2日から同年11月25日までの7か月間で、付着生物の採取は付着基盤を各月に取り換えて行なった(第1表)。また、アコヤガイの成長量測定は付着基盤の入れ換え日と相前後して行なった。

調査定点は、英虞湾の湾奥から湾口に至る間に鶴方浦 (St. 1) 三郷山 (St. 2) 多徳島 (St. 3) 蛸登り (St. 4) 御座 (St. 5) の5点を選定した(第1図)。

付着基盤としては、第2図に示した立方体のコンクリートブロックを用い、垂直位置の横4面を調査した。各面は基質的な差が生じないように上塗りし、約1か月間淡水に浸し

第1表 付着基盤の浸漬日と取り上げ日

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
浸 漬 日	5月2日	6月1日	7月4日	8月1日	8月25日	9月25日	10月24日
取 り 上 げ 日	6月1日	7月4日	8月1日	8月25日	9月25日	10月24日	11月25日
浸 漬 期 間	31日	34日	29日	25日	32日	30日	33日

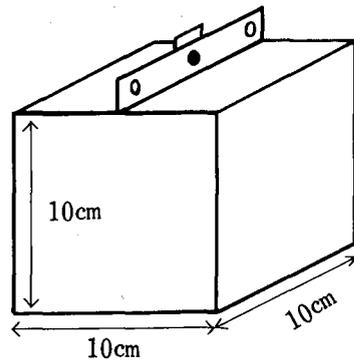


第1図 英虞湾と調査定点

St. 1 鶴方浦 St. 2 三郷山 St. 3 多徳島
St. 4 蛸登り St. 5 御座

てアクを除いた後、調査に供した。基盤は、それぞれの定点に設置した筏の末端部に2本のクレモナロープで固定し、通常アコヤガイの養殖深度である2m層に垂下した。

その他、出現した全生物のうち移動性のもの（トビムシ、ワレカラ、ゴカイなど）と付着珪藻、海藻類（シオミドロ、フクロノリなど）は調査生物の対象から除外した。また種類の判別が困難な複合ホヤについては“その他の複合ホヤ”として一括して示した。



第2図 調査基盤に用いたコンクリートブロック

結果と考察

調査期間中、各定点の基盤に出現した生物の種類別個体数および出現率〔全個体数に対して各種類の個体数が占める割合(%)〕を表1～5に示した。また期間中の水温と塩素量を第2表に示した。

1. 出現した種類

今回の調査で出現した生物のほとんどは過去の諸調査にもみられたもので、ヨーロッパフジツボを除いては特記すべき種類は見当たらない。5定点を通じて36種類の生物が出現し

第2表 調査期間中の平均水温と平均塩素量（観測水深2m層）

水温 °C								
St.	月	5	6	7	8	9	10	11
1		20.2	22.4	26.1	29.1	26.6	21.6	18.7
2		20.0	22.3	25.9	28.9	26.0	21.1	18.4
3		19.3	22.5	25.5	28.4	25.9	21.4	18.2
4		19.9	22.4	25.3	27.6	26.0	21.4	18.4
5		19.0	22.3	24.8	27.3	25.8	21.6	18.5

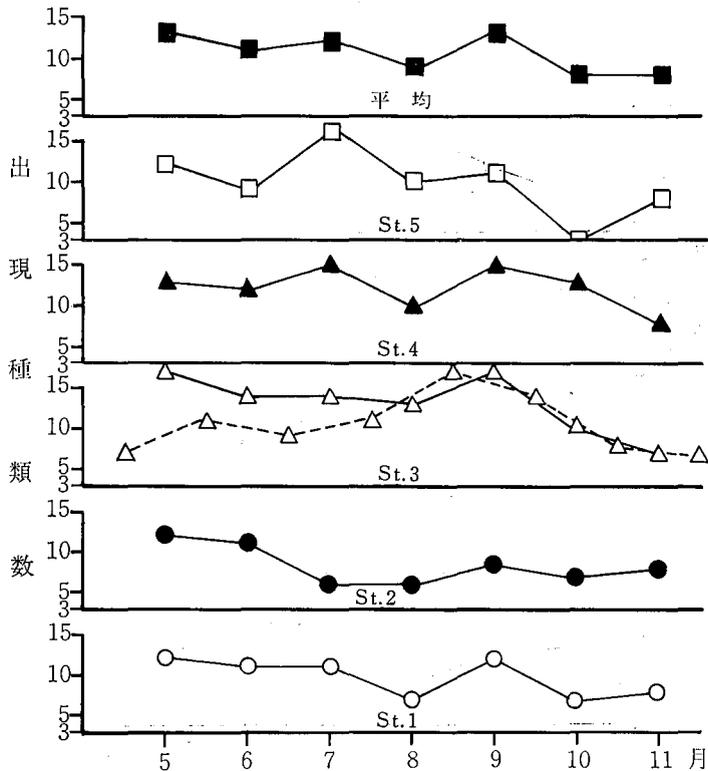
塩素量 %								
St.	月	5	6	7	8	9	10	11
1		17.08	17.72	15.24	17.11	17.32	18.09	17.74
2		17.07	18.01	16.69	17.12	17.21	18.16	17.75
3		17.24	18.08	16.42	17.39	17.17	18.25	17.90
4		17.55	18.53	17.22	17.73	18.14	18.45	18.20
5		17.55	18.53	17.22	17.73	18.14	18.45	18.26

たが、そのうちの 14 種が全定点に共通してみられた。それらは座着性多毛類のカサネカンザシとウズマキゴカイ、苔虫類のフサコケムシ、ホソフサコケムシ、チゴケムシ、コブヒラコケムシ、コブコケムシ、フジツボ類のサラサフジツボ、ヨーロッパフジツボ、タテジマフジツボ、海鞘類のイタボヤ、ネンエキボヤ、その他の複合ボヤおよび斧足類のホトトギスである。そして特定の定点にのみ出現したものとして St. 1 のホンダワラコケムシ、St. 3 のヤッコカンザシ、コバンイタボヤ、*Ceraocharina differentiate*, St. 4 のアコヤガイ、タテジマイソギンチャク、St. 5 のベニクダウミヒドラがあげられる。

2. 種類数の変化

各定点に出現した生物の種類は、St. 1 より順次に 23, 21, 31, 28, 23 種で湾中央部の St. 3 に最も多く見出された。

第 3 図に示す定点別、出現種類数の月変化によれば、種類数は全般的に 5, 6, 7, 9 月に多く 8, 10, 11 月に少ない傾向があり、特に高水温にあたる 8 月の減少は従来の諸調査^{6,7,8)}にもみられた傾向である。そして種類数の変化は、周年にわたって出現する座着性多毛類のカサネカンザシとウズマキゴカイを除いた、春季の海鞘類および苔虫類、夏季のフジツボ類、秋季のフジツボ類と苔虫類、斧足類によって増減している。特に 8 月の減数は苔虫類、10 月のそれはフジツボ類によるものである。

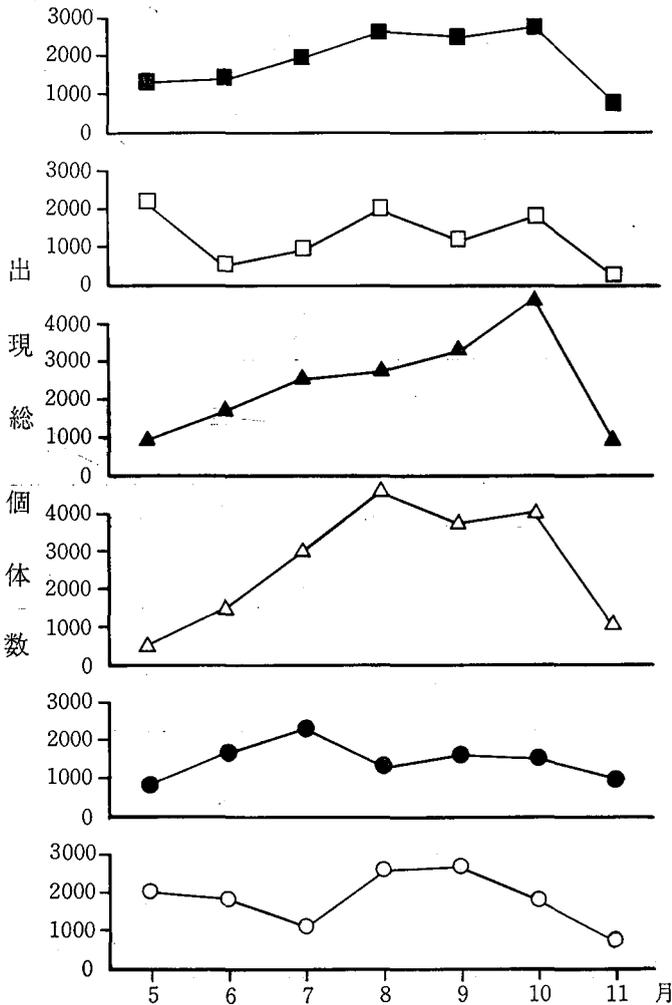


第 3 図 出現種類数の月変化
破線は 1966 年 11 月から 1967 年 10 月に至る調査

3. 定点別総個体数の変化

期間中に出現した生物の総個体数は St. 1 で12596, St. 2 で10327, St. 3 で18526, St. 4 で17045, St. 5 で8996個となり, 前記の種類数と同様 St. 3, 4 に最も多くの個体数が見出された。この結果は湾の中央部に最も多くの種類と個体数が出現したとする河原⁸⁾の報告と一致している。

第4図に示した出現総個体数の月変化は, 種類数での変化と同様に各定点とも異なった動きを示している。特に St. 3, 4 は5月以後ともに著しい増加を示しているが St. 1, 2, 5 ではそれほど急激な増加を示していない。それは特に St. 3, 4 が他の定点と比較して座着



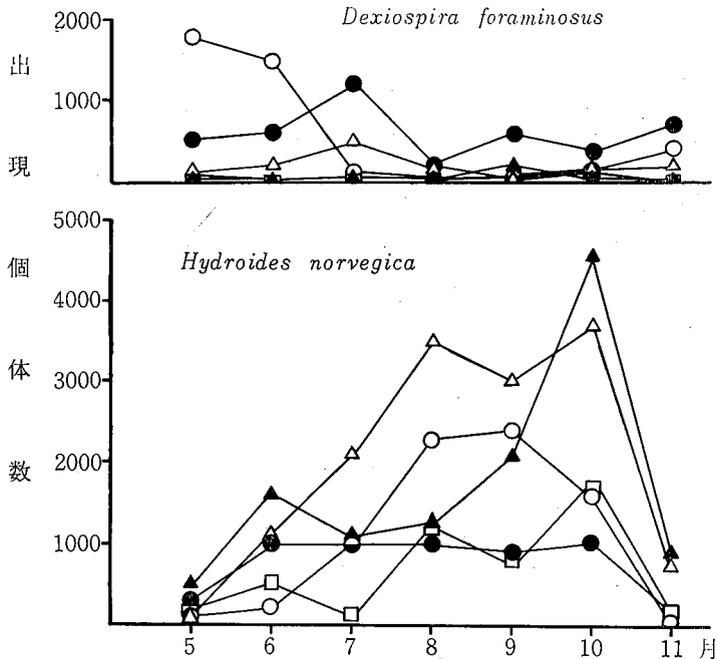
第4図 出現総個体数の月変化
(記号は第3図に同じ)

性多毛類のカサネカンザシおよびフジツボ類のサラサフジツボの付着個体数の増加が著しいことに基因している。そして各定点における最初の減少期は、St. 1 から順に 7, 8, 9, 11, 6 月に現われ、この個体数の減少は St. 1~3 ではウズマキゴカイ, St. 4 ではカサネカンザシ, St. 5 ではベニクダウミヒドラがそれぞれ減少もしくは消滅したことによるものである。また各定点の付着盛期は St. 1 では 8, 9 月, St. 2 では 7 月, St. 3 では 8, 9, 10 月, St. 4 では 10 月, St. 5 では 5 月と 8, 10 月にみられる。

4. 定点別種類別の出現率

付表 1~5 に示した定点別の各月の種類別出現率では、調査期間を通してそのほとんどを座着性多毛類のカサネカンザシとウズマキゴカイの 2 種によって占められており、両種の合計は St. 1 から順に 93.2%, 95.5%, 85.0%, 71.9%, 64.3% で、St. 1, 2 ではきわめて高く St. 3, 4, 5 と次第に低くなっている。そしてこの両種について多いサラサフジツボの出現率では 1.4%, 1.6%, 8.6%, 20.9%, 19.9% となって、前 2 種を合計した出現率とは定点間で逆の傾向を示している。これらの 3 種について各定点で多く出現した種類は、St. 1 のフサコケムシ (2.2%), St. 3 のフサコケムシ (1.6%), チゴケムシ (1.4%), ヨーロッパフジツボ (1.4%), St. 4 のヨーロッパフジツボ (2.4%), フサコケムシ (1.0%), タテジマフジツボ (1.0%), St. 5 のベニクダウミヒドラ (14.8%), ムラサキイガイ (5.7%), コブコケムシ (1.6%), ヨーロッパフジツボ (1.1%) である。

このような座着性多毛類の優勢は馬渡・小林^{6,7)}、河原⁸⁾の報告でも述べられており、両調査におけるカサネカンザシとウズマキゴカイの出現率では、カサネカンザシよりもウズマキゴカイの出現率が非常に高く前者は 5% 以下、後者は 90% 以上を示している。



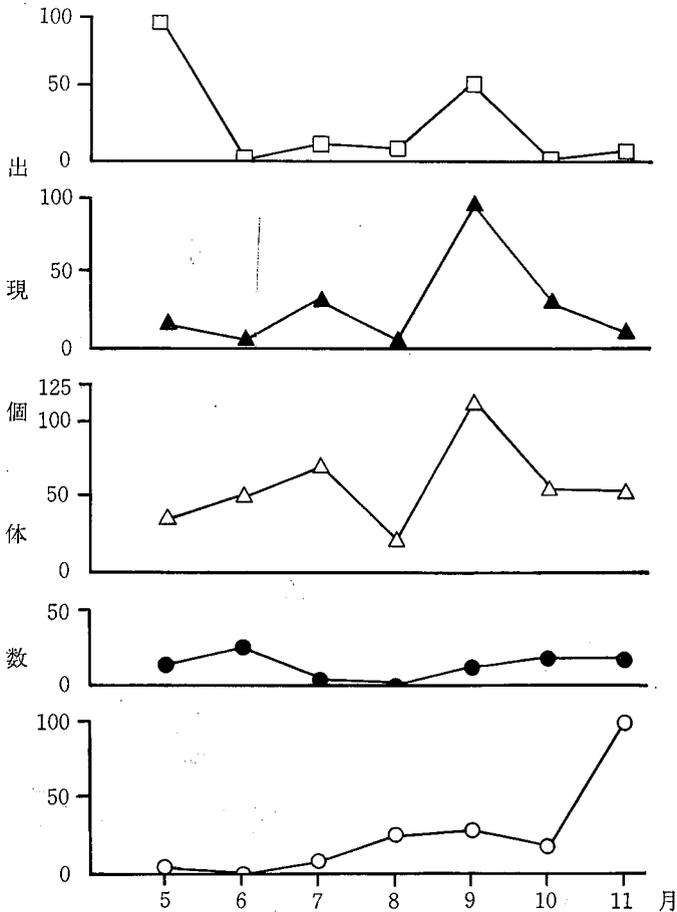
第 5 図 カサネカンザシとウズマキゴカイの出現個体数の月変化
(記号は第 3 図に同じ)

しかし今回の調査でのカサネカンザシとウズマキゴカイの出現率は St. 1 から順に61.1% : 32.1%, 52.8% : 42.7%, 77.5% : 7.5%, 70.8% : 1.9%, 52.9% : 1.4%でどの定点でもカサネカンザシが優勢している。こうした両種の間の優位上の交替がいつ頃行なわれたかは明らかではないが、筆者らは1961年の夏季に採苗試験の付着板にカサネカンザシの著しい付着を観察しており、この年以後アコヤガイ貝殻上で、同種の付着量がかなり多くなってきていることから推察して、おそらく1961年頃を境にして両者の優位が逆転したものと考えられる。

5. 種類別個体数の変化

1) 座着性多毛類

カサネカンザシ、ウズマキゴカイ、ヤッコカンザシ、ヒトエカンザシの4種が出現したが、うち前2種が圧倒的に優位であり、ヤッコカンザシは St. 3 で7月に、ヒトエカンザシは St. 4, 5 で6, 7月と9月にそれぞれ僅かに数個体が出現したにすぎない。カサネカンザシとウズマキゴカイの調査期間中の総個体数は、前者は St. 3, 4 に後者は St. 2, 1



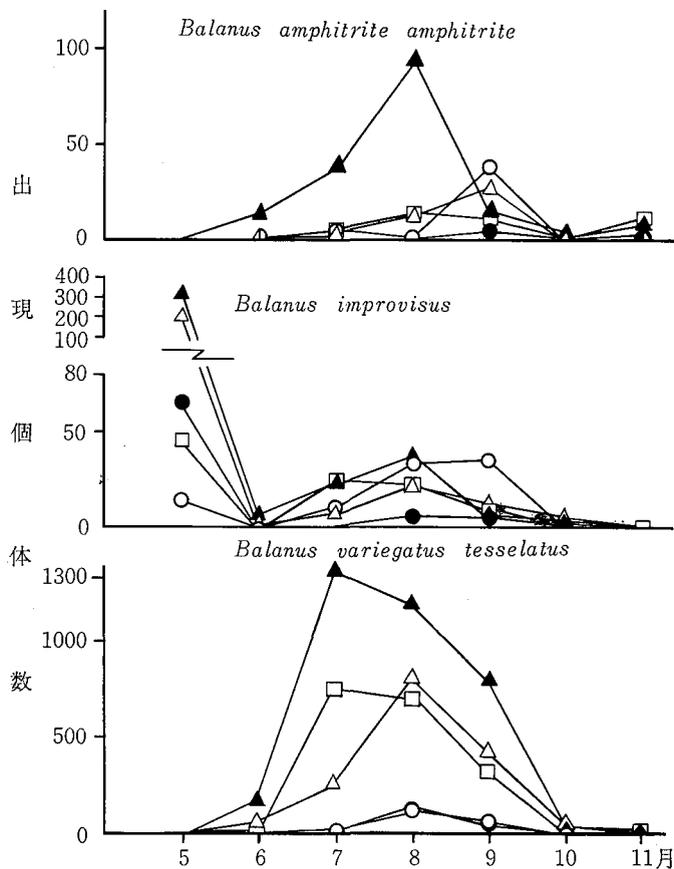
第6図 苔虫類の出現全個体数の月変化(記号は第3図に同じ)

に多い。両者の出現個体数の月変化を第 5 図に示した。カサネカンザシは St. 2 を除き、各定点とも 5 月以後徐々に増加し 8, 9, 10 月のいずれかに最大付着数を示している。そして St. 3 では 9 月, St. 4 では 7, 8 月に, St. 5 では 7 月と 9 月に一時的な減少がみられる。

2) 苔虫類

苔虫類は出現した 9 種のうち 8 種までが St. 3, 4 に出現し、苔虫類の全個体数でもこれらの定点が最も多かった。また第 6 図に示した苔虫類全個体数の月変化は、St. 2 を除く他の 4 定点にそれぞれ大きな山がみられ、それらの山はそれぞれ単一の種類の増加によってもたらされている。すなわち St. 1 の 11 月はホソフサコケムシ、St. 3, 4 の 7 月はチゴケムシ、St. 3, 4, 5 の 9 月はフサコケムシ、St. 5 の 5 月はコブコケムシによるもので、非常に特徴のある出現傾向を示しているといえよう。苔虫類 9 種が出現した中で、上記 4 種は各定点で付着の時期および個体数の違いはあるが、他の 5 種と比べて出現個体数も多くしかも全定点に出現していることで、今回の調査における苔虫類の主要種といえる。

その他、トゲヒラコケムシが St. 3, 4 に、コブヒラコケムシが全定点に、キイコケムシ



第 7 図 フジツボ類の主要種、サラサフジツボ、ヨーロッパフジツボ、タテジマフジツボの出現個体数の月変化 (記号は第 3 図に同じ)

が St. 2, 3, 4, 5 にそしてホンダワラコケムシが St. 1 にそれぞれ出現したが、出現個体数では上記4種に及ばない。

3) 蔓脚類

蔓脚類では、フジツボ類のサラサフジツボ、ヨーロッパフジツボ、タテジマフジツボ、シロスジフジツボ、サンカクフジツボの5種が出現した。

このうちシロスジフジツボが St. 3, 4, 5 に、サンカクフジツボが St. 2, 3, 4, 5 に、他の3種が全定点に出現した。シロスジフジツボとサンカクフジツボはともに全体としての付着数が少ないので、残る3種についての月変化を第7図に示した。

これを見るとサラサフジツボが最も大きな付着数を示し、7, 8, 9の3か月に、付着の盛期がみられる。そしてこの種がフジツボ類の全個体数に占める割合は St. 1 から順に 56.5%, 65.8%, 83.7%, 83.8%, 90.4% といずれも過半数を占め、特に St. 5 に高く St. 4, 3, 2, 1 の順に低くなっている。しかし出現個体数では St. 4 に最も多く、St. 5, 3 がこれに次いでいる。

残る2種のうち、近年我が国に移入されたヨーロッパフジツボは同様に St. 1 から順に 29.4%, 30.6%, 13.3%, 9.5%, 5.0% を占め、St. 2, 1 に高く St. 3, 4, 5 に低くなっている。付着の盛期は St. 1 では8, 9月、St. 2, 3, 4 では5月、St. 5 では5月と7月、8月にあり、特に St. 2, 3, 4 では出現全個体数の80~90% が5月に付着している。出現の傾向としては St. 4, 3, 5 に多く、St. 2, 1 に少ない。

タテジマフジツボは特に St. 4 で8月に大きな付着の山がみられるが、その他の定点では St. 1, St. 3 で9月にわずかの付着がみられるにすぎない。

フジツボ類でのサラサフジツボの優勢は、馬渡・小林^{6,7)}、河原⁸⁾による調査結果と一致する。しかし馬渡¹⁰⁾は1963年から64年にかけて行なった全国の17港湾での汚損生物調査で、タテジマフジツボの優勢について述べ、特にサラサフジツボの著しい退潮を指摘している。そして、この事実がサラサフジツボよりもタテジマフジツボが水質汚濁に対する抵抗力が強いことによって生じたものと考察している。こうした意味から、今回の調査におけるサラサフジツボの優勢は、英虞湾では、この種の退潮をきたすほど水質汚濁が進んでいないことを示しているとも考えられる。

さらに注目すべき点は英虞湾におけるヨーロッパフジツボの繁殖である。この種は河原⁸⁾が1957年に英虞湾で行なった調査で初めて発表した種*で、1962年には河原¹¹⁾の調査によって中部諸湾のほとんどの湾に分布していることが判明した。そして馬渡¹⁰⁾の全国17港湾の調査でもそのうちの7港湾で存在が確認されている。しかし英虞湾では、その後の繁殖の程度が調べられておらず、今回の調査により初めて、湾内の湾奥部から湾口部にまでくまなく出現し、しかもフジツボ5種の中でサラサフジツボに次いで優位を占めていることが判明した。

4) 海鞘類

全定点における海鞘類の出現傾向は、St. 5 に少なく、St. 1, 2 に多くなっている。9月に St. 1, 3 でシロボヤ17個体が出現したほか、ユウレイボヤ、複合ボヤの付着は5, 6月に限定している。

* 馬渡博士の私信によれば「1952年の英虞湾の浸漬板に、本種の1個体が存在していることを内海博士が確認した。」とのことから本種はこの頃すでに湾内に移入されていたものと思われる。

5) ヒドロ虫類

5月に St. 5 でベニクダウミヒドラが出現したのみにとどまった。

6) イソギンチャク類

7月に St. 4 でタテジマイソギンチャクが1個体見出された。

7) 海綿類

Halicionissa n. sp. が St. 1, 2, 3 で6, 7月に計31個体, ミサキケツボカイメンが同定点で6月から8月に計29個体, そして *Ceraocharina differentiate* が7月に St. 3 で2個体見出された。St. 4, 5 ではこれら3種は全く付着しなかった。

8) 斧足類

斧足類ではマガキ, アコヤガイ, ムラサキイガイ, ヒオウギ, ホトトギス, ナミマガシワの6種が出現したが, St. 5 で5月に514個体を記録したムラサキイガイと St. 1 で24個体付着したホトトギスの他は付着数が少ない。

9) 腹足類

付着していた巻貝は個体が非常に小さいために種の判別が出来なかったが, St. 3, 4 で9月に計25個体が見出された。

6. 主要付着生物の大きさの変化

出現した生物のうち全定点で見出され, 個体数でもかなり優占しているものとして, カサネカンザシ, ウズマキゴカイ, サラサフジツボ, ヨーロッパフジツボ, タテジマフジツボ, フサコケムシ, ホソフサコケムシ, チゴケムシ, コブコケムシが湾内の主要付着生物として挙げられる。そしてこれらのうちウズマキゴカイとコブコケムシを除く7種について, 各月の大きさを測定し(第3表), 比較検討を行なった。個体の大きさはカサネカンザシでは管口部の直径を, フジツボ類は底部の長径を, 苔虫類の草状のものでは基部から先端部までの長さを, そして盤状のものでは個体の最長径を測定した。さらにこうした大きさがその月ごとの総個体数の増減あるいは特定の優勢種(カサネカンザシ, サラサフジツボ)の個体数の増加によって影響を受けていないかどうかを確かめるために, 総個体数の変化並びに特定の優勢種の個体数の変化と上記7種の平均径の変化について検討したがその影響はみられなかった。

カサネカンザシは平均径において, 8月に至る前半は St. 3 を中心に湾奥部と湾口部で異なった動きを示し, 5, 6月は St. 4, 5 に小さく, 7, 8月は St. 1, 2 に小さくなっている。そして9月は St. 2 のみが小さい。各月ごとに5定点を平均した平均径では水温の低い5月と11月, それに高水温にある8月に小さくその他の月では大きくなっている。各月を平均した全平均では St. 3 に大きく St. 2 に小さい。最大径では St. 1 と5で6, 7月に1.8 mm に達している。

サラサフジツボは付着個体数の少ない10, 11月を除き, 平均径では St. 5 が常に大きく最大径でも同定点で7月に14.5 mm を記録している。これは St. 4 の7月の最大径11.5 mm を大きく上回り, 馬渡¹²⁾が1952年に浜島で測定した7月の13.0 mm をも上回るもので, この定点がこの種の成長に最も適した場所と考えられる。

ヨーロッパフジツボは平均径で St. 3, 4 に大きく, 最大径で8月に St. 4 で9.0 mm のものが見出されたがサラサフジツボに比べて小さい。

タテジマフジツボは平均径で St. 5 に大きく最大径でも同定点で8月に12.2 mm に達し

第3表—2

3. 各月のフジツボ類の大きさ

		5		6		7		8		9		10		11月		全平均
		平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
サラサフジツボ	St. 1					2.6	4.3	2.5	8.6	4.2	5.7	3.9	5.0			3.3
	St. 2			3.0	3.0	2.7	4.0	1.6	3.9	1.9	2.0					2.3
	St. 3			2.9	7.3	3.5	10.7	2.5	6.2	5.3	8.7	4.3	6.9			3.7
	St. 4			4.4	8.6	3.3	11.5	3.5	9.8	3.4	6.0	3.4	7.0	3.1	3.1	3.5
	St. 5			4.4	5.9	4.1	14.5	5.5	10.8	5.6	10.2	3.5	4.5	4.0	6.3	4.5
ヨーロッパ フジツボ	St. 1	3.7	7.0	4.2	4.3	3.0	6.1	2.6	7.4	4.0	6.4					3.5
	St. 2	4.5	6.7					3.1	3.7			4.2	4.2			3.9
	St. 3	5.0	7.7	4.0	4.1	4.1	8.9	4.2	6.4	4.4	6.8	5.9	7.0			4.6
	St. 4	4.2	7.6	6.6	7.2	4.2	8.1	5.0	9.0	2.6	4.6	5.6	7.2			4.7
	St. 5	3.2	5.6			3.0	6.4	5.1	8.4	4.4	4.5			2.0	2.0	3.6
タテジマフジツボ	St. 1			4.7	4.7	2.9	2.5	5.0	7.0	4.2	7.5			1.6	1.6	3.7
	St. 2									2.1	2.2			2.1	2.1	2.1
	St. 3			2.9	4.8	3.8	8.5	2.6	6.4	5.2	8.4	4.9	4.9	1.8	1.8	3.5
	St. 4			5.2	6.9	6.4	8.8	6.8	11.9	3.7	5.9	4.3	4.7	3.4	4.0	4.9
	St. 5					6.3	7.0	7.0	12.2	6.3	9.1			6.5	8.2	6.5
全フジツボ	St. 1	3.7		4.9		2.9		2.6		4.1		3.9		1.6		3.4
	St. 2	4.5		4.0		2.7		1.6		1.0		4.2		2.1		2.9
	St. 3	4.9		2.9		3.8		2.5		5.2		4.4		1.8		3.6
	St. 4	4.2		4.2		3.4		3.8		3.1		3.8		3.4		3.7
	St. 5	3.2		4.9		4.1		5.6		5.5		3.5		5.2		4.6

ている。またフジツボ全体としての平均径でも、St. 5 が付着個体数の少ない5, 10, 11月を除いて大きくなっている。

フサコケムシの平均では付着個体数の最も多かった St. 3 で9月に6.0 mm を示しており、最大では同月に St. 4 で20.2 mm に達している。

ホソフサコケムシの平均も付着個体数の多い St. 5 の5月と St. 1 の11月に比較的大きく、最大で後者が同月に10.0 mm, 前者が5月に9.3 mm を記録している。

チゴケムシはその平均径で St. 3 に大きく、最大径でも同定点で6月に15.7 mm に達した。

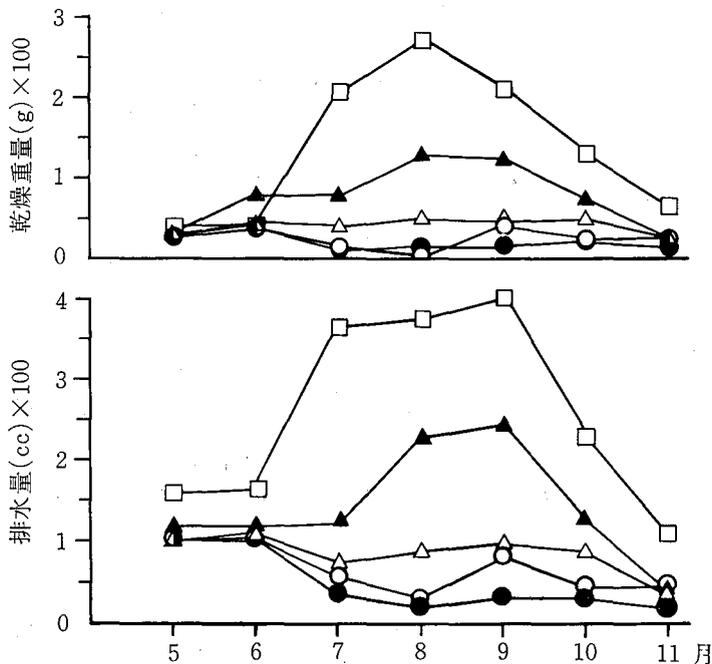
こうした結果、7種の生物の平均径と最大径は、サラサフジツボの場合を除いて、付着個体数の多い定点と月に大きい傾向にある。

そしてそれぞれの成育に適した定点として、カサネカンザシは St. 3, 4, 5, サラサフジツボ、タテジマフジツボは St. 5, ヨーロッパフジツボは St. 4, 3, フサコケムシ、チゴケムシは St. 3, 4, ホソフサコケムシは St. 1, 5 があげられる。

しかしながら、サラサフジツボを除いた6種の生物の平均径は各月によって定点間かなりの違いがみられており、これはこれらの生物の付着期が定点間でそれぞれ異なることを示すものと考えられる。

7. 付着生物の重量変化

これまで付着生物における重量的な取り扱い、太田¹³⁾による排水量、乾燥重量の表示と、谷口・西飯・清水¹⁴⁾と清水・西飯¹⁵⁾および西飯^{16, 17)}における貝そうじの効果に関する



第8図 アコヤガイ貝殻上の付着物の乾燥重量と排水量の月変化 (記号は第3図に同じ)

研究で排水量が用いられているにすぎず、これまでの諸調査は全て個体数でのみ表示されている。宮内¹⁸⁾は真珠養殖の貝掃除に関する研究の中で、主としてフジツボとムラサキイガイの付着したアコヤガイの貝殻開閉運動と糞量を調べ、両者の付着した貝は貝掃除後のものと比べて開殻幅も小さく、糞量も少ないと述べている。また西飯¹⁷⁾はカキとフジツボのみを残すように処理した貝の成長および真珠の巻きは非常に悪いと報告している。こうしたことから付着生物の貝に対する阻害要因として、摂餌における餌料に対する競合、重量的な加重などが想定されるので、特にこうした生態的な調査では個体数による表示だけにとどまらず、重量的な見地からの調査も併せて行なう必要があると考えられる。

そこで今回の調査と併行して同一地点におけるアコヤガイ貝殻上の付着物の排水量および乾燥重量を測り第 8 図に示した。アコヤガイはブロックの取り換えと相前後して貝掃除し、得られた付着物は全て布でしぼりその排水量を、さらに再度水をきった後、45~50°C の恒温槽で 2 日間送風乾燥して、その乾燥重量を測った。

第 8 図の排水量と乾燥重量はともに類似した傾向を示している。そして個体数で最も多かった St. 3 がほとんど変化を示さず、最も少なかった St. 5 が常に高い値を示している。特に 7, 8, 9 月の高い値はこの時期に著しい出現を示したフジツボ(特にサラサフジツボ)の速やかな成長によるもので、これは St. 5 がこの時期に総個体数およびフジツボ全個体数で St. 4, 3 に及ばないのかかわらず、フジツボの付着個体の平均径が両定点よりはるかに大きいことに基づいている。また 5, 6 月に排水量が乾燥重量の値を上回っていることは、この時期に優勢した海鞘類によるものと思われる。

このように重量面を検討した結果は、出現した生物の種類および個体数における優勢と異なり、湾口部におけるフジツボ類のすみやかな成長によって St. 5 が特に 7, 8, 9 月を中心に大きな値を示しており、上記に述べた汚損生物による阻害要因の究明あるいは産業面での応用といった立場からも重量面における調査、検討の必要性を示しているといえよう。

8. 付着生物とアコヤガイの成長について

これまで付着生物とアコヤガイとの研究は、多くが防除を対象として行なわれてきた。これらの付着生物の出現分布や成長量あるいは異常発生、消滅といった生態的な変化をアコヤガイの成長と対応させて、貝の適性漁場を判定する指標種を見出したり、貝の生理状態に及ぼす環境変化を推測する方向に利用する考え方は、1958年に白井¹⁹⁾によって示唆されているにもかかわらず、これまでこうした検討はほとんど行なわれていない。

今回特に各定点ごとの付着生物の出現種類数 (K) と総個体数 (N) および測定した満 2 年生アコヤガイの積算増重量 (G)*、²⁰⁾ との相関関係を求めた。各定点での積算増重量は次の通りである。St. 1=227.7 mg, St. 2=203.4 mg, St. 3=291.2 mg, St. 4=281.4 mg, St. 5=245.3 mg

この結果、総個体数と貝の積算増重量との関係は $r=0.833(n=5)$ で有意性がみられなかった。しかし、St. 5 を除いた場合の関係では $r=0.967(n=4)$ 危険率 5% 以下で有意であり次の回帰方程式が得られた。

$$\hat{G}=0.01038N+99.11$$

* 積算増重量 (G) は水中重量測定法で測定した月間増重量/経過日数=日間平均増重量を総和した数値である。

出現種類数と積算増重量とでは $r=0.956$ ($n=5$) 危険率 5%以下で有意であり、回帰方程式は

$$\hat{G}=8.459K+36.63$$

となる。さらに出現種類数と総個体数の関係は $r=0.933$ ($n=5$) 危険率 5%以下で有意であり回帰方程式

$$\hat{N}=934.6K-10053.92$$

が得られた。

これらの結果は、出現種類数の多い定点では付着個体数もともに多く、アコヤガイの成長も良好であることを意味し、以前から言われてきた付着生物の多い漁場ほど貝の成長も良いという概念的な関係を裏付けている。しかし、付着生物の多いという概念はより多くの種類が豊富に出現することを意味し、重量的に特に多い場合には逆に貝の成長を阻止する形になると思われる。なお総個体数と貝の積算増重量の関係で、St. 5 が回帰直線上からはづれたことは、付着個体数が著しく少ないにもかかわらず、貝の成長が比較的良かったことで、これは付着個体数で優占しているカサネカンザシとウズマキゴカイの付着が、他の定点に比べて非常に少ないことにより生じたと思われる。

要 約

1. 英虞湾の5定点の真珠養殖垂下層(2m)の付着生物を調査してつぎのことが判明した。
2. 出現した付着生物は種類と個体数のいずれも湾中央部の St. 3 と湾口部寄りの St. 4 に最も多く、湾口部の St. 5 と湾奥部の St. 1 ではそれらのいずれも少なく、特に湾奥部寄りの St. 2 が最も少なかった。
3. 湾内の付着生物の盛期は夏季から秋季に至る7, 8, 9, 10の4か月で、湾内の付着生物相は主として座着性多毛類のカサネカンザシ、ウズマキゴカイを中心に春季の海鞘類と苔虫類、夏季のフジツボ類と秋季のフジツボ類、苔虫類、斧足類の増減によってもたらされる。
4. 湾内での主要付着生物としてカサネカンザシ、ウズマキゴカイ、フサコケムシ、ホンフサコケムシ、チゴケムシ、コブコケムシ、サラサフジツボ、ヨーロッパフジツボ、タテジマフジツボがあげられる。
5. 重量変化では夏季7, 8, 9月に St. 5 で著しい増加がみられ、湾口部におけるフジツボ(特にサラサフジツボ)の速やかな成長が指摘される。
6. 以前の調査と比較して座着性多毛類の優勢種ウズマキゴカイに代わるカサネカンザシの優勢が認められる。また以前の調査にみられなかった種としてヨーロッパフジツボがあげられる。
7. 各定点の出現種類数および総個体数とアコヤガイの積算増重量との間には正の相関関係が認められる。しかし総個体数と積算増重量の間では特に St. 5 を除いた場合のみ相関関係が成立する。

文 献

- 1) 松尾 董・水本三朗 1961. 濃塩水浸漬による付着物の除去効果について. 全真連技研会報 3(4): 14—17.
- 2) 宮内徹夫 1966. 真珠養殖用塗布化学剤“パールコート”に関する研究 I. 全真連技研会報 5(2): 24—33.
- 3) _____ 1966. 同上 II. 同上 5(3): 38—44.
- 4) 梶原 武 1964. 海産汚損付着生物の生態学的研究. 長崎大学水産学部研究報告 16: 1—138.
- 5) 馬渡静夫・井上義雄・長谷川二彦・小林純子 1953. 真珠養殖資材の防汚に関する研究 I. 三重県水産試験場研究報告 5: 1—26.
- 6) Shizuo Mawatari and Sumiko Kobayashi 1954. Seasonal Settlement of Animal Fouling Organisms in Ago Bay, middle Part of Japan I. 資源科学研究所彙報 35: 37—47.
- 7) _____ 1954. 同上 II. 同上 36: 1—8.
- 8) Tatu Kawahara 1961. Regional Differences in the Composition of Fouling Communities in Ago Bay. 三重大学水産学部研究報告 4(1): 65—80.
- 9) Tatu Kawahara and Hiroshi Iijima 1960. On the Constitution of Marine Fouling Communities at Various Depths in Ago Bay. 同上 3(3): 582—594.
- 10) 馬渡静夫 1967. わが国港湾汚損の生物学的研究 I. 研究概要. 資源科学研究所彙報 69: 87—114.
- 11) Tatu Kawahara 1963. Invasion into Japanese Waters by the European Barnacle *Balanus improvisus* Darwin. Nature 198 (4877): 3.
- 12) Shizuo Mawatari・Yoshitsugu Hirosaki・Sumiko Kobayashi 1954. Settlement and Growth of Acorn Barnacle, *Balanus amphitrite communis* DARWIN II. 資源科学研究所彙報 34: 48—57.
- 13) 太田 繁 1959. アコヤガイの付着物の量と貝掃除の回数との関係について. 全真連技研会報 3(10): 10—14.
- 14) 谷口宮三郎・清水進平・西飯 保 1959. 真珠養殖におけるいわゆる貝そうじの効果に関する研究 I. 貝そうじ及びかご交換の回数と付着生物量の変化について. 国立真珠研究所報告 5: 481—488.
- 15) 清水進平・西飯 保 1961. 同上 III. かご交換の効果に関する追試. 同上 6: 676—678.
- 19) 西飯 保 1961. 同上 IV. 貝そうじの時期と付着生物, アコヤガイの成長ならびに品質について. 同上 6: 679—683.
- 17) _____ 1961. 同上 V. 付着生物がアコヤガイの成長ならびに真珠の巻きにおよぼす影響. 同上 6: 684—687.
- 18) 宮内徹夫 1966. 真珠養殖の貝掃除に関する研究 I. 付着生物がアコヤガイの貝殻開閉活動と養量におよぼす影響. 日本水産学会誌 32(5): 379—383.
- 19) 白井祥平 1958. 付着生物に対する考え方. 全真連技研会報 2(2): 12—17.
- 20) 西飯 保・桑谷幸正・植本東彦・山村 豊. 未発表, 漁場環境とアコヤガイの成長との関連について.

付表1 St. 1 に出現した生物の種類と個体数および総個体数に占める割合(%)

			5 月	
			個体数	%
1	カサネカンザシ	<i>Hydroides norvegica</i> Gunnerus	108	5.4
2	ウズマキゴカイ	<i>Dexiospira foraminosus</i> (Bush)	1810	90.9
3	フサコケムシ	<i>Bugula neritina</i> (Linné)	2	0.1
4	ホソフサコケムシ	<i>Tricellaria occidentalis</i> (Trask)	4	0.2
5	チゴケムシ	<i>Dakaria subovoidea</i> (D'Oribigny)		
6	コブコケムシ	<i>Celleporina costazii</i> (Audouin)		
7	ホンダワラコケムシ	<i>Zoobotryon pellucidum</i> Ehrenberg		
8	コブヒラコケムシ	<i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston)		
9	サラサフジツボ	<i>Balanus variegatus tessellatus</i> Utinomi		
10	ヨーロッパフジツボ	<i>Balanus improvisus</i> Darwin	14	0.7
11	タテジマフジツボ	<i>Balanus amphitrite amphitrite</i> Darwin		
12		<i>Haliclonissa n. sp.</i>		
13	ミサキケツボカイメン	<i>Sycon misakiensis</i> Hozawa		
14	ユウレイボヤ	<i>Ciona intestinalis</i> Linné	38	1.9
15	シロボヤ	<i>Styela plicata</i> (Lesueur)	12	0.6
16	マガキ	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)		
17	ムラサキイガイ	<i>Mytilus edulis</i> Linné	2	0.1
18	ホトトギス	<i>Musculus senhousia</i> (Benson)		
19	ナミマガシワ	<i>Anomia chinensis</i> Philippi		
20	巻貝		1	—
		合計	1991	99.9
21	*イタボヤ	<i>Botrylloides violaceus</i> Oka	0.6	
22	*ネンエキボヤ	<i>Leptoclinum mitsukurii</i> (Oka)	33.0	
23	*その他の複合ボヤ		43.0	

* 複合ボヤは全て被覆面積を%にして表示した。(以下各表とも同じ)

付表2 St. 2 に出現した生物の種類と個体数および総個体数に占める割合 (%)

			5 月	
			個体数	%
1	カサネカンザシ	<i>Hydroides norvegica</i> Gunnerus	270	31.5
2	ウズマキゴカイ	<i>Dexiospira foraminosus</i> (Bush)	485	56.7
3	フサコケムシ	<i>Bugula neritina</i> (Linné)		
4	ホソフサコケムシ	<i>Tricellaria occidentalis</i> (Trask)		
5	チゴケムシ	<i>Dakaria subovoidea</i> (D'Oribigny)	22	2.6
6	コブコケムシ	<i>Celleporina costazii</i> (Audouin)		
7	コブヒラコケムシ	<i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston)	2	0.2
8	キイコケムシ	<i>Schizoporella argentea</i> (Hincks)	1	0.1
9	サラサフジツボ	<i>Balanus variegatus tessellatus</i> Utinomi		
10	ヨーロッパフジツボ	<i>Balanus improvisus</i> Darwin	65	7.6
11	タテジマフジツボ	<i>Balanus amphitrite amphitrite</i> Darwin		
12	サンカクフジツボ	<i>Balanus trigonus</i> Darwin	4	0.5
13		<i>Haliclonissa n. sp.</i>		
14	ミサキケツボカイメン	<i>Sycon misakiensis</i> Hozawa		
15	ユウレイホヤ	<i>Ciona intestinalis</i> (Linné)	3	0.4
16	シロボヤ	<i>Styela plicate</i> (Lesueur)	3	0.4
17	ホトトギス	<i>Musculus senhousia</i> (Benson)		
18	ナミマガシワ	<i>Anomia chinensis</i> Philippi		
		合 計	855	100.0
19	イタボヤ	<i>Botrylloides violaceus</i> Oka	3.5	
20	ネンエキボヤ	<i>Leptoclinum mitsukurii</i> (Oka)	67.5	
21	その他の複合ボヤ		8.0	

付表3 St. 3 に出現した生物の種類と個体数および総個体数に占める割合 (%)

			5 月	
			個体数	%
1	カサネカンザシ	<i>Hydroides norvegica</i> Gunnerus	93	17.9
2	ウズマキゴカイ	<i>Dexiospira foraminosus</i> (Bush)	109	21.0
3	ヤッコカンザシ	<i>Pomatoleios kraussii</i> (Baird)		
4	フサコケムシ	<i>Bugula neritina</i> (Linné)	32	6.2
5	ホソフサコケムシ	<i>Tricellaria occidentalis</i> (Trask)	1	0.2
6	チゴケムシ	<i>Dakaria subovoidea</i> (D'Oribigny)	29	5.6
7	コブコケムシ	<i>Celleporina costazii</i> (Audouin)	2	0.3
8	コブヒラコケムシ	<i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston)	8	1.5
9	キイコケムシ	<i>Schizoporella argentea</i> (Hincks)	1	0.2
10	トゲヒラコケムシ	<i>Electra tenella</i> Levinsen		
11	サラサフジツボ	<i>Balanus variegatus tessellatus</i> Utinomi		
12	ヨーロッパフジツボ	<i>Balanus improvisus</i> Darwin	206	39.6
13	タテジマフジツボ	<i>Balanus amphitrite amphitrite</i> Darwin		
14	サンカクフジツボ	<i>Balanus trigonus</i> Darwin	5	0.9
15	シロスジフジツボ	<i>Balanus albicostatus albicostatus</i> Pilsbry		
16		<i>Ceraocharina differentiate</i> Dendy		
17		<i>Haliclonissa n. sp.</i>		
18	ミサキケツボカイメン	<i>Sycon misakiensis</i> Hozawa		
19	ユウレイボヤ	<i>Ciona intestinalis</i> (Linné)	15	2.9
20	シロボヤ	<i>Styela plicate</i> (Lesueur)	18	3.5
21	マガキ	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)		
22	ムラサキイガイ	<i>Mytilus edulis</i> Linné	1	0.2
23	ヒオウギ	<i>Chlamys (Mimachlamys) nobilis</i> (Reeve)		
24	ホトトギス	<i>Musculus senhousia</i> (Benson)		
25	ナミマガシワ	<i>Anomia chinensis</i> Philippi		
26	巻貝			
合 計			520	100.0
27	イタボヤ	<i>Botrylloides violaceus</i> Oka	13.5	
28	ネンエキボヤ	<i>Leptoclinum mitsukurii</i> (Oka)	70.5	
29	コバンイタボヤ	<i>Symplegma reptans</i> (Oka)	3.0	
30	チビオフロコケムシ	<i>Bowerbankia caudate</i> Hincks		
31	その他の複合ボヤ		13.0	

付表4 St. 4 に出現した生物の種類と個体数および総個体数に占める割合 (%)

			5 月	
			個体数	%
1	カサネカンザシ	<i>Hydroides norvegica</i> Gunnerus	531	54.1
2	ウズマキゴカイ	<i>Dexiospira foraminosus</i> (Bush)	31	3.4
3	ヒトエカンザシ	<i>Serpula vermicularis</i> Linnaeus		
4	フサコケムシ	<i>Bugula neritina</i> (Linné)		
5	ホソフサコケムシ	<i>Tricellaria occidentalis</i> (Trask)	2	0.2
6	チゴケムシ	<i>Dakaria subovoidea</i> (D'Oribigny)	4	0.4
7	コブコケムシ	<i>Celleporina costazii</i> (Audouin)	21	2.1
8	コブヒラコケムシ	<i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston)		
9	キイコケムシ	<i>Schizoporella argentea</i> (Hincks)	4	0.4
10	トゲヒラコケムシ	<i>Electra tenella</i> Levinsen		
11	サラサフジツボ	<i>Balanus variegatus tessellatus</i> Utinomi		
12	ヨーロッパフジツボ	<i>Balanus improvisus</i> Darwin	331	33.6
13	タテジマフジツボ	<i>Balanus amphitrite amphitrite</i> Darwin		
14	サンカクフジツボ	<i>Balanus trigonus</i> Darwin	46	4.7
15	シロスジフジツボ	<i>Balanus albicostatus albicostatus</i> Pilsbry		
16	シロボヤ	<i>Styela plicate</i> (Lesueur)	2	0.2
17	タテジマイソギンチャク	<i>Haliplannella luciae</i> (Verrill)		
18	マガキ	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)		
19	アコヤガイ	<i>Pinctada fucata</i> (Gould)		
20	ムラサキイガイ	<i>Mytilus edulis</i> Linné	9	0.9
21	ヒオウギ	<i>Chlamys (Mimachlamys) nobilis</i> (Reeve)		
22	ホトトギス	<i>Musculus senhousia</i> (Benson)		
23	ナミマガシワ	<i>Anomia chinensis</i> Philippi		
24	巻貝			
		合 計	981	100.0
25	イタボヤ	<i>Botrylloides violaceus</i> Oka	0.5	
26	ネンエキボヤ	<i>Leptoclinum mitsukurii</i> (Oka)	5.5	
27	チビオフロコケムシ	<i>Bowerbankia caudata</i> Hincks		
28	その他の複合ボヤ		0.2	

付表5 St. 5 に出現した生物の種類と個体数および総個体数に占める割合 (%)

			5 月	
			個体数	%
1	カサネカンザシ	<i>Hydroides norvegica</i> Gunnerus	165	7.4
2	ウズマキゴカイ	<i>Dexiospira foraminosus</i> (Bush)	3	0.1
3	ヒトエカンザシ	<i>Serpula vermicularis</i> Linnaeus		
4	フサコケムシ	<i>Bugula neritina</i> (Linné)	4	0.2
5	ホソフサコケムシ	<i>Tricellaria occidentalis</i> (Trask)	59	2.6
6	チゴケムシ	<i>Dakaria subovoidea</i> (D'Oribigny)	1	0.1
7	コブコケムシ	<i>Celleporina costazii</i> (Audouin)	120	5.3
8	コブヒラコケムシ	<i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston)		
9	キイコケムシ	<i>Schizoporella argentea</i> (Hincks)		
10	サラサフジツボ	<i>Balanus variegatus tessellatus</i> Utinomi		
11	ヨーロッパフジツボ	<i>Balanus improvisus</i> Darwin	45	2.0
12	タテジマフジツボ	<i>Balanus amphitrite amphitrite</i> Darwin		
13	サンカクフジツボ	<i>Balanus trigonus</i> Darwin	10	0.4
14	シロスジフジツボ	<i>Balanus albicostatus albicostatus</i> Pilsbry		
15	ベニクダウミヒドラ	<i>Tubularia mesembryanthemum</i> Allman	1327	59.1
16	マガキ	<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)		
17	ムラサキイガイ	<i>Mytilus edulis</i> Linné	510	22.7
18	ホトトギス	<i>Musculus senhousia</i> (Benson)		
19	巻貝			
			合計	2244 99.9
20	イタボヤ	<i>Botrylloides violaceus</i> Oka	0.5	
21	ネンエキボヤ	<i>Leptoclinum mitsukurii</i> (Oka)	36.0	
22	チビオフロコケムシ	<i>Bowerbankia caudate</i> Hincks		
23	その他の複合ボヤ			

アコヤガイの成長におよぼす飼育水の
pH 影響について

桑谷幸正・西飯 保

Effects of pH of Culture Water on the Growth of the
Japanese Pearl Oyster

Yukimasa KUWATANI and Tamotsu NISHII

日本水産学会誌
第三十五卷 第四号 別刷
昭和四十四年四月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries

Vol. 35, No. 4, April 1969.

アコヤガイの成長におよぼす飼育水の pH の影響について*

桑谷幸正・西飯 保

(1968年12月21日受理)

Effects of pH of Culture Water on the Growth of the Japanese Pearl Oyster

Yukimasa KUWATANI and Tamotsu NISHII**

The present study has been done to make clear the effects of pH of culture water on the growth of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata* (GOULD). Thirty five one-year-old oysters were equally divided into 7 groups, which were reared in separate recirculating tanks (Fig. 1) for 40 days. All the groups were given rice powder as food at a rate of 40 mg per oyster per day, and 15 l out of 40 l of culture water in each tank was replaced with fresh sea-water once a day. The pH of water of the experimental tanks was first adjusted to 6 different levels from 7.3 to 8.1 by adding necessary amounts of hydrochloric acid or sodium borate to them and to keep the pH values constant calculated amounts of either chemical was added after every partial change of water. Chemical analysis of culture water and measurement of under-water weight of the animals were made seven times at five or seven-day intervals during the rearing period.

The results obtained are summarized as follows:

1) Average pH values of culture water throughout the rearing period were 7.36, 7.48, 7.66, 7.78, 7.89 and 8.07 in the 6 experimental tanks and 8.04 in a control (Fig. 2). As to the alkalinity of culture water of the tanks was in the same order as pH (Fig. 4). No remarkable differences were observed on the other chemical conditions of culture water among the 7 tanks except for the two adjusted to pH 7.36 and 7.48 on the average (Figs. 5~7).

2) The oyster in pH 8.07 on the average and control tanks showed a rapid growth represented with respective straight lines throughout the rearing period (Fig. 10). Among the other oyster groups such a relation was found that decrease in oyster weight was in a direct proportion to pH. The greater part of the animals reared in pH 7.36 and 7.48 on the average died during the first half of rearing period (Figs. 10 and 11). The relation between the weekly mean value for pH and the daily increase of under-water weight of oysters differed with the stage of rearing (Fig. 14). The weight increases in a certain degree at higher pH, about 7.8 or over, and decreases remarkably at lower pH during the first 19 days. While after 20 days the relation is linear, being represented with the following expression.

$$G(\text{mg}) = 29.589 \text{ pH} - 234.794$$

Where G and pH show the weekly mean of daily increase of under-water weight and that of pH after 20 days. The limiting pH for growth is estimated from the expression to be pH 7.935.

3) From the significance test of the differences among the oyster groups in the dry weight of shell and that of meat at the end of rearing (Fig. 12), and the relationships between the appearance rate of etching and dissolving features on the surface of nacreous layer of the shell and the pH (Fig. 13), it may be concluded that the decrease in under-water weight of the oysters reared in low pH is attributed mainly to the dissolving of the shell rather than the decrease of the meat weight.

* 国立真珠研究所業績第175号 (Contribution No. 175 from National Pearl Research Laboratory)

** 国立真珠研究所 (National Pearl Research Laboratory, Kashiko-jima, Ago-cho, Mie Prefecture)

環境水の pH が魚貝類の生理機能におよぼす影響について、これまでに多くの実験がなされている。二枚貝については富田¹⁾ および小林²⁾ が鰓の繊毛運動により、小久保・田村³⁾、高槻⁴⁾ および小林⁵⁾ が心臓搏動によりそれぞれ対象動物の pH に対する適応性あるいは致死限界の検討を行なった。しかしながら、それらの現象はあくまで対象動物の生理的一断面であつて、それをもつてただちに総合機能体であるところの貝体への影響の程度を議論することには、なお多くの問題が残されている。

そこで今回、飼育水の pH を人為的に調節した水槽を用いてアコヤガイを飼育し、その成長量を指標として pH が貝体におよぼす影響を検討した。

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場で養殖された生後約 1 年 3 か月のアコヤガイ *Pinctada fucata* で、全数 100 個体中より肉眼的に成長が良いと認められるものおよび水中重量が 5.8~7.2 g の範囲内にあるもの 35 個体を選別し、これらの貝を各群の平均水中重量がなるべく均等になるように 5 個ずつの 7 群に分けた。

Fig. 1 に示すとおりスチロール製水槽 (25×25×30 cm) 3 個を 1 組とし、餌料槽、飼育槽および炉過槽とし、送気により飼育水の攪拌と餌料の供給および炉過のための循環とを行なった。餌料槽および飼育槽には約 15 l の海水を満し、飼育槽には供試貝を入れたビニール製網籠を垂下し、炉過槽には約 9 l の海水と排水量約 6 l (重量 15 kg) の 2~5 mm 径の砂とを入れた。飼育水循環回路のうち、餌料投与回路 (Fig. 1. A) は休みなく作動しているが、炉過回路 (Fig. 1. B) は 1 日 2 回の餌料投与時間 (8~12 時および 16~20 時) には休止した。各回路の循環水量はいずれも 1 分間約 0.5 l であつた。このような飼育装置 7 組を作製し、水温の調節と、附着硅藻などの発生防止および貝の安静を保つため温度調節装置付暗箱内に設置した。

餌料は精白米を 1 昼夜以上淡水中に浸し、その後ホモジナイザーをもつてその最大粒径が 10 μ 以下になるように調整した^{6,7)}。餌料の投与は 1 日 2 回とし、1 回 1 貝当りの投与量は 20 mg (1 日 40 mg) とした⁷⁾。

飼育水は硝酸ナトリウム⁸⁾ および塩酸をもつてその pH 値が 7.3 から 8.1 までの 6 段階となるよう調節した。1 組の飼育水 39 l のうち毎日 1 回 15 l を新しい海水 (1 昼夜の間、貯水し通気攪拌したもの) と交換し、その折に飼育水と交換水の pH を測定し試薬の添加量を計算した。

1967 年 11 月 14 日に供試貝を水槽に入れ、同 15 日から 12 月 25 日まで通算 40 日間飼育を行ない、この間、はじめとおわりを含め計 7 回にわたり水質の分析および貝水中重量の測定を行なった。

水質分析: 各測定日の投餌前 (8~9 時) に採水し、つぎの項目、方法にしたがつて分析した。pH 値はクレゾールレッドを指示薬とし光電光度計波長 530 m μ による吸光度を測定し、pH 7.0, 7.2, 7.4...9.0 の標準液による吸光度曲線から試水

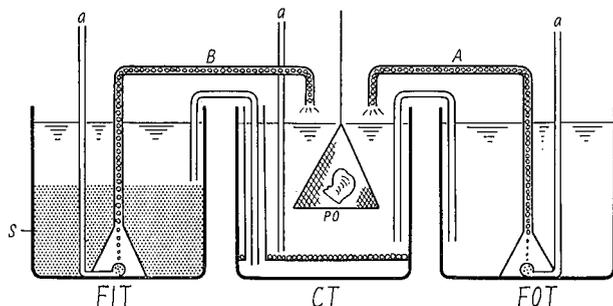


Fig. 1. Scheme of the apparatus used for rearing experiments. FIT: Filter tank, CT: Culture tank, FOT: Food-supplying tank, PO: Test oysters in a vinyl cage, a: Air-supplying tube, S: Filter sand, A and B: Glass tubes for circulating water. Water quantity in CT and FOT: 15 l, Water quantity and sand volume in FIT: 15 l and 9 l (15 kg), Number of PO: 5, Water circulation in the A and B circuits: 0.5 l/min., Rate of aeration for agitating: 500 ml/min. Circulation of water through the route A continued all day and that through the route B was stopped twice a day for feeding (8~12 a.m. and 4~8 p.m.).

の pH 値を読みとり、温度および塩誤差を補正した。アルカリ度は B. C. P. を指示薬として 0.01 N 塩酸により滴定した。アンモニア-N は WITTING の沈殿法を用い、NESSLER 試薬による呈色を光電光度計 (430 m μ) により測定した。亜硝酸-N は GRIESS-ROMIJIN 試薬を用い、光電光度計 (500 m μ) により測定した。硝酸-N はヒドラジンで亜硝酸に還元して比色定量する STRICKLAND and PARSONS⁹⁾ の方法によつた。磷酸-P はモリブデン酸アンモニウムおよび塩化第一錫の添加による呈色を光電光度計 (660 m μ) により測定した。カルシウムは 2-hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphthylazo)-3-naphthoic acid を指示薬として 0.01 M の EDTA-2Na により滴定した。

供試貝の測定: 各水質調査日ごとに水槽別貝群の全水中重量を秤量し^{10,11)}、期間内の増加量を算出した。また、飼育終了後、供試貝および海中で養殖されていた対照貝 (野外群) について、水中重量、全湿重量、貝殻および肉質の湿重量と乾燥重量とを測定した。さらに乾燥貝殻について真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率を調べた^{12,13)} (調査方法については後述する)。

実験結果

pH の変化

飼育水の pH の変化を Fig. 2 に示す。飼育期間を通じての pH の平均値は実験群飼育水ではそれぞれ 7.36, 7.48, 7.66, 7.78, 7.89, 8.07 となり、また対照群飼育水では 8.04 となつた。

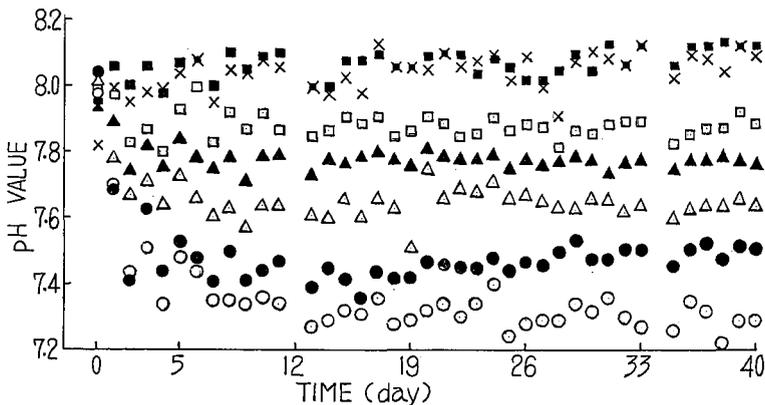


Fig. 2. Changes in pH value of the culture water in 7 experimental tanks during the rearing period. Open and solid circles: Tanks adjusted to pH 7.36 and 7.48, Open and solid triangles: to pH 7.66 and 7.78, Open and solid squares: to pH 7.89 and 8.07 on the average, Cross marks: Control tank untreated. The same marks were used in Figs. 4~9 and for oyster groups in Figs. 10 and 12.

水温およびその他の水質要因の変化

水温 (Fig. 3): 飼育期間を通じて 18.6~23.0°C (平均 21.51°C) とかなり大幅な変化を示したが、水槽相互間の差異はほとんど認められなかつた。

アルカリ度 (Fig. 4): 飼育期間を通じて各飼育水は 2.1~0.4 mN の範囲内にあり、pH と同様な順位で比較的安定した推移を示した。

アンモニア-N (Fig. 5): 飼育期間の中期 (12~26 日目) において平均 pH 7.36 と 7.48 の両飼育水が著しく高い値を示したが、他の飼育水では約 10 $\mu\text{g-at/l}$ 以下で飼育水相互間の差異は認められない。

亜硝酸-N (Fig. 6): アンモニア-N と同様に平均 pH 7.36 の飼育水の値が著しく高く、pH 7.48 の飼

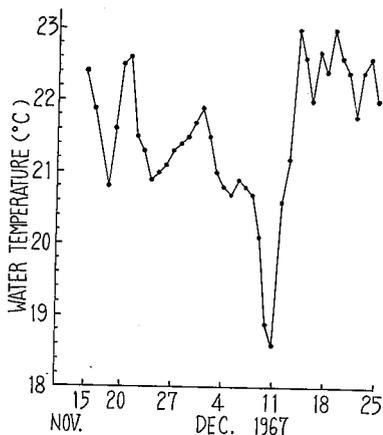


Fig. 3. Changes in water temperature during the experiment.

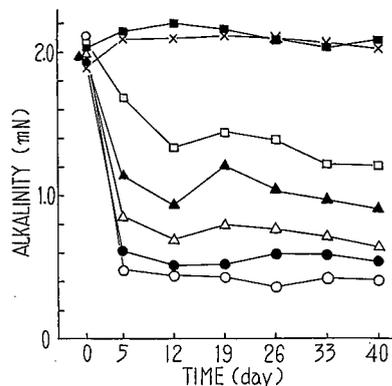


Fig. 4. Changes in alkalinity of culture water during the experiment.

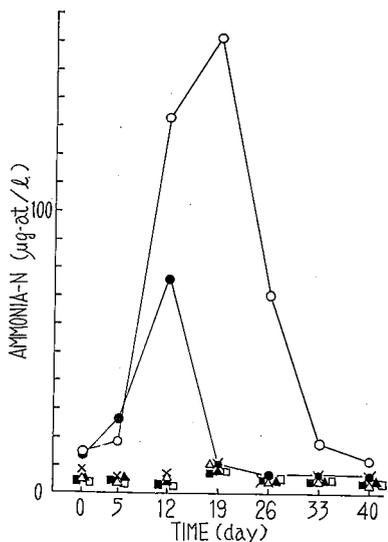


Fig. 5. Changes in ammonia-N of culture water during the experiment.

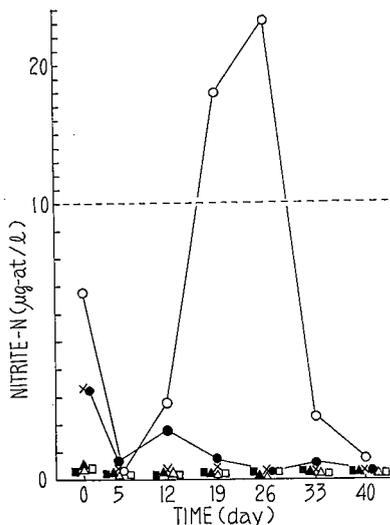


Fig. 6. Changes in nitrite-N of culture water during the experiment.

育水の値がそれにつづき、他は $1 \mu\text{g-at/l}$ 以下で相互間の差異は認められない。

硝酸-N (Fig. 7): アンモニアおよび亜硝酸-N と同様に平均 pH 7.36 と 7.48 の両飼育水の値が高く、他の飼育水はおおむね $400 \mu\text{g-at/l}$ 以下で相互間の差異は認められない。

磷酸-P (Fig. 8): 全体として $0.5 \sim 3.4 \mu\text{g-at/l}$ の範囲内にあり、12日目までは各飼育水ともかなり著しい変化と相互間の差異がみられるが、19日目以降は比較的安定し、平均 pH 7.36 と 7.48 の両飼育水が平均 $2.0 \mu\text{g-at/l}$ とやや高く、その他が平均 $1.4 \mu\text{g-at/l}$ と低い値を示した。

カルシウム (Fig. 9): 全体として $400 \sim 900 \text{ mg/l}$ の範囲内にあり、平均 pH 7.36 の飼育水の値が最も高く、pH 値の高低とは逆の関係を示している。

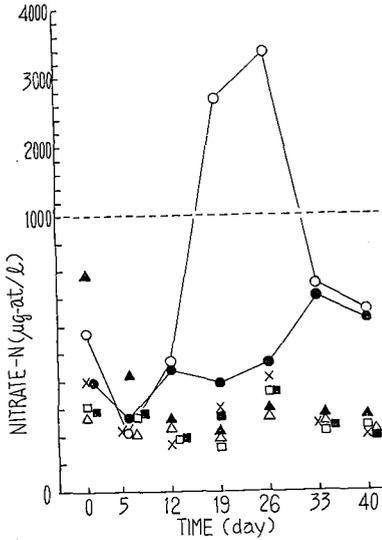


Fig. 7. Changes in nitrate-N of culture water during the experiment.

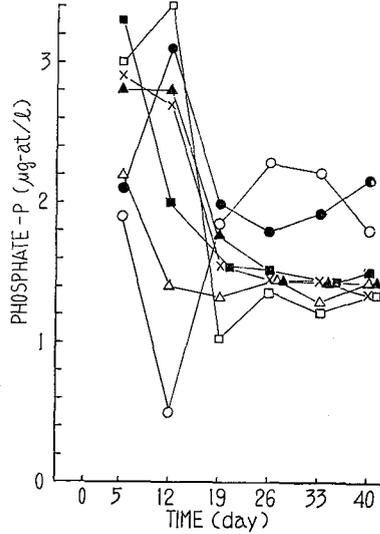


Fig. 8. Changes in phosphate-P of culture water during the experiment.

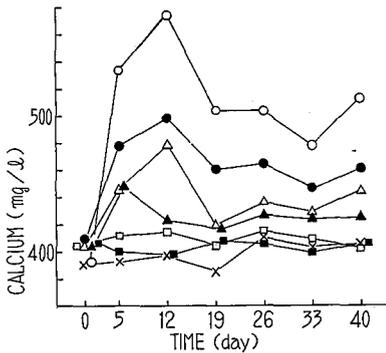


Fig. 9. Changes in calcium of culture water during the experiment.

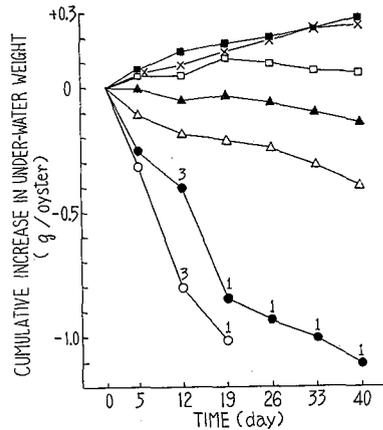


Fig. 10. Changes in cumulative weight increase of oysters. Animals were weighed in sea-water (under-water weight). Numerals in figure denote the number of survivors.

供試貝の成長の変化

水中重量 (Fig. 10): 水中重量の累積増減量からみた貝の成長の変化は平均 pH 8.07 および対照の両群が当初から終了時まで正常な、直線的な成長を示し、平均 pH 7.89 群は 19 日目以後において横這いあるいは減量を示し、平均 pH 7.78 以下の各群は 5 日目ですでに減量が認められ、とくに平均 pH 7.48 と 7.36 の両群はその減量が著しく、平均 pH 7.48 群では 19 日目において生残数がわずか 1 個となり、平均 pH 7.36 群では 26 日目に全滅した。

斃死貝: 飼育開始後 7 日目に平均 pH 7.36 と 7.48 の両群において斃死貝が発見されたので、その後、毎日の換水時にその有無を確かめ、斃死貝を除き海中で養殖されていた同年貝を補充した。斃死および補充の経過は Fig. 11 に示すとおりで、平均 pH 7.36 の水槽の補充貝数は 18 個、1 個平均生残日数 $8.6 + \alpha$ 日 (α はなお生残しているものが 5 個あるため不定数として加えた)、平均 pH 7.48 の水槽の補充貝数は

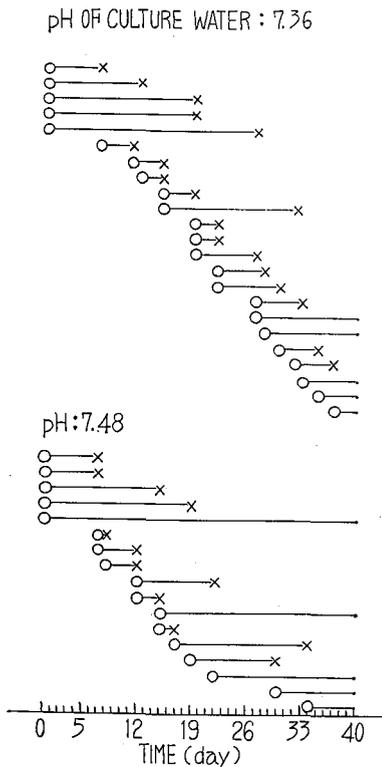


Fig. 11. Survival time of the initial and supplemented oysters in pH 7.36 and 7.48 on the average.

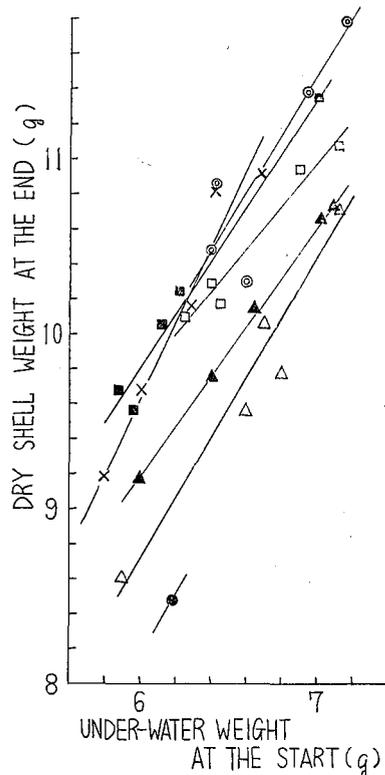


Fig. 12. Relations between under-water weight at the start and dry shell weight at the end of rearing. Double circles show the data from oysters sampled from a sea farm.

12 個, 平均生残日数は $11.1 + \alpha$ 日であった。

飼育終了後における諸測定値: 飼育終了後供試貝および海中で養殖されていた野外群について前述の各項目の測定を行なった。まず, 飼育開始時の水中重量に対する終了時の貝殻乾燥重量の関係をみると Fig. 12 に示すようにいずれの群にも相関関係が認められた。また貝殻乾燥重量の修正平均値について検定を行なったところ, 野外群, 対照群, 平均 pH 8.07 群, pH 7.89 群の 4 群相互間および pH 7.89 群, pH 7.78 群, pH 7.66 群の 3 群相互間にはいずれも有意差が認められないが, pH 7.66 群は前の 4 群と, また pH 7.78 群は pH 7.89 群を除く他の 3 群との間に有意差が認められ, 全体として pH が低ければそれだけ水中重量に対する貝殻重量比が減少する傾向がみられた。一方, 飼育開始時の水中重量に対する肉質乾燥重量, 計算肉質重量 (全湿重量 - 貝殻湿重量) に対する肉質乾燥重量の平均値については検定の結果, 群相互間に有意差が認められなかつた。つまり, 貝殻重量比では各群相互間に差がみられたが, 肉質重量比および肉質の含水率では顕著な差を認めることがきなかつた。

貝殻真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率

水中重量の減量は主として貝殻の腐蝕溶解によるものと考え, 実験終了後肉質部をとり除き洗滌乾燥した貝殻についてその真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率を調査した。方法としては左右両殻の真珠層域全体を代表するようにそれぞれ 5 点を定め, それらの点を LEITZ 製 PANPHOT 顕微鏡の垂直投光管を使用して直接観察し, その成長模様の形態からみて, 真珠層の 1) 成長が継続しているもの, 2) 成長が休止している

もの（ただし、成長が著しく緩慢であるかあるいは極めて初期の溶解が行なわれているものも含む）、3) 腐蝕・溶解が行なわれているもの、の3過程に区分し、それぞれの出現数を貝群別に集計した。結果は Fig. 13 に示すように、対照および平均 pH 8.07 の両貝群では各過程像の出現率は野外群とほとんど同様な値を示したが、その他の群では、飼育水の pH が低くなるにしたがって成長像の出現率が減少し、腐蝕・溶解像の出現率が増加する傾向がみられた。なお数量的な表現は困難であるが、pH が低い水槽の貝群ほどその腐蝕・溶解の程度が著しい。

考 察

飼育水の水質分析の結果、ホウ酸ナトリウムと塩酸とによつて調整された飼育水の pH は比較的安定した段階的な値を示し、また、アルカリ度も pH と同様に階層的配列を示した。窒素系については平均 pH 7.36 と 7.48 の両飼育水が各態ともに著しい増加を示したが、これはおそらく貝の衰弱による体粘液の異常分泌および斃死貝の肉質の一部の分解に起因するものと考えられる。

斃死貝の生じなかつた平均 pH 7.66 以上の飼育水では pH、アルカリ度を除く他の水質要因はほぼ均等であり、しかもそれらは前報¹⁴⁾に示したように“貝の成長をもたらし得る範囲”にあり、したがつて Fig. 10 に示した各群の成長のちがいは貝の成長が飼育水の pH に著しく影響されるものであることを示している。平均 pH 7.36 と 7.48 の飼育水で大部分の貝が斃死したことについて直接的には飼育水の pH の低いことがその原因となつているが、二次的には貝の斃死ともなう分解生産物の異常な増加が他の貝の衰弱、斃死を促進させた結果とも考えられ、Fig. 11 に示した pH と貝の斃死日数との相互関係は確定的でない。

各測定日間の平均 pH とその間の供試貝の成長量とを対比すると Fig. 14 に示すように、飼育開始後 19 日目までは pH に対する水中重量の増減の変化が著しく大きい。つまり pH が比較的高く、およそ 7.8 以上の場合にはわずかではあるが増量がみられ、pH がそれ以下の場合には著しい減量がみられた。これらの現象はおそらく飼育水の pH が急激に低下した場合にはその pH に対応するより以上の成長の阻害を生じ、またその低下の幅が比較的小さい場合には、それまでにおかれた環境によつて貝の体内に蓄えられた栄養あるいは生理的活力の残留効果によつてある程度の成長がもたらされる結果であると推定される。20 日目以後の pH に対する水中重量の増減は比較的安定しており、両者の値からつぎの式が得られる。

$$G = 29.589 \text{ pH} - 234.794$$

ここで G は水中重量の平均日間増減量 mg を、また pH は pH 値を示す。

またこの式から貝の成長の停止点は pH 7.935 と計算され、わずかに低い pH であつてもそれが長期間つづけば成

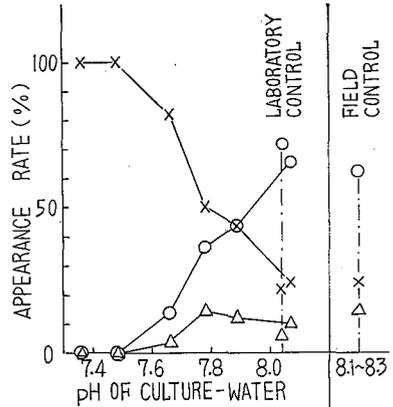


Fig. 13. Relations between pH of culture water and the appearance rate of three characteristic features of the surface of nacreous layer, each indicating growth (O), interruption of growth (Δ), and etching and dissolution (x) of shell.

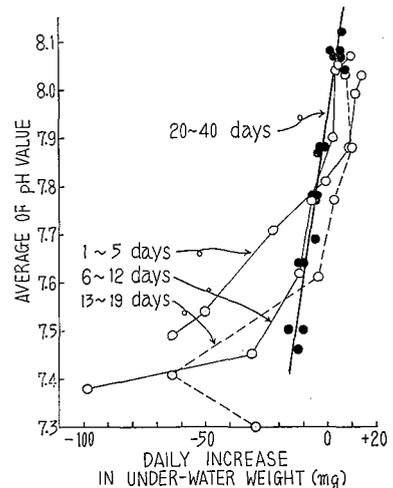


Fig. 14. Relations between weekly mean of pH values and daily increase of under-water weight of oysters.

長阻害の原因となることが明らかとなった。

今回は貝の水中重量を指標として飼育期間の成長の変化を示したが、飼育終了後における貝体各部の測定結果および貝殻真珠層の腐蝕溶解像の出現率の調査結果において、飼育水の pH のちがいによる供試貝の肉質重量およびその含水率にはほとんど差がみられず、貝殻重量および真珠層の腐蝕溶解像の出現率において明らかな差がみられた。これらの結果から、飼育水の pH が低下した場合、貝の代謝活動は全般的に低下し、したがって肉質部の消耗は少なく、一方、飼育水の pH の低下により血液、体液の pH の低下¹⁵⁾をたもらし、それが貝殻の腐蝕溶解の原因になり、貝殻重量の減が著しく大きくなったものと考えられる。ただし、現段階では貝殻重量の減が貝殻の外表面と内表面とでどのような割合いで生じたか、またこれに関連して Fig. 9 に示したカルシウム量の変化が河過砂、貝殻外表面および内面のいずれからどのような割合いで溶出したものか、明らかでない。

小林^{2,5)}はアコヤガイの鰓纖毛運動および心臓搏動によってそれらの pH の適範囲および致死限界についての検討を行ない“pH 8.0 以上では鰓纖毛の活動性は促進されるが 7.9 以下では減退し、6.3 では平均 42 分で停止し”また“pH 7.0 以上で心臓の搏動は対照より増加し、6.4 では著しく影響を受けあるいは停止した”と述べている。つまり、海水の pH は通常 7.8~8.3、体液のそれは 6.5~7.5 であつて、環境水に接している鰓の纖毛では pH 8.0、また体内の心臓では pH 7.0 がそれぞれ適範囲の下限点となり、またともに体液の供与を受けている両者の活動停止点が pH 6.3 および 6.4 と近似していることは海水および体液の pH の範囲と関連して興味深い。しかしながら、本実験において貝の成長を指標として検討した結果、その pH 適範囲は 7.935 以上であり、また致死限界は約 7.5 と推定された。すでに小林²⁾もその考察において述べているが、纖毛運動および心臓搏動は、総合機能体であるところの貝体からみた場合には一局部的現象であつて、それらから得られた値をもつてただちに貝体の活力として論議することは適当と思われない。今後、これらの諸研究を総合的に理解するためには、小久保がカキについて試みた¹⁵⁾ようにアコヤガイについても環境水の pH の変化が貝の血液あるいは体液の pH におよぼす影響について、さらには貝体各部の機能および活力におよぼす影響について検討がなされねばならない。

要 約

飼育水の pH を人為的に調節し、その中でアコヤガイを飼育し、貝の成長におよぼす pH の影響について調査した。得られた結果はつぎのとおりである。

1) 各実験群の飼育水の飼育期間における平均 pH はそれぞれ 7.36, 7.48, 7.66, 7.78, 7.89, 8.07, 無処理対照群のそれは 8.04 となつた。アルカリ度は pH と同様な順位に配列し、その他の水質要因では、平均 pH 7.36 および 7.48 の両飼育水を除き、相互に差がみられなかつた。

2) 貝水中重量の累積増減量において平均 pH 8.07 および対照の両群は飼育期間中、直線的な増加を示し、平均 pH 7.89 以下の各群では pH の値が低いほど著しい減量がみられ、とくに平均 pH 7.36 と 7.48 の両群では大部分の貝が斃死した。また週平均での pH 値に対する日間増重量の関係は、飼育 19 日目までは各週相互間の変化が大きく、pH が比較的高く、およそ 7.8 以上の場合にはわずかではあるが増量がみられ、それ以下の場合には著しい減量がみられた。一方、飼育 20 日目以後のそれらの関係は各週相互間にはほとんど変化がみられず、つぎの直線式をもつて示すことができる。なお、この式から成長停止点の pH は 7.935 と計算される。

$$G(\text{mg}) = 29.589 \text{ pH} - 234.794$$

3) 飼育終了時の貝殻乾燥重量ならびに肉質乾燥重量に関する貝群相互間の差の検定、および貝殻真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率の調査結果からみて、飼育水の pH が低い場合の貝の水中重量の減は主として貝殻の溶解によるもので、肉質部の減量によるものではない、と判断される。

文 献

- 1) G. TOMITA: *Jour. Shanghai Sci. Inst., Sec. IV*, 1 (2), 19~28 (1934).
- 2) 小林 博・松井淳平: 水産講習所研報, 3 (2), 123~131 (1953).
- 3) S. KOKUBO, T. TAMURA, and K. HOJIK: *Jour. Fish.*, 37, 1~34 (1934).
- 4) S. TAKATSUKI: *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. (Biol.)*, 2 (3), 301~324 (1927).
- 5) 小林 博: 水産講習所研報, 4 (1), 95~110 (1955).
- 6) 桑谷幸正: 国立真珠研報, 9, 1135~1142 (1964).
- 7) 桑谷幸正・西飯 保: 本誌, 34 (3), 191~204 (1968).
- 8) 桑谷幸正・西飯 保: 国立真珠研報, 13, (1968).
- 9) J. D. H. STRICKLAND and T. R. PARSONS: *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 125, 61~70 (1960).
- 10) 西飯 保: 国立真珠研報, 10, 1264~1282 (1965).
- 11) 桑谷幸正・西飯 保: 全真連技術会報, 54, 52~69 (1966).
- 12) 和田浩爾: 国立真珠研報, 5, 381~394 (1959).
- 13) 和田浩爾: 国立真珠研報, 6, 586~606 (1961).
- 14) 桑谷幸正・西飯 保: 国立真珠研報, 11, 1308~1333 (1966).
- 15) S. KOKUBO: *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. (Biol.)*, 4 (1), Fasc. 2, 207~257 (1927).

Appendix Table I. pH values of culture water in a control tank and six experimental tanks during the experiment.

Date 1967	Control tank	Experimental tank					
		1	2	3	4	5	6
15 Nov.	7.82	7.98	8.04	8.01	7.94	7.99	7.95
16	7.99	7.70	7.69	7.78	7.89	7.97	8.06
17	7.95	7.44	7.41	7.67	7.74	7.83	8.00
18	7.98	7.51	7.63	7.71	7.82	7.87	8.06
19	7.99	7.34	7.44	7.64	7.75	7.80	7.98
20	8.04	7.48	7.53	7.73	7.84	7.93	8.07
21	8.08	7.44	7.48	7.66	7.78	8.00	8.08
22	7.95	7.35	7.41	7.60	7.75	7.83	8.00
23	8.05	7.35	7.50	7.63	7.78	7.92	8.10
24	8.04	7.34	7.41	7.57	7.71	7.87	8.05
25	8.08	7.36	7.44	7.64	7.79	7.92	8.09
26	8.06	7.34	7.47	7.64	7.79	7.87	8.10
27	—	—	—	—	—	—	—
28	8.00	7.27	7.39	7.61	7.73	7.85	8.00
29	7.98	7.29	7.45	7.60	7.78	7.87	8.00
30	8.03	7.32	7.42	7.66	7.77	7.91	8.08
1 Dec.	7.98	7.31	7.36	7.60	7.79	7.89	8.08
2	8.13	7.36	7.44	7.66	7.80	7.91	8.10
3	8.06	7.28	7.42	7.63	7.78	7.85	8.06
4	8.06	7.29	7.42	7.51	7.76	7.87	8.06
5	8.05	7.32	7.47	7.75	7.81	7.91	8.09
6	8.10	7.34	7.46	7.66	7.79	7.89	8.10
7	8.06	7.30	7.45	7.69	7.78	7.85	8.10
8	8.08	7.34	7.45	7.68	7.78	7.86	8.04
9	8.10	7.40	7.48	7.71	7.79	7.91	8.09
10	8.02	7.24	7.44	7.66	7.75	7.87	8.06
11	8.09	7.28	7.47	7.67	7.78	7.90	8.02
12	8.00	7.29	7.46	7.65	7.76	7.88	8.02
13	7.91	7.29	7.50	7.63	7.77	7.82	8.05
14	8.08	7.34	7.54	7.63	7.79	7.87	8.10
15	8.01	7.32	7.48	7.66	7.78	7.86	8.05
16	8.09	7.36	7.48	7.66	7.74	7.89	8.13
17	8.07	7.30	7.51	7.62	7.77	7.90	8.07
18	8.13	7.27	7.51	7.64	7.78	7.90	8.13
19	—	—	—	—	—	—	—
20	8.03	7.26	7.46	7.60	7.75	7.83	8.07
21	8.10	7.35	7.51	7.63	7.78	7.86	8.13
22	8.09	7.32	7.53	7.64	7.78	7.88	8.13
23	8.05	7.22	7.48	7.64	7.79	7.88	8.14
24	8.13	7.29	7.52	7.66	7.78	7.93	8.13
25	8.10	7.29	7.51	7.64	7.77	7.89	8.13
Average	8.04	7.36	7.48	7.66	7.78	7.89	8.07

Appendix Table II. Data on qualities of culture water and growth of pearl oyster.

* C.: Control tank untreated, 1-6: Experimental tanks adjusted to pH 7.36, 7.48, 7.66, 7.78, 7.89 and 8.07 respectively in numerical order.

Date and days	Tank No. *	Average pH-value	W.T. °C	Alkalinity mN	Ammonia-N $\mu\text{g-at}/\ell$	Nitrite-N $\mu\text{g-at}/\ell$	Nitrate-N $\mu\text{g-at}/\ell$	Phosphate-p $\mu\text{g-at}/\ell$	Calcium mg/ℓ	Increase of under-water weight		
										Cumulative		Daily
										g/group	mg/oyster	mg/oyster
15 Nov. 0 day	c.	7.82	22.7	1.89	8.2	3.33	400	—	391	—	—	—
	1	7.98	22.5	2.11	14.8	6.73	570	—	393	—	—	—
	2	8.04	22.4	1.93	13.0	3.27	398	—	410	—	—	—
	3	8.01	22.4	1.99	5.0	0.33	265	—	405	—	—	—
	4	7.94	22.4	1.97	5.0	0.53	780	—	405	—	—	—
	5	7.99	22.5	2.07	3.9	0.40	302	—	405	—	—	—
	6	7.95	22.6	2.03	5.0	0.33	290	—	406	—	—	—
20 Nov. 5 days	c.	7.99	22.6	2.09	6.1	0.43	220	2.90	393	0.29	58	11.60
	1	7.49	22.6	0.48	18.6	0.33	210	1.90	534	-1.58	-316	-63.20
	2	7.54	22.5	0.61	26.1	0.66	265	2.10	478	-1.25	-250	-50.00
	3	7.71	22.5	0.85	3.8	0.13	205	2.20	446	-0.55	-110	-22.00
	4	7.81	22.6	1.14	5.6	0.27	420	2.80	448	-0.02	-4	-0.80
	5	7.81	22.7	1.68	3.6	0.17	265	3.00	412	0.23	46	9.20
	6	8.03	22.8	2.15	4.8	0.20	280	3.30	400	0.36	72	14.40
27 Nov. 12 days	c.	8.04	21.4	2.10	7.3	0.36	170	2.70	397	0.43	86	3.99
	1	7.38	21.4	0.44	133.0	2.80	470	0.50	575	-4.04	-808	-98.40
	2	7.45	21.3	0.51	75.9	1.80	440	3.10	499	-2.02	-404	-30.80
	3	7.62	21.3	0.69	6.3	0.27	230	1.40	478	-0.94	-188	-11.14
	4	7.77	21.2	0.93	3.6	0.23	260	2.80	424	-0.26	-52	-6.85
	5	7.90	21.3	1.33	2.8	0.17	185	3.40	415	0.22	44	0.28
	6	8.07	21.4	2.20	3.5	0.17	190	2.00	389	0.71	142	9.99
4 Dec. 19 days	c.	8.03	20.8	2.11	10.6	0.43	300	1.55	385	0.70	140	7.71
	1	7.30	20.9	0.43	160.6	17.96	2700	1.85	504	-5.07	-1014	-29.40
	2	7.41	20.8	0.52	10.4	0.72	390	1.99	461	-4.25	-850	-63.70
	3	7.61	20.8	0.79	10.6	0.13	195	1.32	420	-1.06	-212	-3.42
	4	7.77	20.8	1.21	8.4	0.20	220	1.77	417	-0.16	-32	2.85
	5	7.88	20.8	1.44	7.8	0.20	160	1.03	405	0.57	114	9.99
	6	8.05	20.8	2.16	7.6	0.23	270	1.55	408	0.87	174	4.57

Date and days	Tank No. *	Average pH-value	W.T. °C	Alkalinity mN	Ammonia-N $\mu\text{g-at}/\ell$	Nitrite-N $\mu\text{g-at}/\ell$	Nitrate-N $\mu\text{g-at}/\ell$	Phosphate-p $\mu\text{g-at}/\ell$	Calcium mg/ ℓ	Increase of under-water weight		
										Cummulative		Daily
										g/group	mg/oyster	mg/oyster
11 Dec. 26 days	c.	8.07	18.6	2.09	5.0	0.30	410	1.45	412	0.91	182	5.99
	1	7.32	18.6	0.36	70.2	23.13	3350	2.28	504	—	—	—
	2	7.46	18.6	0.59	6.4	0.27	462	1.80	465	-4.65	-930	-11.40
	3	7.69	18.6	0.76	5.0	0.07	265	1.45	436	-1.23	-246	-4.85
	4	7.78	18.5	1.04	4.6	0.10	300	1.45	427	-0.31	-62	-4.28
	5	7.88	18.5	1.38	5.3	0.23	360	1.37	415	0.47	94	-2.85
6	8.07	18.6	2.09	5.0	0.23	360	1.52	406	0.97	194	2.85	
18 Dec. 33 days	c.	8.04	22.2	2.07	7.0	0.33	240	1.44	403	1.17	234	7.42
	1	7.31	22.3	0.42	17.9	2.24	750	2.22	478	—	—	—
	2	7.50	22.4	0.58	6.7	0.59	710	1.93	447	-5.20	-1040	-15.70
	3	7.64	22.4	0.71	4.3	0.26	250	1.29	429	-1.57	-314	-9.71
	4	7.77	22.3	0.97	4.8	0.26	280	1.44	424	-0.50	-100	-5.42
	5	7.87	22.4	1.21	4.2	0.19	210	1.22	409	0.33	66	-3.99
6	8.08	22.4	2.04	4.0	0.26	230	1.44	400	1.15	230	5.14	
25 Dec. 40 days	c.	8.08	22.0	2.04	6.7	0.30	200	1.35	406	1.22	244	1.42
	1	7.29	22.1	0.41	11.7	0.73	650	1.80	513	—	—	—
	2	7.50	22.1	0.54	6.2	0.30	620	2.17	461	-5.55	-1110	-10.00
	3	7.64	22.0	0.64	3.0	0.26	220	1.43	445	-1.99	-398	-11.99
	4	7.78	22.0	0.91	4.5	0.23	270	1.43	426	-0.71	-142	-5.99
	5	7.88	21.9	1.21	3.5	0.20	230	1.35	403	0.27	54	-1.71
6	8.12	21.9	2.10	3.7	0.26	190	1.51	407	1.38	276	6.57	

桑谷・西飯一アコヤガイの成長におよぼす飼育水の pH の影響について(附表)

Appendix Table III. Data on whole, shell and meat weights of the test pearl oysters after the rearing experiment.

Average pH of culture water	At the beginning.			Immediately after the end of rearing period						
	No. of animals	Under-water weight g	Wet whole weight g	No. of animals	Under-water weight g	Wet weight			Dry weight	
						Whole g	Shell g	Meat g	Shell g	Meat g
Laboratory control	5	6.24 ±0.34	20.50 ±1.13	5	6.45 ±0.45	21.36 ±1.30	11.03 ±0.82	6.70 ±0.97	10.15 ±0.74	0.98 ±0.08
8.04	5	6.47 ±0.45	21.90 ±0.93	0	—	—	—	—	—	—
7.36	5	6.48 ±0.41	22.77 ±1.33	1	5.33	20.34	9.43	4.18	8.44	0.65
7.48	5	6.62 ±0.45	22.68 ±1.47	5	6.21 ±0.50	22.19 ±1.49	10.45 ±0.76	8.11 ±0.89	9.75 ±0.77	1.23 ±0.20
7.66	5	6.63 ±0.45	23.06 ±2.13	5	6.47 ±0.41	22.80 ±1.63	10.82 ±0.69	8.34 ±1.49	10.10 ±0.65	1.13 ±0.23
7.78	5	6.62 ±0.37	22.01 ±1.24	5	6.64 ±0.27	22.59 ±1.07	11.33 ±0.44	6.72 ±0.58	10.52 ±0.46	1.02 ±0.20
7.89	5	6.24 ±0.45	21.17 ±1.00	5	6.49 ±0.42	21.71 ±1.10	10.86 ±0.87	6.58 ±0.56	10.18 ±0.71	1.03 ±0.44
8.07	5	6.71 ±0.33	23.41 ±1.81	5	7.16 ±0.38	25.27 ±1.49	12.18 ±0.58	9.10 ±1.14	10.96 ±0.62	1.56 ±0.24
Field control	5	6.71 ±0.33	23.41 ±1.81	5	7.16 ±0.38	25.27 ±1.49	12.18 ±0.58	9.10 ±1.14	10.96 ±0.62	1.56 ±0.24

昭和44年5月1日印刷
昭和44年5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 池 末 弥

印刷者 古 門 龍 雄

大阪市東淀川区下新庄町4丁目167

印刷所 国際印刷工業株式会社

Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

14

May 1969



CONTENTS

- Sawada, Y. and Taniguchi, M. The oceanographical studies on the pearl culture ground-VI. On the relation between the rafts density in pearl culture ground and the contaminated degree of bottom mud1719
- Kuwatani, Y., Nishii, T, and Isogai, F. Effects of nitrate of culture water on the growth of the Japanese pearl oyster1735
- Kuwatani, Y. and Nishii, T. Effects of the number of animals and the exchange of water on the growth of Japanese pearl oyster in tank culture1748
- Wada, K. Experimental biological studies on the occurrence of yellow color in pearls1765
- Sakaguchi, S. Studies on a trematode parasite of the pearl oyster, *Pinctada fucata*-VII. Invasion season of the parasites1821
- Sakaguchi, S. Studies on a trematode parasite of the pearl oyster, *Pinctada fucata*-VIII. A test for controlling the penetration of the parasite into pearl oyster1829
- Yamamura, Y. and Kuwatani, Y. and Nishii, T. Ecological studies of marine fouling communities in pearl culture ground-I. Seasonal changes in the constitution of marine fouling communities at a pearl cultivating depth in Ago bay....1836

The originals published in other journals

- Kuwatani, Y. and Nishii, T. Effects of pH of culture water on the growth of the Japanese pearl oyster

National Pearl Research
Laboratory

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