国立真珠研究所報告

16

昭和47年(1972) 3 月

Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

16

March 1972

国立真珠研究所報告 16 (1972)

内　　容

和田浩爾　真珠袋の Ca 代謝機構と真珠の品質形成……1949

阪口清次　アコヤガイに寄生する *Proctoeces* 属の吸虫に関する研究
Ⅲ. 田辺湾産のクロダイから見出された成虫, *Proctoeces ostreae* Fujita in Dollfus, 1925 について……2028

山村　豊　真珠養殖漁場における付着生物の生態学的研究
Ⅱ. 英虞湾多徳島地先の深度別付着生物相の季節的変化……2038

学会誌発表論文

和田浩爾　真珠漁場の水温と真珠の成長ならびに光沢について

真珠袋のCa代謝機構と真珠の品質形成*,†

和　田　浩　爾
国立真珠研究所

目　　次

I　緒　言……1950
II　真珠形成過程の顕微鏡による観察法……1951
　1．超薄切片……1951
　2．レプリカ……1952
　3．反射顕微鏡観察……1952
III　色沢，重量および硬度の測定法……1953
　1．色の測定……1953
　2．光沢の測定……1953
　3．重量の測定……1953
　4．歪度の測定……1953
　5．硬度の測定……1954
IV　真珠層真珠をつくる真珠袋の電子顕微鏡による観察……1954
　1．真珠袋上皮細胞の微細構造……1954
　2．真珠袋上皮下組織の微細構造……1957
　3．真珠袋上皮細胞の微細構造と分泌活動……1957
　4．小括……1957
V　真珠層真珠の電子顕微鏡による観察……1958
　1．真珠層の成長前線……1958
　2．真珠層の層状構造……1961
　3．真珠層の結晶構造……1962
　4．小括……1962
VI　真珠の成長に影響する因子の解析……1965
　1．真珠の成長への宿主の影響……1965
　2．真珠の成長への移植片給与体の影響……1968
　3．外套膜の位置による真珠形成力の差……1972
　4．左側外套膜ならびに右側外套膜による真珠形成力の差……1973

* Koji Wada. Relations between calcium metabolism of pearl sac and pearl quality. With English summary, p. 2012. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 16 : 1949-2027. 1972.
† 国立真珠研究所業績 No. 197（国立真珠研究所報告 16 : 1949-2027. 昭和47年3月）

5. 移植部位と真珠の成長……1976
6. 衰弱貝を移植片給与体とした場合の真珠の成長……1979
7. 真珠および貝殻の成長の季節的変化……1980
8. 貝殻の成長の年による変動……1984
9. 貝殻の成長の個体による差異……1984
10. 小括……1987
VII Ca代謝と結晶成長……1988
1. 結晶の形・大きさの季節による変化……1988
2. 結晶成長におよぼす生理的影響……1991
3. 結晶成長と層状構造との関係……1993
4. 小括……1993
VIII Ca代謝と真珠の品質形成……1994
1. 重量，巻き，および質との関係……1994
2. Ca代謝と歪度……1996
3. Ca代謝と色沢……1996
4. 色沢と硬度……2002
5. 小括……2003
IX 考察……2004
1. "真珠物質の代謝図式"を作成する試み……2006
2. 真珠形成の調整機構とその制約因子……2007
3. 真珠の鉱物化と品質……2009
4. 生鉱物学の体系化と水産研究で占める位置……2009
X 要約……2011
XI 謝辞……2012
XII Summary……2012
XIII 文献……2013
XIV 付表……2017

I 緒 言

真珠養殖にかぎらず水産増養殖に関する従来の養殖研究は，農畜産に関する技術研究と比べその努力目標がただ単に対象水産物を増やしあるいは育てることにかたよりすぎ，生産物の品質改良で積極性に欠けている。努力目標がこのような段階にとどまった理由は水産業の略奪業的性格や水産生物の生活環境に原因するとした環境決定論的なとらえ方など科学としての後進性もさることながら，その必要を認めようとしなかった社会的背景であろう。単なる対象水産物を増養殖するための技術領域にとどまったため，この分野の学問は生物科学として対象がもつ本質を論理的な形でとりだす努力に欠けていたといえよう。したがって研究段階は対象を増やし育てるという低い次元で平坦化し，専門化していない。農畜産業や第2次産業にみられる高水準での品質管理が今後の水産増養殖の技術開発で当然おこなわれるべきであり，そのためには基礎および応用研究においてますます専門化を進める必要に迫られ，同時に総合化を計る必要がある。

真珠の品質を改良するための養殖研究は幾多の試行錯誤をくりかえしながら，一面においては一般的な養殖技術の著しい発展をもたらした。しかし養殖研究から得られたものは個々の養殖実験に対する結果ではあつても，貝が真珠をつくる生理を解明するものではなかったから，測定と記載の方法がいくら精密化されたとしても，真珠の品質と貝の生理との因果関係を把握するにはおのずと限界があった。この行きづまりをうちやぶるためには，生体内で鉱物化がどのような機構でおこるかという基本的な生理学的問題にたちかえらねばならない。現在における真珠養殖技術をさらに飛躍させるためには，さらに本質的な生理学的基礎研究を進めると共に技術研究者自身が鉱物化の生理の研究から得られた具体的知識をいかに吸収し理解して，根本的な整理をこころみるかにかかつているといえる。

現在，筆者は生鉱物学を新しい学門分野として体系ずける努力を続けており，既に多くの発表をおこなっているが，本報においてはこの研究分野が水産学の中にあって生産的技術研究にとって強力な理論的支柱となり得ることを示すことにある。この目的のために，筆者は (1)真珠物質の分泌機構の形態学的研究，(2)分泌物の固化機構の生鉱物学的観察，および(3)鉱物化の生理と真珠の物性との関係を調べ，真珠の成長について本質的なものを論理的な形でとりだすことをこころみた。その結果，真珠の成長のような量的形質は真珠の黄色(和田，1969b) のような質的形質とは異なり宿主* の生理状態や環境条件によって強く支配されることを実証し，Ca 代謝の量や状態の変動によっておこる結晶成長の変化と真珠の表面色，光沢性，硬度，透明性，および平滑度などの真珠の価格を支配する要素との関係について既報（和田，1962）より詳細に解析することができたのでここに報告する。

II　真珠形成過程の顕微鏡による観察法

真珠袋の微細構造，分泌物の固化過程，結晶成長，および真珠の微細構造と結晶構造を調べるために電子顕微鏡および反射顕微鏡を使用した。観察方法は次のようである。

1.　超薄切片

移植部位を切り取り，余分の組織をできるだけ切除し，沪過海水でざつと洗つた後真珠核を取り除き 1～2 mm 角に細片した。細片は 0.2 M カコジル酸ナトリウム緩衝液で pH 7.4に調整した2.25%グルタルアルデヒドで30分～1時間固定後 pH 7.4の Sörensenの燐酸緩衝液で緩衝した1%オスミウム酸固定液で1時間固定するか，0.2 M の S-コリジン海水で pH 7.4に緩衝した1%オスミウム酸固定液で2時間固定した。固定液の交換ごとに7.5%庶糖水溶液でざつと洗った。固定後，直ちに冷エタノール系列により脱水し，エポン樹脂に包埋した。薄切は Porter-Blum MT-1 型 Ultramicrotome で作成し，酢酸ウラニールの50%アルコール溶液または佐藤（1968）の鉛染色液で染色したのち，日立 HS-7 型電子顕微鏡を用いて観察した。

一方，結晶生成にあたって真珠層の鉱物化前線にどんな変化がおこるかを観察するため

---

* 一般に手術貝と呼んでいる。

に，アコヤガイの外套膜内に生成した天然真珠の pearl sac-nacre preparation の薄切を作成した。すなわち，天然真珠を真珠袋と共に 0.2 M カコジル酸ナトリウム衝緩液で pH 7.4 に調整した 2.25% グルタルアルデヒドで 1 時間固定した。ついで pH 7.4 の燐酸緩衝液で緩衝した 1% オスミウム酸固定液で 1 時間後固定した。前記同様に脱水してエポン樹脂に包埋した。薄切は Porter-Blum MT-1 型 Ultramicrotome にダイヤモンド刃を用い 400 Å の送りで作成，無染色のまま観察に供した。また養殖真珠を小さく割り，真珠核を抜き去り，Fig. 1A のように支えを使って材料の方向を決め，メタアクリル酸メチルと

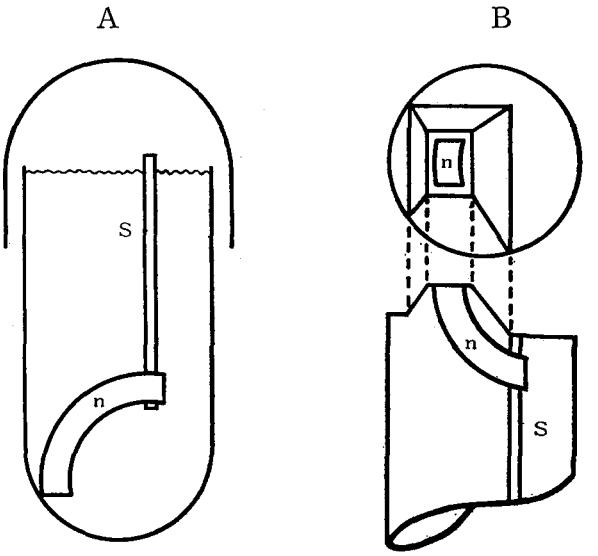


Fig. 1　養殖真珠の真珠層の方向を決めるためにおこなった包埋と整形。
n，真珠層；S，支持棒

メタアクリル酸ブチルを 4：6 の割合に混合したもので包埋，Fig. 1B のように整形した。薄切は LKB 社製 Microtome "Ultrotome" にダイヤモンド刃を用い，Cutting speed 2 mm/sec で 400 Å の送りで作成，無染色のまま明石 TRS-50 E_1 型電子顕微鏡を用いて観察した。なお，薄切の制限視野電子回折をおこなって真珠の結晶構造を調べた。

2.　レプリカ

真珠層表面でのアラゴナイトの結晶成長を観察するために，常法（深見・四本，1956）に従って真珠層表面のアセチルセルロース－カーボン 2 段レプリカを作成した。シャドウアングルは $\tan\theta = 1$ とし，シャドウメタルは Cr または Ge であった。

3.　反射顕微鏡観察

真珠の成長状態を調べるために，試料を油粘土で試料台に固定し，Leitz 製 Panphot 顕微鏡に垂直投光管オパークを用いて真珠表面の成長模様を直接観察した。

III　色沢，重量，歪度および硬度の測定法

移植実験で得られた真珠は，研究目的に応じて色，重量，巻き，歪み，ならびに硬さのうち，各標本について1ないし3要素を測定した。各要素の測定方法ならびに測定条件は次のようである。

1.　色の測定

測色は島津製 RC-1 型自記色彩測定器を使用しておこなった。測色条件は和田 (1969b) の報告と同一である。

2.　光沢の測定

光沢量の測定に使用した光沢計は東芝製 PG-1 型球面光沢計であった。測定条件は和田 (1969b) の報告と同一である。

3.　重量の測定

1)　乾燥空中重量

真珠の重量はトーションバランスで正確に1mg の単位まで測定し，真珠核上に形成された真珠層の平均の厚さは VIII-1 で得た実験式から概算して求めた。

宿主の貝殻の重量は上皿天秤で0.1g の単位まで測定した。一方，移植片給与体*の貝殻を殻頂と閉殻筋痕前端を結ぶ線で切断し，その断面を砥石で磨き，反射顕微鏡を使つて外套縁膜域の½の点で真珠層の厚さを0.01mm の単位まで測定し，移植片給与体の外套膜外面上皮細胞の見掛けの真珠層形成力とした。

2)　全水中重量

貝殻の成長の季節的変化を知るために，西飯 (1965) の方法に従って貝の全水中重量を測定した。この方法は殺さずに同一個体の貝殻の成長を測定しつづけることができるので都合がよい。すなわち，標識した実験貝の重量は水槽上に設置した上皿天秤より水槽中の海水中に吊したネット上で個々に測定された。測定にあたって空気が貝殻や貝体表面に付着していると，真の水中重量が得られないので，貝を海水から水槽に移す時，貝を空気にふれてはならない。また海水の比重が大きく異なると水中重量に影響するから，測定のつど水槽には実験貝の飼育水域の海水をとった。このようにして測定した貝の全水中重量は貝殻の乾燥空中重量にほぼ相当するので (西飯，1965)，この値をもって貝殻の成長とした。

4.　歪度の測定

真珠の直径はマイクロメータを用いて最大直径と最小直径とを0.01mmの単位まで測定

---

* 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。

し，最大直径で最小直径を除した値をもって真珠の歪みとした。ただし，突起珠，一部あるいは全体に異質物を多量に内蔵する珠は測定から除いた。

5. 硬度の測定

硬度は明石MVK型微小硬度計を使用してビッカース硬度として測定された。載物台に固定した試料の測定部分を顕微鏡下で決め，25gおよび50gの荷重をそれぞれ30秒間加え，生じたダイヤモンド圧子のくぼみの対角線の長さを測定，二辺の測定値を平均し，算出表より硬度を求めた。すなわち，

$$Hv = 1854.37 \times \frac{P}{d^2}$$

ここで，Hv はビッカース硬度（kg/mm²），Pは荷重（g），dは圧痕の対角線の長さ（μ =0.001 mm）である。真珠は球体であるためくぼみの対角線の長さと真珠の直径との比を算出し球面測定の際の修正係数を求め，先に得られた硬度にこの係数を掛けて真珠の真の硬度とした。

IV　真珠層真珠をつくる真珠袋の電子顕微鏡による観察

真珠袋が真珠形成の具体的なにない手であることが von Hessling によって1858年に示唆された後も半世紀にわたって真珠の生因について論争がつづいた。この論争は西川藤吉（1907），見瀬辰平（1907）および Alverdes（1913）が外套膜を移植して真珠をつくることに成功し，真珠の形成に真珠袋が必要であることを実験的に証明するにいたって終止符を打った。

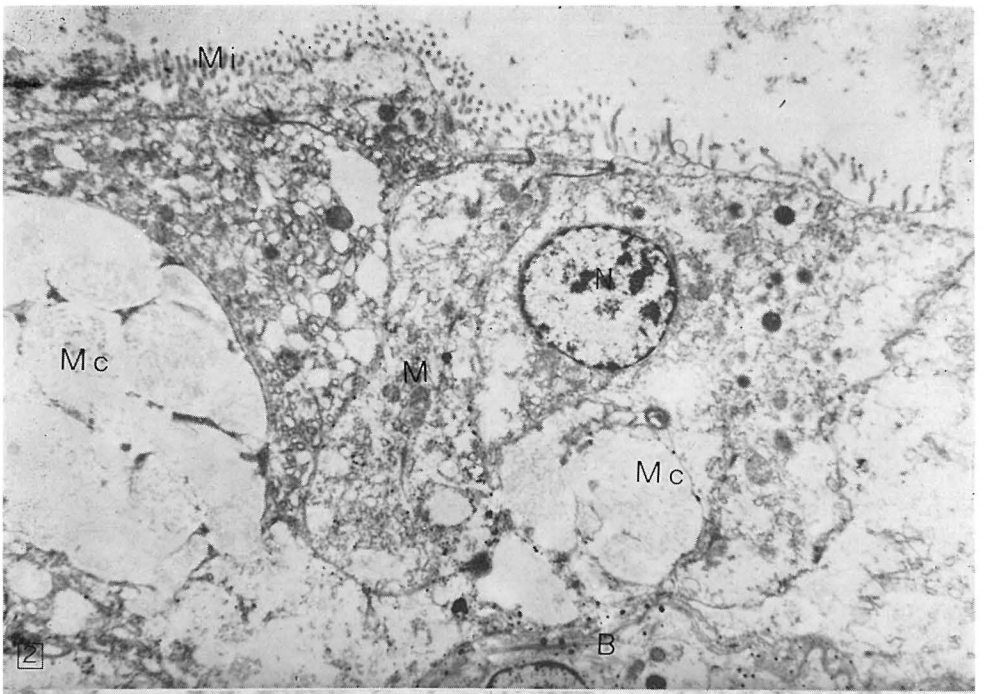
最近の真珠袋に関する組織学的研究は，真珠袋の形成速度（Kawakami, 1952, 1953; 青木, 1956; 町井・中原, 1957; 町井, 1958, 1961）やその分泌機能（中原・町井, 1956; 中原, 1961, 1962; Tsujii, 1960, 1968; 町井, 1968）を追究し，真珠生産技術の改善や向上に役立つ豊富な新知見を得ている。それにもかかわらず，真珠品質を向上し，その生産管理を高度化するためには，真珠袋における真珠物質の合成，濃縮および放出を電子顕微鏡によって詳細に調べ，細胞の機能を基本から知る必要性が痛感される。真珠袋上皮細胞の分泌機構の形態学的観察の詳細は別報にゆずることにし，ここでは真珠袋が貝全体としての生理のなかで真珠形成の調整にどのように関与するかを理解するに必要な程度の報告にとどめる。

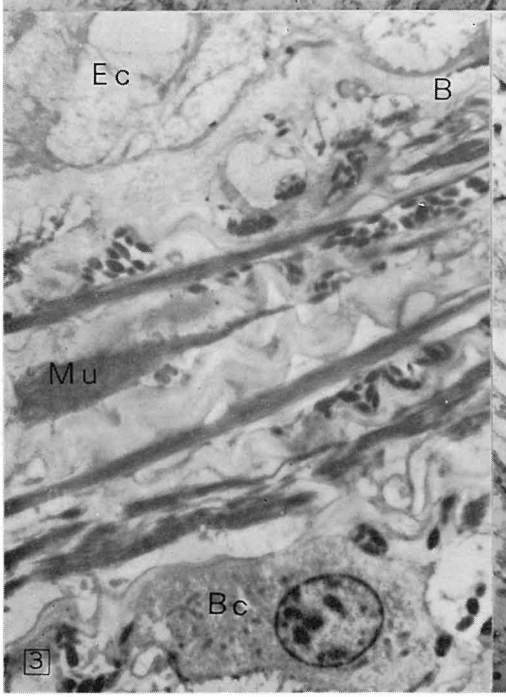
1. 真珠袋上皮細胞の微細構造

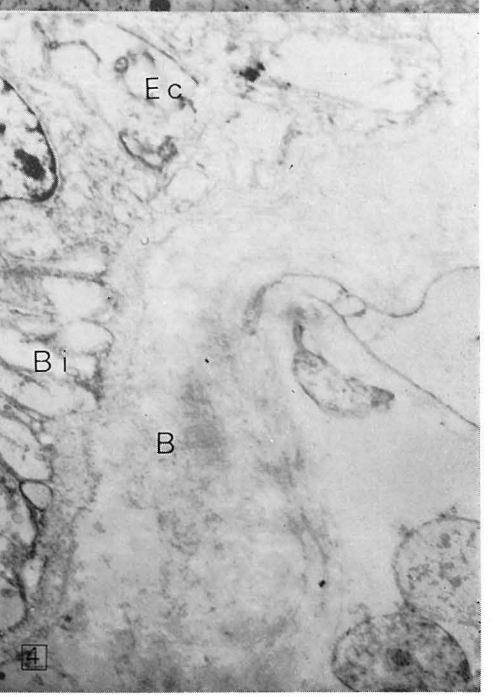
真珠層を形成する真珠袋上皮細胞は扁平で，一般に 2μ～10μ の厚さをもち，基底面は

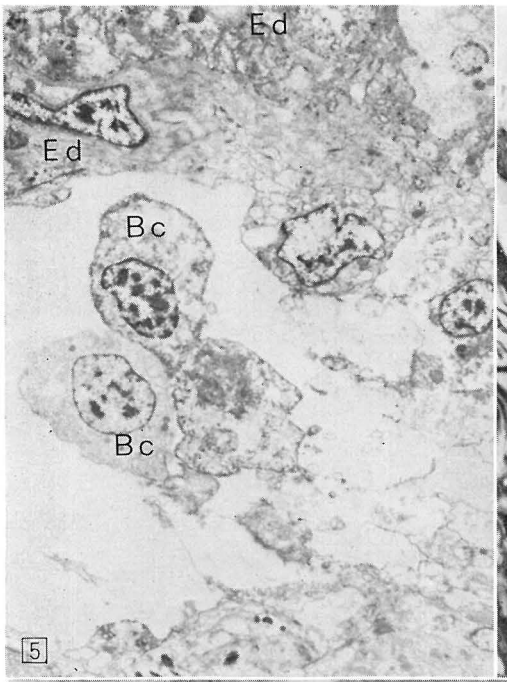
Fig. 2　真珠層真珠を形成している真珠袋上皮細胞の電子顕微鏡写真。B，基底細胞；M，糸粒体；Mc，粘液腺細胞；Mi，微絨毛；N，核。×5,700

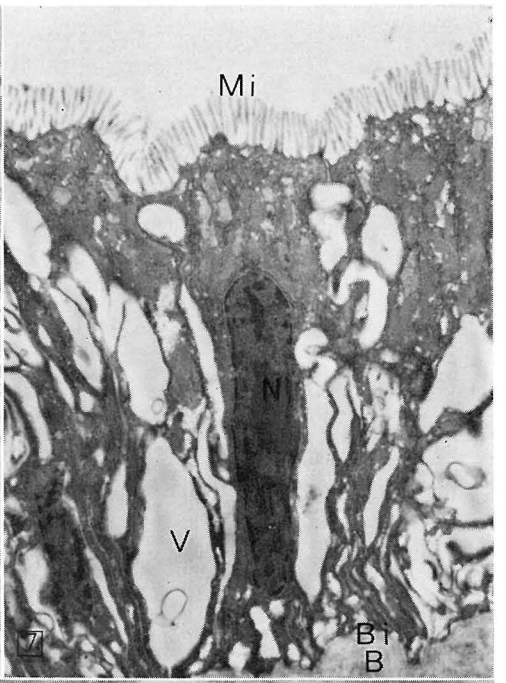
Figs. 3, 4　真珠袋と宿主組織との癒着状態を示す電子顕微鏡写真。真珠袋は上皮細胞(Ec)とそれにつづく基底細胞(B)とからなる。Bc，血球；Bi，基底陥入；Mu，筋細胞。Fig. 3, ×3,400; Fig. 4, ×11,000

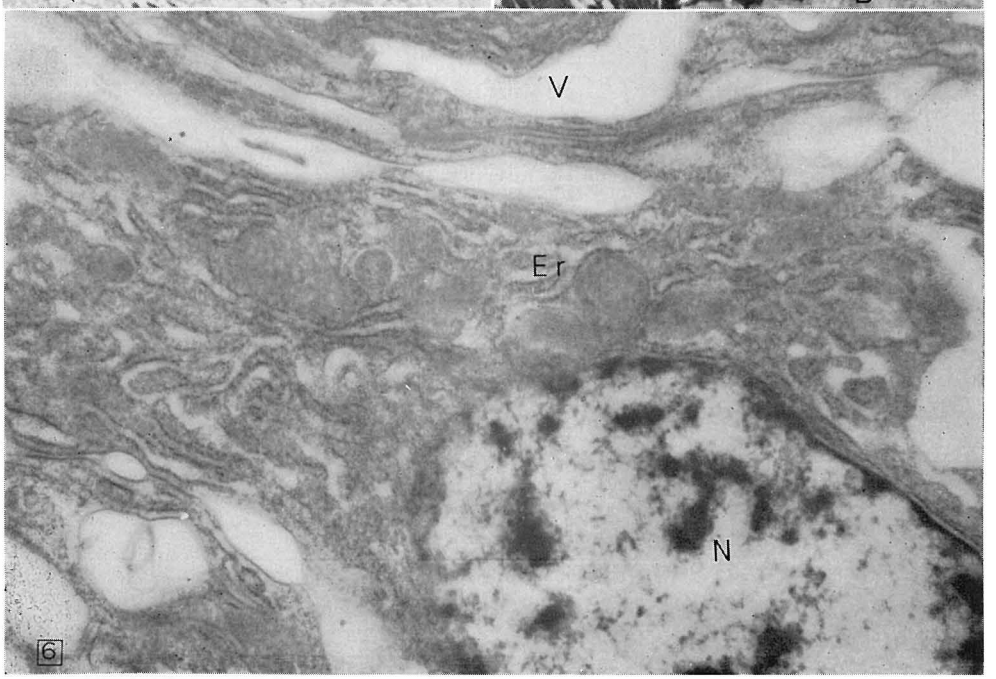

Mi
N
Mc
M
Mc
B
2


Ec
B
Mu
Bc
3


Ec
Bi
B
4


Ed
Ed
Bc
Bc
5


Mi
Ni
V
7
Bi
B


V
Er
N
6

基底細胞につづく。上皮細胞の自由面には直径約 0.1 μ の微絨毛が密生し (Fig. 2)，その基底面の形質膜には陥入が屢々認められる (Figs. 4 と 7)。核は円形ないし卵円形で，細胞の中央がやや基底部に位置する。粗面小胞体は核周辺，特に核と基底面との間に散在し，分泌活動と平行して内腔の容積を変化する。ゴルジ装置は核の上縁側の細胞質中にみられ，果粒状の糸粒体は細胞質中に散在する。また，多くのフィラメント状の低電子密度の物質を含む cisterniae が細胞の上縁部に多数みられる。

トルイジンブルーでメタクロマジアを示す粘液腺細胞が上皮細胞間および結合組織中にわずかに散在して認められ，その分布密度は真珠袋ごとに，また同一真珠袋でさえも場所によって著しく異なる。粘液腺細胞の自由面には微絨毛は認められない。核は細胞の基底部側にあり，細胞のいずれか一方に扁在し，細胞質内は直径0.8～3.6 μ の塊状の分泌果粒で充満する。この分泌果粒は電子密度が低く，外套膜で観察したのと同様に微細な繊維状のものがもつれ糸毬状に集まってみえる。他の細胞内小器官はあまり認められない (Fig. 2)。細胞の自由面は屢々開口し，開口部より分泌果粒が真珠袋の内側に流出するのが認められる。

2.　真珠袋上皮下組織の微細構造

真珠袋上皮細胞の基底部につづく基底細胞の厚さは真珠袋ごとに，また一つの真珠袋でさえも場所によって著しく異なり，薄いものでは 3 μ 程度であるが，厚いものでは25 μ にも達する。基底細胞は宿主の生殖腺細胞につづくが，この移行部分に筋肉細胞が屢々認められる (Figs. 3 と 4)。筋肉細胞の発達程度は真珠袋ごとに，また一つの真珠袋でさえも場所によってかなりまちまちであり，また伸びている方向は同一とは限らない。このほか，移行部分にかなり大きな空隙，多分血管，が観察されることもあり，その部分に多数の血球が認められる (Fig. 5)。

3.　真珠袋上皮細胞の微細構造と分泌活動

冬眠直前の分泌活動の低下した真珠袋上皮細胞の核は電子密度が増す傾向を示し，粗面小胞体の内腔は狭く，核の周りに層状をなして認められる (Fig. 6)。大きく空胞状に膨脹した cisterniae が細胞質中に散在してかなりみられるのが特徴的であり (Fig. 7)，細胞間隙が膨脹して空胞状になるものも認められる。また低電子密度の物質を含む多少膨脹した cisterniae が少数みられるものもある。特に分泌活動の低下した真珠袋の場合，これらの細胞内小器官の形，電子密度あるいは数は隣接する細胞同志でもかなり異なっている。

4.　小括

Fig. 5　真珠袋と宿主組織との移行部にみられた空隙。空隙に沿ってまばらに細胞 (Ed) の配列がみられ，空隙中に多くの血球 (Bc) がみられる。×3,000

Figs. 6, 7　冬眠時期の分泌活動が停止した真珠袋上皮細胞の電子顕微鏡写真。核 (N) の電子密度は高くなり，粗面小胞体 (Er) の内腔は狭く，しばしば不定形の空胞 (V) がみとめられる。Bi, 基底陥入。Fig. 6, ×16,000 ; Fig. 7, ×5,400

真珠袋は上皮細胞とそれにつづく基底細胞とからなり，袋の内側に鉱物化の場を作る。上皮細胞の自由表面には微絨毛が密生し，核，糸粒体，粗面小胞体，滑面小胞体，遊離したリボゾームが認められ，分泌活動と関連してそれらの形，電子密度あるいは数などが変化する。このことは真珠袋の上皮細胞が真珠形成に必要な物質を分泌し，上皮細胞の代謝活動が真珠の成長に直接関与することを示す。一方，上皮細胞の基底側形質膜にみられた陥入の発達状態や基底細胞の厚さは真珠袋によって，また一つの真珠袋でさえも場所によつてかなり異なっている。

V　真珠層真珠の電子顕微鏡による観察

IVで述べたように，真珠袋上皮細胞—粘液腺細胞を含む—は分泌物を合成濃縮し，袋の内側に向って分泌物を放出する。放出された分泌物から有機質シートと結晶とが交互に生成し，真珠層にみられる“くりかえし多重層薄膜構造”が生ずる。真珠層にみられる有機質シートと結晶との周期的沈着が何時どんな機構で生ずるかという問題を解明するためには，分泌物の固化過程で分泌物にどんな形態的変化が生ずるかを観察し，物理化学的にどんな変化を生じているかを推察することが必要である。

最近，Bevelander and Nakahara (1968) は mantle-shell preparation や pearl sac-nacre preparation の薄切を作り，新しい結晶形成は extrapallial fluid の一部が重合して生じた層状の有機質シートによって作られた仕切りの中で，下層の結晶と密着して生成することを観察し，仕切り形成が結晶形成および方位配列などを左右すると報告した。その後 Wada (1970a, b, 1971b) も同様の薄切を作り，またレプリカを作って結晶成長を断面と表面とから観察し，真珠層における結晶の生成過程ならびに方位配列の機構を結晶成長の分野から説明した。

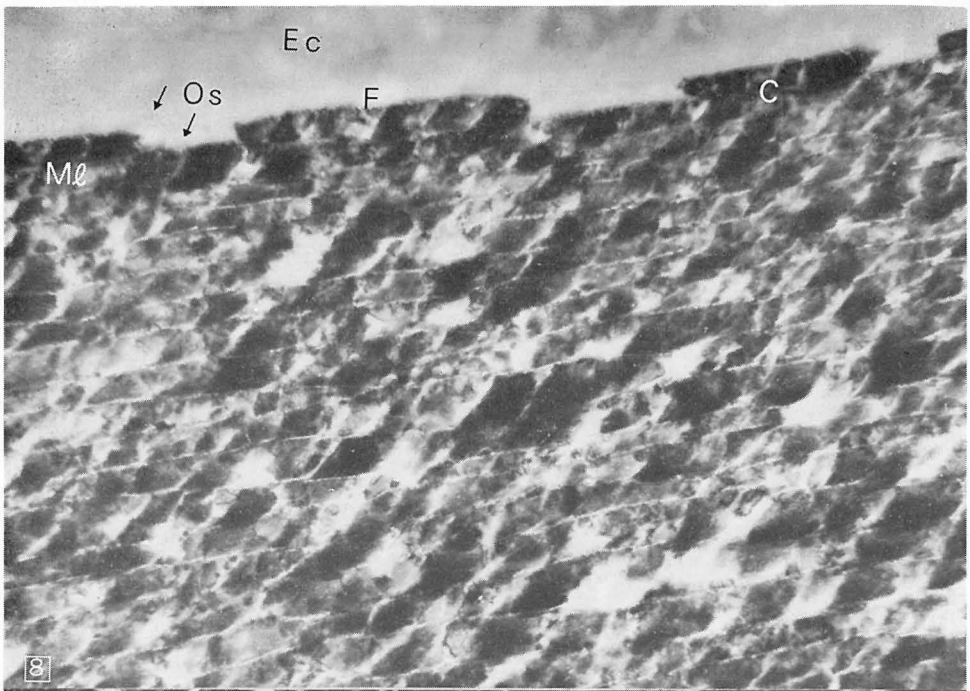
本項は VIII で述べる Ca 代謝と真珠の品質との関係で考察する内容を充分に理解するに必要な知識を得ることを目的とし，Wada の1970年の報告に多少のデータを補足し，真珠層の層状構造の生成機構および真珠層の結晶構造を解説することにする。

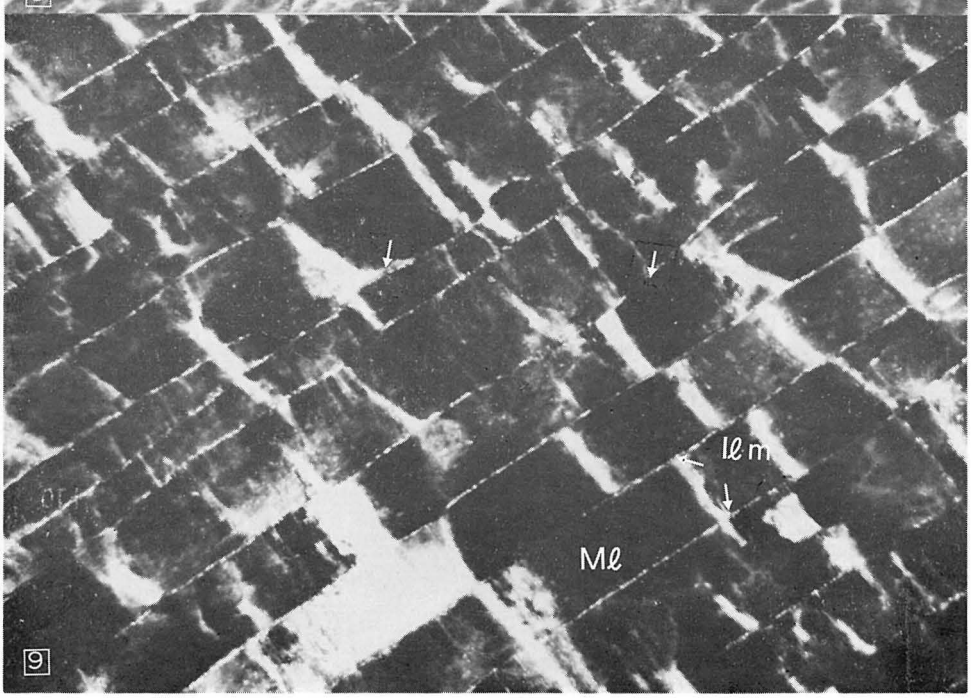
1.　真珠層の成長前線

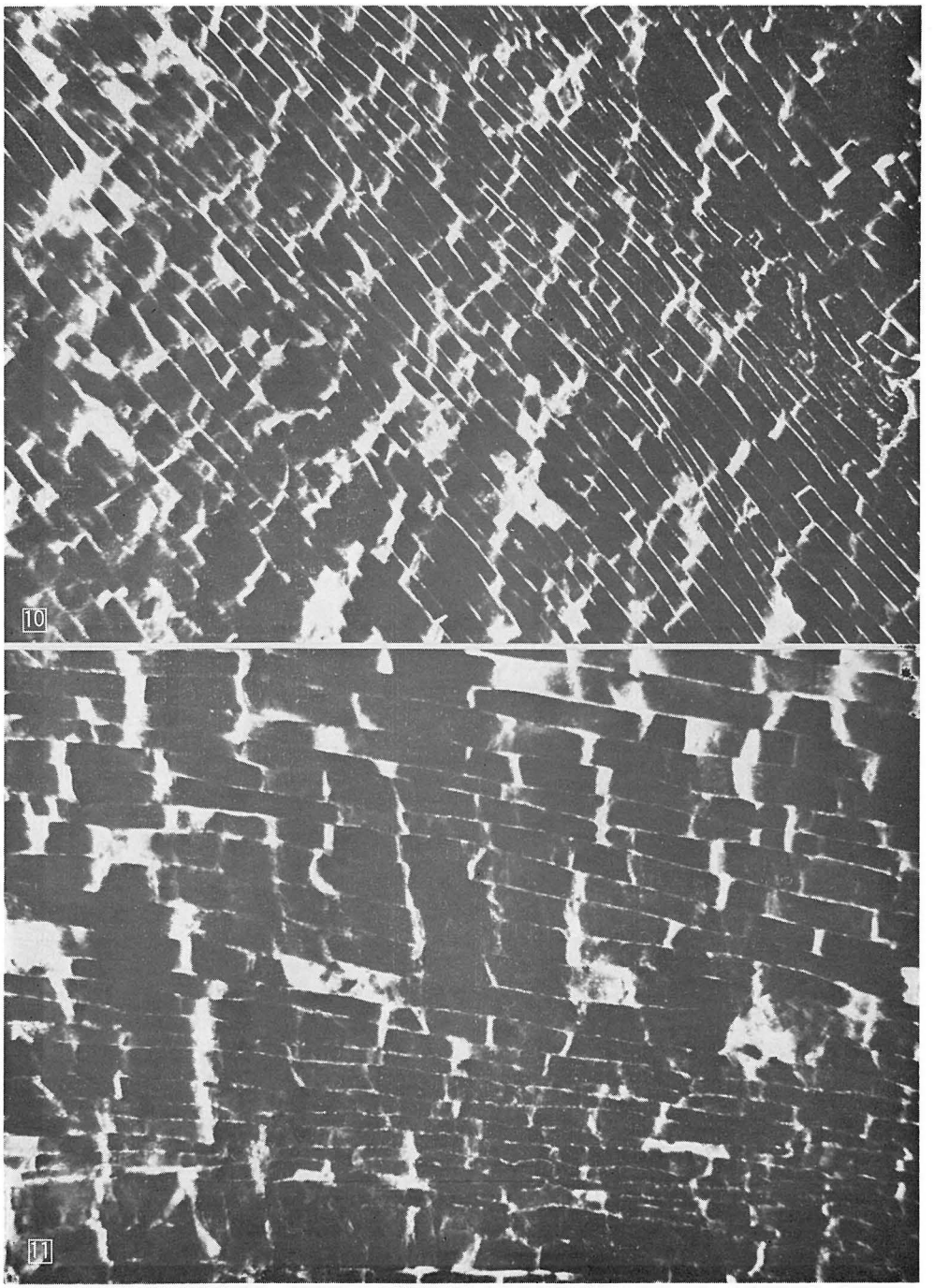
pearl sac-nacre preparation の薄切を作って，真珠の鉱物化前線，すなわち真珠表面を観察すると(Fig. 8)，真珠袋上皮細胞の自由面と真珠表面とは密着しておらず，およそ0.5～1.0μの厚さの分泌液がそこに存在することがわかる。上皮細胞の自由面にある微絨毛は分泌液中に伸びその尖端は真珠の表面に隣接する分泌液層中に細胞の自由面とほぼ平行に生成したシートの手前まで達する。したがって，微絨毛の尖端は一般的に言って真珠

Fig. 8　真珠層真珠の鉱物化前線を示す pearl sac-nacre preparation。鉱物化前線に接した分泌液(F)中に有機質シート(Os)が生成し，有機質シートと鉱物薄板(M*l*)との間に形成された部屋の中で鉱物薄板に接して結晶(C)が生成する。Ec，真珠袋上皮細胞。× 14,000

Fig. 9　アコヤガイ天然真珠の真珠層の層状構造を示す電子顕微鏡写真。矢印は鉱物薄板の不連続部分を示す。I*l*m，鉱物板間基質；M*l*，鉱物薄板。× 15,000


Ec
Os
F
C
Mℓ
8


lℓm
Mℓ
9


10
11

の表面に直接接触していない。分泌液中に形成されたシートは有機質と考えられ，約0.02 μの厚さで，周囲の分泌液よりも電子密度が高く，約0.25μの間隔を保って層状に生成し (Fig. 8 の矢印)，部屋を形成する。この有機質シートの一端は成長途上の鉱物薄板の成長前縁に達し，鉱物薄板のテラス面に密着した状態でこの面をおおつている。有機質シートのもう一端は2ないし3段下に成長しつつある鉱物薄板の成長前縁付近の分泌液層中に消え，シートはこの縁辺で付加的に生成しているようにみえる。部屋の中を満している分泌液は電子密度が極めて低くほぼ均一である。

新しい結晶は鉱物化前線に成長しつつある鉱物薄板のテラス面と分泌液中に生成した有機質シートとの間に形成された層状の部屋の中で鉱物薄板のテラス面に密着して生成する。しかし，分泌液中に形成された2つの有機質シートの間に作られた部屋の中や，これらの有機質シートの上下側面に接触して生成しない。結晶成長の極く初期に，厚さ500～800 Å，幅400～1500 Å の球状の結晶が pearl sac-nacre preparation の薄切で観察でき，幅300 Å の更に小さい円い結晶がレプリカで観察できる。これらの小さい結晶は厚み方向の成長がかなり速く，2軸平均直径が0.5～1.0μに達する頃から仕切りを形成している有機質シートを押し上げながら成長するようになり，結晶の厚化速度は著しく遅くなる。2軸平均直径が1.0μ以下の小さい結晶の基底面は一般に凸状で，その面の中央から外へ向って拡がる薄層の一団が認められる。やがて，仕切りを形成していた有機質シートが結晶の基底面をおおって吸着すると，結晶の厚さ方向の成長はほとんど停止するが，結晶の側面は隣接結晶と接合するまで成長をつづける。このようにして真珠層のアラゴナイト結晶は大きい平坦な基底面をもつた板状に成長し，基底面には有機質シートが吸着した当時の成長像を示す薄いあるいは厚い環状または渦巻状の階段が残り，また結晶縁には多数の厚い階段が残る。この厚い階段は薄い層が集束してできたもので，7月から12月にかけて非常に頻繁に認められる。これらの結晶がやがて鉱物薄板の成長前縁—ステップ—に接合することにより鉱物薄板は2次元的に前進し，結晶が隣接結晶と接合する際，部屋の中にあった有機物は結晶境界に濃縮されて結晶間基質 intercrystalline matrix となる。

2.　真珠層の層状構造

V-1 の観察からわかるように，新しい結晶が生成し，接合して鉱物薄板に発達する過程で，新しく生成する鉱物薄板は下の鉱物薄板との間に部屋を形成していた有機質シートを挟み込みながら前進する。したがって，真珠層の断面を観察すると，鉱物薄板と有機質シートとが交互にくりかえし重畳した層状構造を示す (Fig. 9)。この単位鉱物板は結晶間基質によって境いされた多数の板状のアラゴナイト結晶が石畳のように一層に敷きつめられたものであり，その厚さはアコヤガイの真珠で約0.24～0.60μの範囲で変動する。隣接して重畳する鉱物薄板の厚さが比較的均一であると規則的な層状構造が形成され (Fig. 9)，均一な層中に異なる厚さの鉱物薄板が時々挟まつたり，あるいは隣接する鉱物薄板の厚さ

Figs. 10, 11　Fig. 9 に示した真珠の異なる形成時点で認められる層状構造の乱れ。Fig.10, ×9,300; Fig. 11, ×16,000

がかなり変動すると不規則に乱れた層状構造が形成される(Figs. 10と11)。層状構造は1つの真珠でさえも形成時期が異なると変化しているのが一般的な傾向であり，或る場合には同じ形成時点でも真珠の場所によって著しく異なる。このように層状構造の異なる層が養殖真珠の場合は真珠核を中心にして同心円状に形成され，その断面には年輪のような模様が生ずる。

一方，鉱物薄板間に挟み込まれた有機質シートは鉱物板間基質 interlamellar matrix となり，挟み込まれる前とほぼ同じ約0.02μの厚さを示す。冬眠覚醒時に時々形成される有機質シートはかなり厚いことが Wada (1961b) によって指摘された。

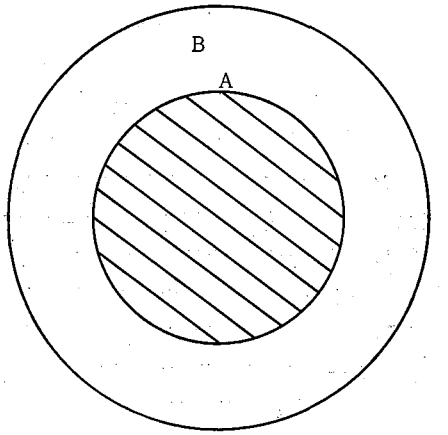


Fig. 12　Figs. 13 と14で観察した場所の位置関係を示す養殖真珠の模式図。

3.　真珠層の結晶構造

アコヤガイ養殖真珠の表面に垂直な一枚の薄切を作り，Fig. 12 に示した形成時期の異なるA，B部分を観察し，Figs. 13 と 14 にそれぞれの部分の真珠層の層状構造を示した。すなわち，Fig. 13 は真珠形成初期に形成された真珠層（A部分）であり，Fig. 14はその後しばらくして形成された真珠層(B部分)である。単位鉱物薄板の厚さはA部分では0.24～0.50μの範囲で変動し，B部分では0.24～0.40μの範囲で変動し，両部分ともに不明瞭ではあるが或る周期で沈着をおこなっているようにみえる。また鉱物薄板は必ずしも連続せず，途中で発生あるいは消失するのが所々に認められる(Figs. 9, 10と13)。

Figs. 13 と14の中に三角形で囲んだ部分を制限視野電子回折すると，Figs. 13aと14a とに示した繊維図形が得られる。これらの回折像から，真珠核の周りに形成された真珠層を構成する板状のアラゴナイト結晶は，A，B部分ともに層に対して垂直にc軸を立てて重畳していることがわかる。すなわち，アラゴナイト結晶は (001) 面を真珠表面に平行にして累積している。また結晶は層に平行で，しかも一定の方向にb軸を配向する。しかし，b軸の配向はA部分とB部分とで約13度ずれており，b軸の配向は成長時点が異なると変動する可能性があることがわかる。

4.　小括

真珠袋上皮細胞と真珠との間には約0.5～1.0μの分泌液層が挟つており，真珠表面に近い分泌液層中に有機質シートが上皮細胞の自由表面に平行に生成し，真珠表面との間に約0.25μの層状の部屋を作る。新しい結晶はこの部屋の中で既に形成されている結晶の(001)面をおおつて吸着した有機質シートの孔の中で下の結晶に接して成長する (Wada, 1970a, 1971b)。孔の底で生成した新しい結晶は孔に沿つて成長し，やがて吸着した有機質シート

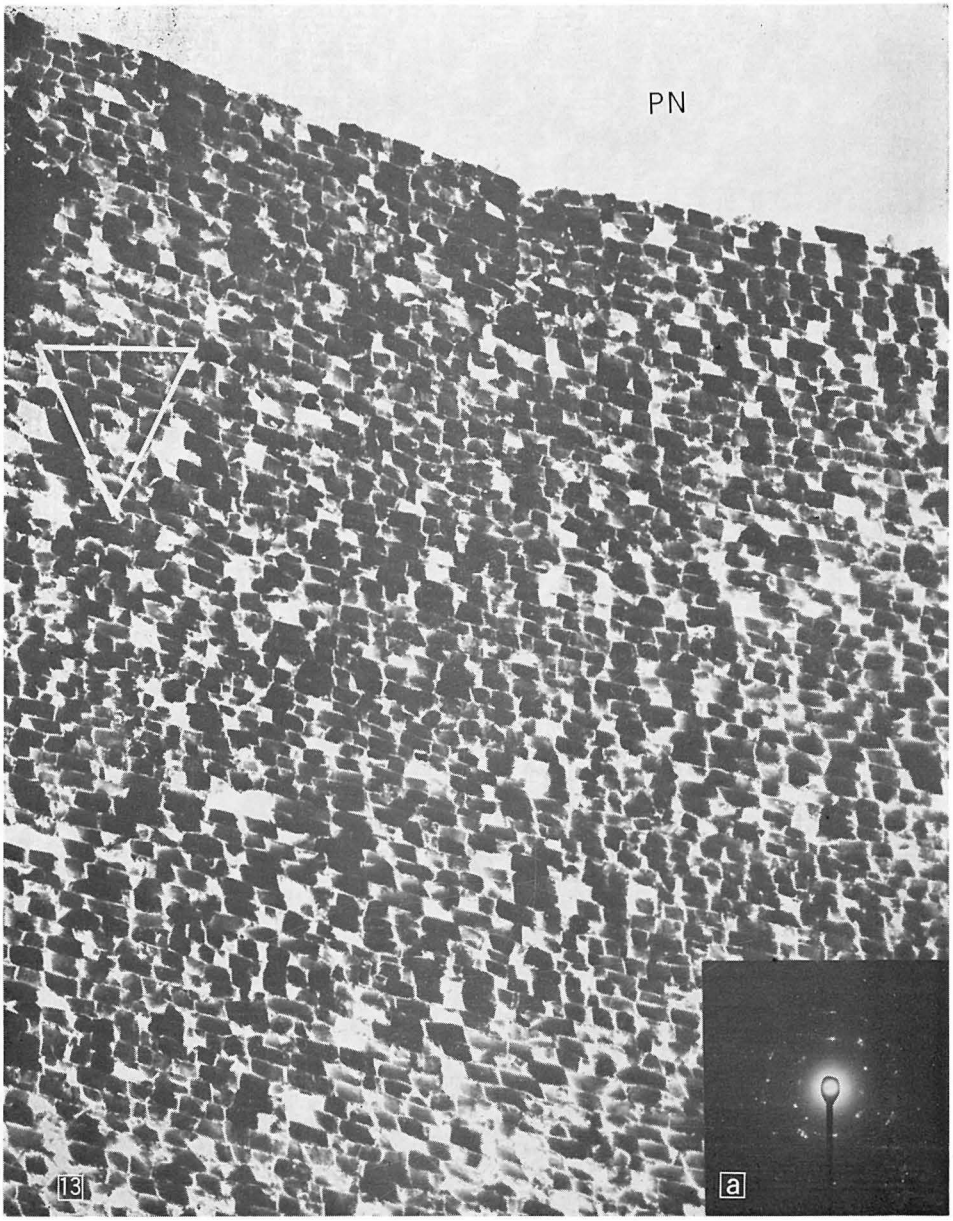


Fig. 13　アコヤガイ養殖真珠(Fig. 12のA部分)の層状構造と制限視野電子回折像。回折像(Fig.13a)は△部分による。PN, 真珠核。×6,400(K. Wada and T. Sakai, 1963)

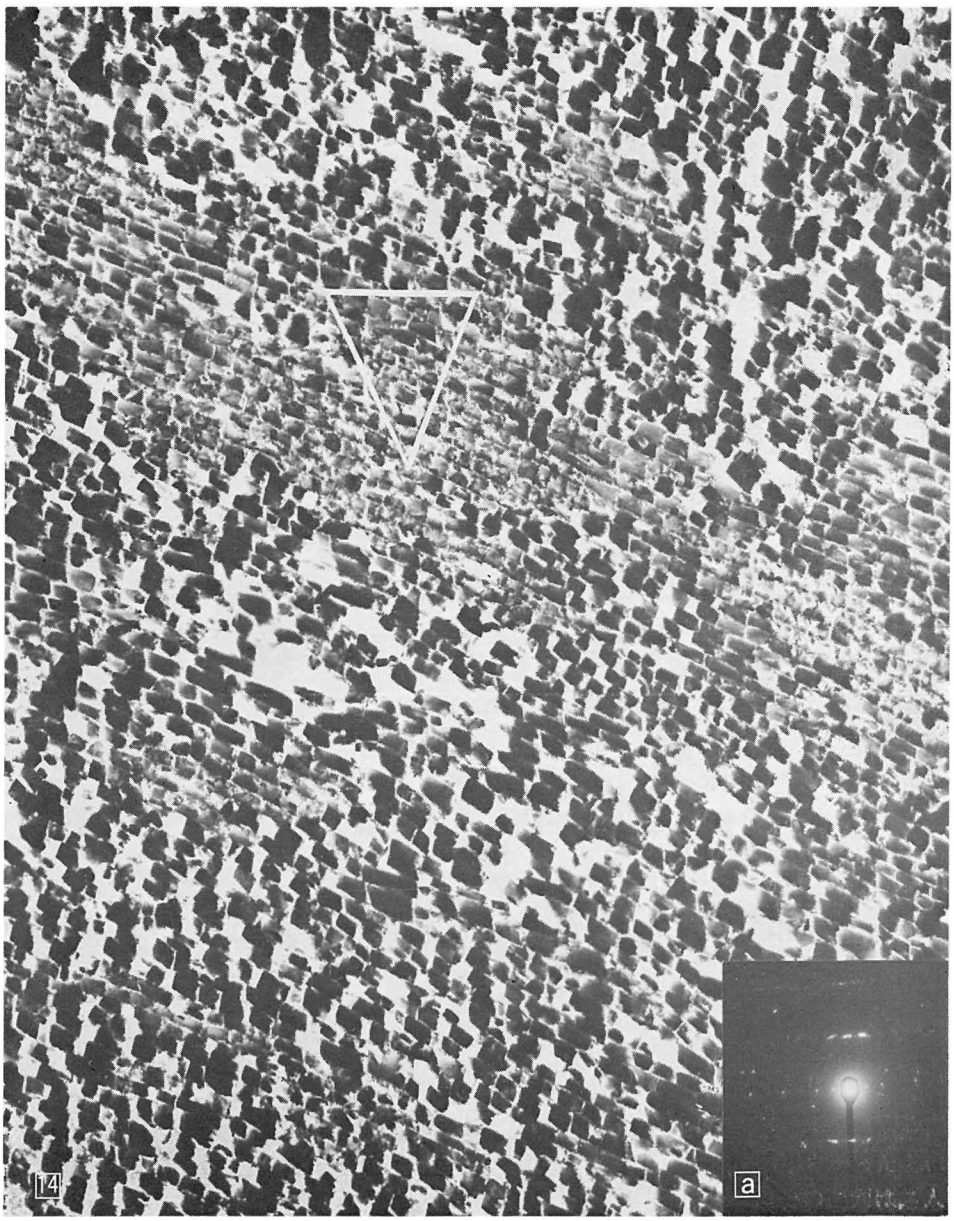


Fig. 14 アコヤガイ養殖真珠(Fig. 12のB部分)の層状構造と制限視野電子回折像。回折像(Fig.14a)は△部分による。×6,400 (酒井・和田，未発表)

の表面にあらわれて次の層板の一員となる。新しい結晶は下の結晶とエピタクシアルに成長し，結晶が interlamellar matrix に沿って成長する際，この有機基質の表面の性質に影響されながら成長する。新しい結晶は最初は球状で，やがて薄層が結晶の基底面の中心から外へ向って拡がることにより垂直方向に急速に成長する。そのうちの或る結晶は蒸発し，また或るものは互いに融合し，基盤の鉱物薄板を構成する結晶の境界，結晶縁あるいは (001) 面に残されたステップに生成した少数の結晶だけが 1.5 μ 以上に大きくなる。結晶の成長にともない (001) 面は仕切りをなす有機質シートに達し，有機質シートが (001) 面に吸着すると結晶の厚化は停止する。そののち結晶は隣接結晶と接合するまで側面で成長を続け，分泌液中に残存する有機物は接合時に結晶間に濃縮される。その結果，真珠層のアラゴナイト結晶は大きい平坦な (001) 面をもつた板状に成長し，各単結晶は有機基質によって完全に包まれる。鉱物薄板に閉じ込められた結晶は本来の形を保持せず，一般に不規則な多角形板状を呈する。

このような成長過程を通してアラゴナイト結晶と有機質シートとは規則的に交互にくりかえして累積するが，一つの真珠でさえも形成された時点や同一時点に形成された層でも場所が異なると，結晶の厚さ，累積状態あるいは結晶の配向などがかなり変化し，真珠層の層状構造が乱れることもある。このような層状構造の乱れは，真珠袋上皮細胞の Ca 代謝活動の差異によっておこる結晶成長の変化によってもたらされるであろう (VII を参照せよ)。

VI　真珠の成長に影響する因子の解析

真珠は真珠袋なしには生成しない。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上皮細胞に再生し，袋の内側に周囲組織とは直接連絡のない鉱物化の場を形成する。宿主組織と癒着した上皮細胞は新しい有機的環境のもとで真珠物質を合成濃縮し，真珠袋の内側に分泌する。この一連の活動が真珠の成長に直接影響する。したがって，真珠の成長に関しては (1)移植にともなう遺伝学的，免疫学的，および組織学的諸問題と (2)貝が生活する中で真珠形成の具体的なにない手である真珠袋上皮細胞の分泌活動がどのような因子に制約されながら変化するかの問題とを論理的な形でとりあげる必要がある。しかし従来の養殖研究のこの問題のとりあげかたは，真珠形成の生理の解析をかいて真珠の成長と環境因子との関係を現象面から求める実験の設計になっており，さらに実験結果もこれら因子との対応の統計的な有意性だけを論ずることに終つており，問題の解析が環境決定論的になり，また現象的になりがちであった。そこで筆者は真珠形成機構についての生鉱物学的知見を養殖研究にもちこみ，真珠の成長を調整する機構とその影響因子とを解析し，同時に実験の中から生じた新たな問題を生鉱物学的研究にもち返えることを狙いとした養殖実験を設計しおこなった。

1.　真珠の成長への宿主の影響

移植片が再生してできた真珠袋上皮細胞の Ca 代謝は，物質代謝を通じて宿主個体の特

質と生理変化の影響を量的および質的に受けていると考えられるから，宿主個体の特質と生理変化は真珠袋の分泌生成物である真珠の成長に何らかの形で影響すると想像できる。しかし，真珠形成の具体的なにない手である真珠袋上皮細胞が再生後も移植片給与体の特質を強く維持しているならば，また外套膜上皮細胞の真珠形成力が個体により本質的な差異一例えば遺伝的一を生じているならば，移植片給与体の特徴は宿主個体の特質や生理変化によって修飾された形で真珠の成長に表現される可能性がある。

1)　材料および実験

この研究は前報にまとめた実験の一部として計画してあったので，詳細な実験内容は前報にゆずる（「黄色真珠の生成に関する実験生物学的研究」のIV-3-1）を参照)。

実験に使用したアコヤガイは1967年4月に三重県方座より英虞湾多徳島に移して養成しておいた3年貝であった。この集団から健康な貝を選別し，移植片給与体として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それぞれ9個体ずつ抽出した。移植片は左右の外套縁膜部よりあわせて平均50個ほどつくつた。挿核手術は常法にしたがって各移植片給与体別に外套膜小片をフクロ*およびウカシ†と呼ぶ生殖腺の異なる部位に真珠核（重量 141 mg，直径約 4.55 mm）と移植片とを送くる2個入れをおこない，1967年7月15日から同年12月20日まで真珠研究所多徳島臨海実験場前の筏から海面下約2m層に垂下して養成した。

真珠を採集する際，宿主の貝殻を採集し室温で充分乾燥したのち秤量，各宿主より採集した真珠の重量と比較検討した。なお，実験結果の処理にあたってはVIII-1 で述べる真珠の巻きの厚さと重量との関係式を考慮し，真珠の重量に影響するほどの介在異質物を含む標本や突起をもつ標本は使用しなかった。勿論，稜柱層真珠や有機質真珠は除外した。

2)　実験結果

一つの移植片給与体の外套縁膜より切りとつた移植片を移植して生成した真珠の成長とそれぞれの真珠を採集した宿主の貝殻重量との関係を，Fig. 15 に示した3つのタイプに便宜上分類した。すなわち，Fig. 15Aに示した一群の真珠は移植片給与体 No. y_{14} の外套膜小片を移植して生成されたもので，それらの成長と宿主の貝殻重量との間にはほぼ比例的な関係がみられる。このタイプの移植片給与体を比例型と呼ぶことにする。Fig. 15B に示した一群の真珠は移植片給与体 No. ω_6 の外套膜小片を移植して生成されたもので，それらの成長は宿主の見掛けの貝殻形成力によってあまり影響されず，比較的狭い変異幅の中で変動する。このタイプの移植片給与体を独立型と呼ぶことにする。一方 Fig. 15C に示した一群の真珠は移植片給与体 No. y_5 の外套膜小片を移植して生成されたもので，それらの成長は宿主の見掛けの貝殻形成力が類似していても，移植片が異なると著しく変動する傾向を示す。このタイプの移植片給与体を分散型と呼ぶことにする。全ての移植片給与体を真珠の成長から以上の3型で正確に表現するのは無理であるばかりでなく，このようなタイプが実際に存在するかどうかも本実験だけでは断言できないが，真珠の成長は宿

*,† 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と呼んでいる。

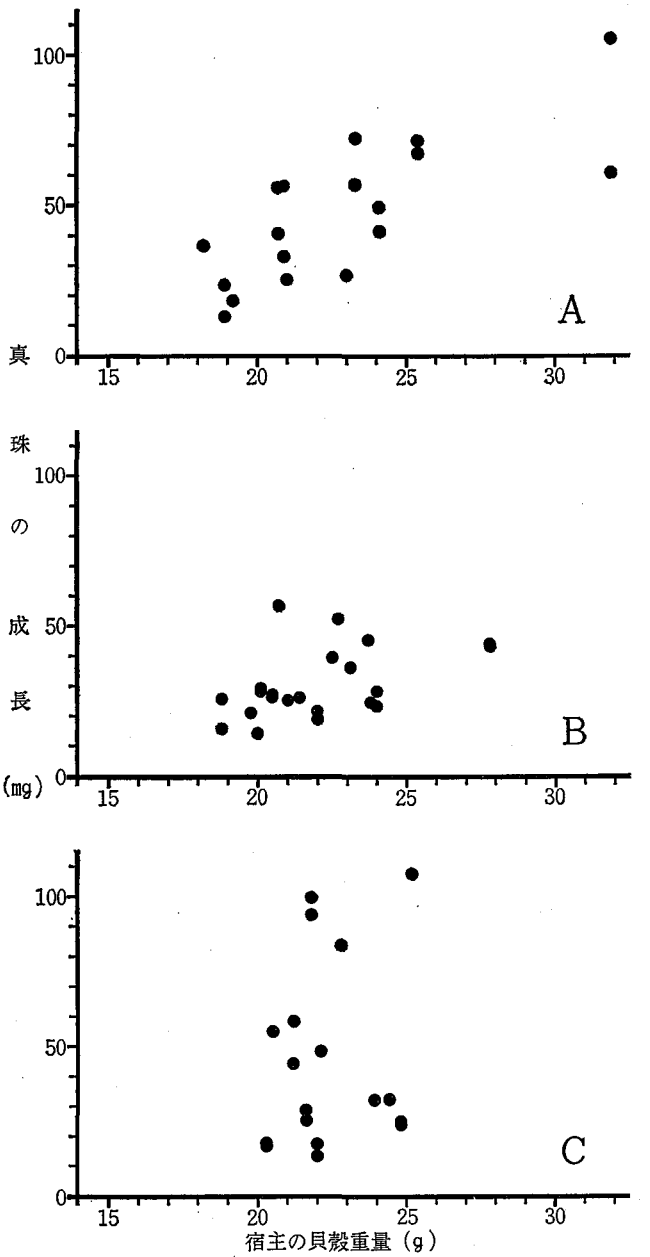


Fig. 15　宿主の貝殻重量との関係において真珠の成長にみられる移植片給与体の特徴。
A，比例型；　B，独立型；　C，分散型。

主の代謝活動によって影響されるからCa代謝についての個体のもつ特性を比較検討するにはタイプごとに比較するのが好ましいと考え，あえてタイプにわけた。本実験で互いに比較検討できるほどに真珠を採集できた14個体の移植片給与体のうち，比例型に属するものが一番多く8個体，次いで独立型に属するものが多く4個体，また分散型に属するものは2個体であった。なお，比例型の8個体のうち2個体，独立型の4個体のうち2個体，および分散型の2個体はそれぞれ黄色系真珠層の貝殻をもつ移植片給与体であった。

ところで，いずれのタイプに属する移植片給与体から作った移植片でも，宿主の見掛けの貝殻形成力が実験終了時の実験貝の平均貝殻重量よりも約13%以下である20.0g以下の貝殻重量の宿主に移植されていたとき，真珠袋の真珠層形成力は小さい傾向を示す。しかし必ずしも小さいとは限らない（Figs. 15 と19の●印）。

2.　真珠の成長への移植片給与体の影響

移植片の真珠層形成力は宿主の見掛けの貝殻形成力の影響を敏感に受ける比例型と宿主の見掛けの貝殻形成力の影響を見掛け上あまり受けない独立型および分散型とにわかれる。移植片の真珠層形成の表現にこのような差が生ずる原因として，(1)外套膜の真珠層形成力は移植片給与体ごとに本質的な差があると考えられるし，(2)もしかすると移植片給与体と宿主との間の免疫学的な適合度が問題になるとも想像できる。ここでは以上に想像した原因が真珠袋の真珠層形成力を制約する1つの制約因子となるかどうかを検討する。

1)　材料および実験

この研究に使用した材料は V-1 で述べた実験で得られた真珠の中から重量に影響するような介在異質物を含む真珠や突起をもつ真珠を除いた真珠層真珠の全部である。また黄色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜より作った移植片を宿主のフクロに，白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜から作った移植片を同一宿主のウカシに組み合せて移植し，また別の一対の移植片給与体を使って逆の組み合せによる移植実験をおこなって得られた真珠層真珠である（「黄色真珠の生成に関する実験生物学的研究」の VII-3-1）を参照せよ）。なお，この研究に使用した移植片給与体および宿主は全て3年生アコヤガイであった。

2)　実験結果

移植片給与体が異なると真珠袋の真珠層形成力が異なるかどうかを調べるために，前項で分類したそれぞれのタイプごとに真珠の成長を3個体分ずつ1枚の図にのせて比較するとFig. 16 のようになる。比例型に属する移植片給与体の外套膜から作った移植片の移植後における真珠層形成力は宿主の見掛けの貝殻形成力に比例して変化すると同時に，移植片給与体ごとにグループ化する傾向もみられる(Fig. 16A)。また，独立型では，移植後における外套膜上皮の真珠層形成力は宿主の見掛けの貝殻形成力とはほとんど無関係にほぼ一定しており，移植片給与体ごとにグループ化する傾向を示す(Fig. 16B)。これに対して分散型では，移植後の外套膜上皮の真珠層形成力は1つの移植片給与体の外套膜から作った移植片ですら互いに著しく異なっており(Fig. 16C)，著しく分散するものを除くと比例型ないし独立型のいずれかに移行する。

次に，1つの移植片給与体から作った外套膜小片をフクロとウカシとに同時に移植した

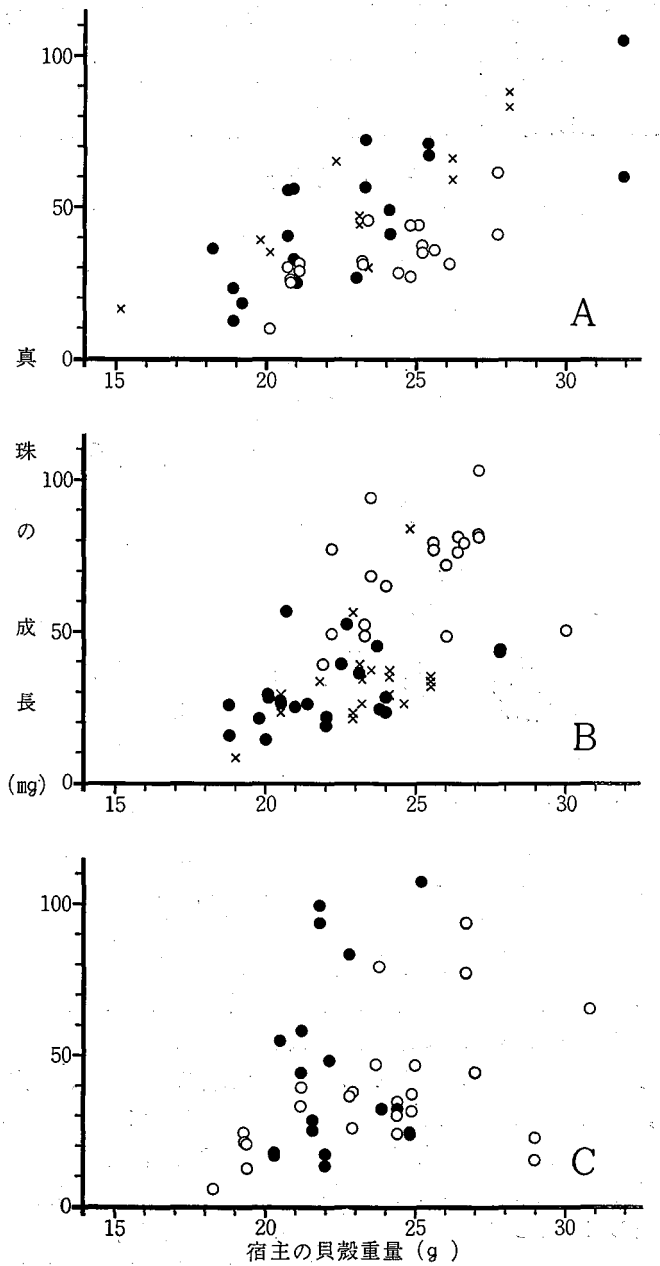


Fig. 16　移植片給与体別にみた外套膜の真珠層形成力の差。
A. 比例型…×，移植片給与体 No. ω_1；○，移植片給与体 No. ω_5；●，移植片給与体 No. y_{14}
B. 独立型…×，移植片給与体 No. y_2；○，移植片給与体 No. y_4；●，移植片給与体 No. ω_6
C. 分散型…○，移植片給与体 No. y_1；●，移植片給与体 No. y_5

18実験群および異なる2つの移植片給与体から作った外套膜小片を組み合せてフクロとウカシに移植した4実験群のうち，同一宿主のフクロとウカシとから同時に採集された真珠について，フクロより採集した真珠の成長からウカシより採集した真珠の成長を引いた差をFig. 17の横軸に示した。1つの移植片給与体から作った外套膜小片をフクロとウカシ

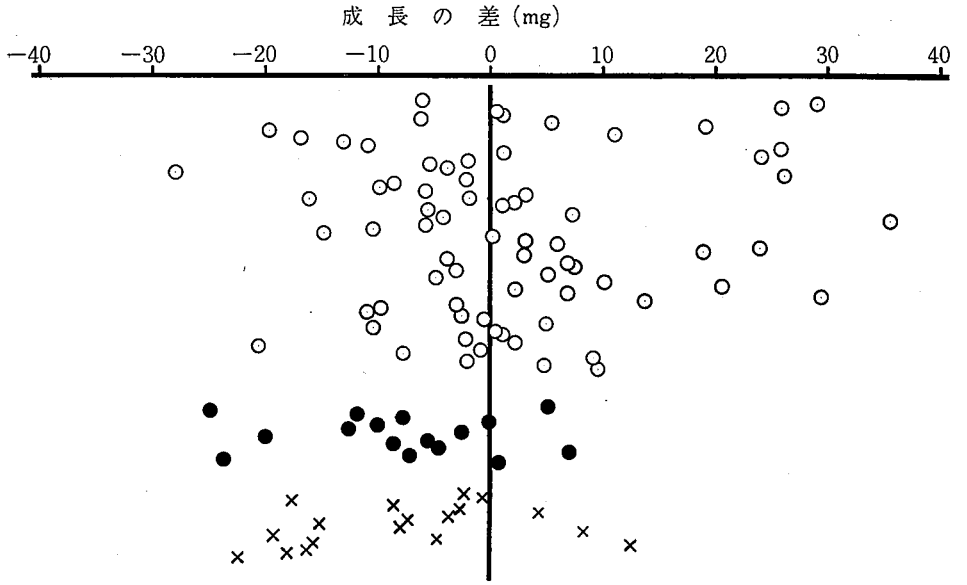


Fig. 17　アコヤガイ外套膜外面上皮細胞のCa代謝能力の個体差の比較。Ca代謝能力の差はフクロより採集した真珠の重量から同じ宿主のウカシより採集した真珠の重量を引いた値で表わす。○，同じ移植片給与体の外套膜より作った移植片を両部位に移植した場合；●と×はそれぞれ一対の異なる移植片給与体の外套膜より作った移植片を組み合せてフクロとウカシに移植した場合。

に移植した場合，真珠の成長の差を示す○印は図の0点を挟んで左右側にほぼ同数点在するが，異なる2つの移植片給与体から作った外套膜小片を組み合せてフクロとウカシに移植した場合，真珠の成長の差を示す●印（移植片給与体 No. ω_7 と No. y_7 の組み合せ実験群）や×印（移植片給与体 No. y_8 と No. ω_8 の組み合せ実験群）は0点の左側に偏在する。すなわち，この実験では宿主や移植部位の影響が除かれているから，その結果はアコヤガイは外套膜のCa代謝能力が全ての個体で同一ではなく，外套膜のCa代謝能力がもともと異なる個体の集団であることを意味していると同時に，免疫学的な適合，不適合が個体間にあるとしても極めて弱いことを暗示しているであろう。

ところで，真珠袋の黄色色素代謝とCa代謝との間には正の相関があると従来考えられている。もし貝殻真珠層の黄色が外套膜のCa代謝能力を示す指標となるならば，外套膜のCa代謝能力の大きな個体を移植片給与体として選別することが非常に容易になる。いま，黄色系真珠層の貝殻をもった貝から作った外套膜小片と白色系真珠層の貝殻をもつた貝から作った外套膜小片とを組み合せてフクロとウカシに2個入れをおこなった実験群中

2例について宿主ごとにフクロとウカシから採集した真珠の重量を比較してみると（Fig. 18），外套膜の黄色色素代謝と Ca 代謝との間には相関があるとは言えない。すなわち，

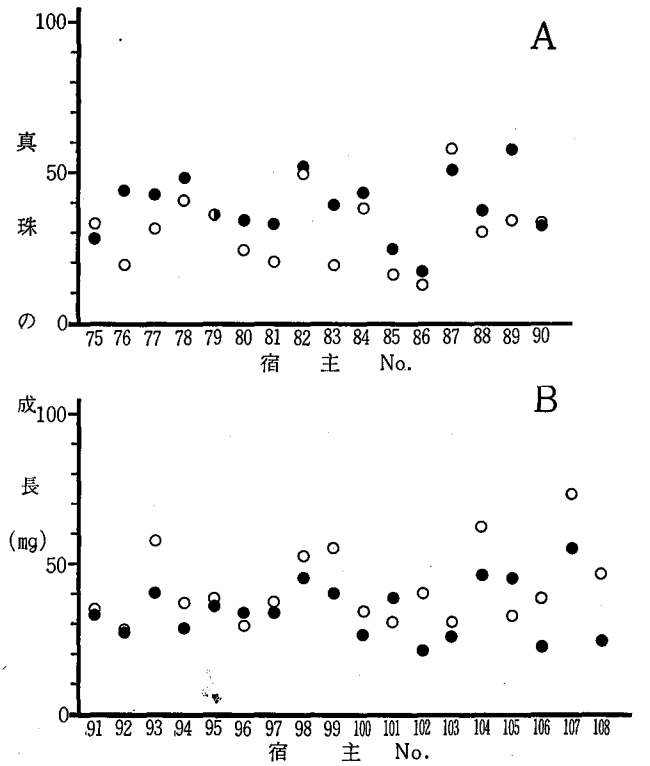


Fig. 18　外套膜外面上皮細胞の黄色色素代謝と真珠層形成力との関係。
A：フクロに移植片給与体 No. w_7 の外套膜，ウカシに移植片給与体 No. y_7 の外套膜を移植した実験群。
B：フクロに移植片給与体 No. y_8 の外套膜，ウカシに移植片給与 No.w_8 の外套膜を移植した実験群。

Fig. 18Aに示した実験群では黄色系真珠層の貝殻をもつ貝が白色系真珠層の貝殻をもつ貝よりも外套膜の Ca 代謝は旺盛であるとみなせるのに対して，Fig. 18B では逆に白色系真珠層の貝殻をもつ貝の外套膜の Ca 代謝が旺盛である。なお，図中●印は黄色系真珠層の貝殻をもった貝より作った外套膜小片を移植して得られた真珠を示し，○印は白色系真珠層の貝殻をもった貝より作った外套膜小片を移植して得られた真珠を示す。

以上のように，外套膜の黄色色素代謝は Ca 代謝能力を示す指標になり得ないので，移植片給与体の外套縁膜に接する真珠層の厚さとこの外套縁膜より作った移植片から生成した真珠の成長との関係を Fig. 19 に示した。図からわかるように，移植片給与体の外套縁膜部で形成された貝殻真珠層の見掛け上の厚さも外套膜外面上皮の Ca 代謝能力の指標になり得ない。

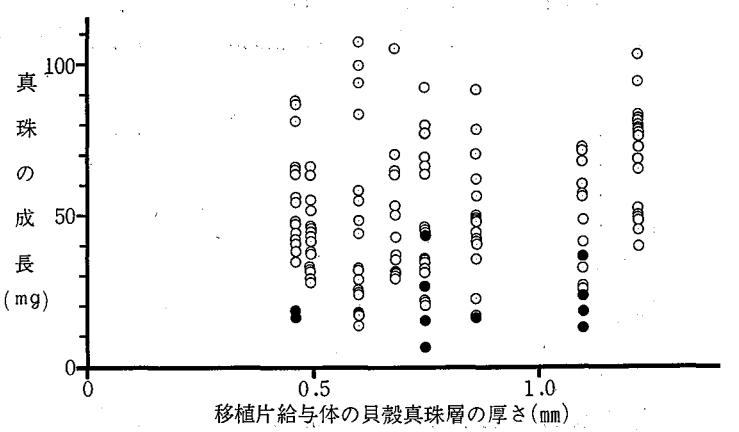


Fig. 19　移植片給与体の貝殻真珠層の厚さとそれに接する外套膜を移植して生成した真珠の成長との比較。●は実験群の平均殻貝重量より13%以下の貝殻重量しかない宿主より採集された真珠。

3.　外套膜の位置による真珠形成力の差

アコヤガイの外套膜の真珠層形成力は貝殻周辺部分で大きく，中央部分で小さい（中原，1961)。また，外套縁膜の異なる部分から切り取った移植片の真珠層形成力は互いにかなり異なる（宮村・牧戸，1958)。これらの報告は，例え同一の移植片給与体の同一側の外套膜より切り取った移植片を移植しても，移植片をとる部分が異なれば生成する真珠の成長は異なることを意味する。ところで，外套膜外面には上皮細胞のほか2種類の腺細胞が存在しているが，それらの機能についてはほとんどわかっていない。特に，トルイジンブルーでメタクロマジアを示す粘液腺細胞の分布密度は外套膜の部分によって著しく異なる(中原，1962；和田，1966)。もし粘液腺細胞が真珠層の形成に直接関与すると仮定するならば，粘液腺細胞の分布密度が外套膜の部分による真珠層の形成力に差をもたらすと想像できる。ここでは外套膜の部分によって真珠層の形成力が異なるかどうか，もし異なるならばどのような因子に制約されて異なってくるかを推察するために，粘液腺細胞の分布密度が著しく異なる外套縁膜と外套膜中央域とから作った移植片を移植して生成した真珠の成長を比較検討した。

1)　材料および実験

1968年7月18日に移植手術をおこない同年12月20日に真珠を採集した。移植手術は3年生アコヤガイの外套縁膜より作った移植片をフクロに移植した場合には外套膜中央域より作った移植片をウカシに移植し，外套縁膜より作った移植片をウカシに移植した場合には外套膜中央より作った移植片をフクロに移植する2個入れをおこなった。挿入した真珠核は全て139 mg であった。

2)　実験結果

採集した真珠のうち傷の少ない真珠について成長を比較してみると，外套縁膜を移植して生成した真珠の成長の頻度分布は外套膜中央部を移植した真珠の増重量の頻度分布より

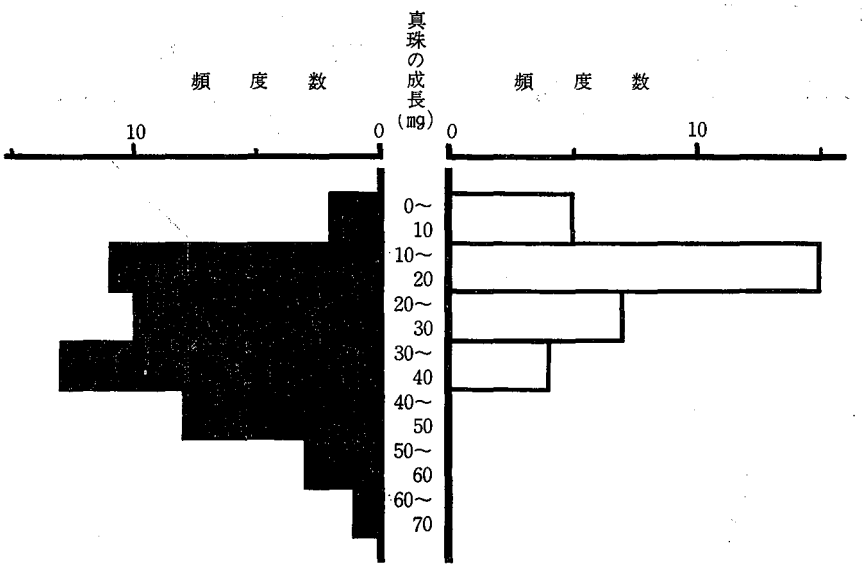


Fig. 20　外套膜の異なる部分による真珠層形成力の比較。
■, 外套縁膜；□, 外套膜中央。

も大きい方に寄っており (Fig. 20)，前者の平均成長量は35. 7mg，分散は 1203. 26，後者の平均成長量は14. 4mg，分散は234. 83で，両者の平均成長量の差をF-検定法によって検定すると危険率5％で有意差が認められる。この結果は，粘液腺細胞が沢山分布する外套膜中央域の真珠層形成力が小さいことを示す。なお，外套縁膜を移植して生成した真珠の表面は滑らかであるのに対して，外套膜中央部を移植して生成した真珠の表面はしわを生じ，光沢は一般に劣っている。

4.　左側外套膜ならびに右側外套膜による真珠形成力の差

比例型に属する移植片給与体より作った外套膜小片を移植して再生した真珠袋の Ca 代謝量は宿主の見掛けの貝殻形成力と正の相関を示し，独立型に属する移植片給与体より作った外套膜小片を移植して再生した真珠袋の Ca 代謝は宿主の見掛けの貝殻形成力とは相関を示さないが，いずれのタイプに属する移植片給与体にも程度の差こそあれ分散型にみられるような変異が真珠の成長にみられる。この変異は宿主や移植片給与体のもつ性質とは別の要素，例えば前項で調べたように外套膜のどの部分から移植片を作ったかという問題のほかに左側あるいは右側外套膜のいずれから作った移植片かによっても生ずるかも知れないので，ここで検討してみる。

1)　実験材料

この研究に使用した材料は VI-1 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，重量に影響するほど沢山の介在異質物を含む珠や突起珠を除いた真珠層真珠で，互いに比較検討できるくらい真珠が採集できた14個体分であった。

2) 実験結果

殻頂と閉殻筋痕前端とを結ぶ線で3年生アコヤガイの貝殻を切断し，外套縁膜部のほぼ2等分点で真珠層の厚さを測定し，左右殻の真珠層の厚さの関係を示すと Fig. 21 のようになる。真珠層の厚さが左右殻で等しいと図中の原点を通る2等分線上に位置し，左殻が右殻より厚いと線の右側に，右殻が左殻より厚いと線の左側に位置する。アコヤガイの貝殻真珠層の厚さは貝殻の彎曲度合とは異なり，左殻あるいは右殻のいずれかの真珠層が他方より一貫して厚く発達するのではないことが Fig. 21 からわかる。

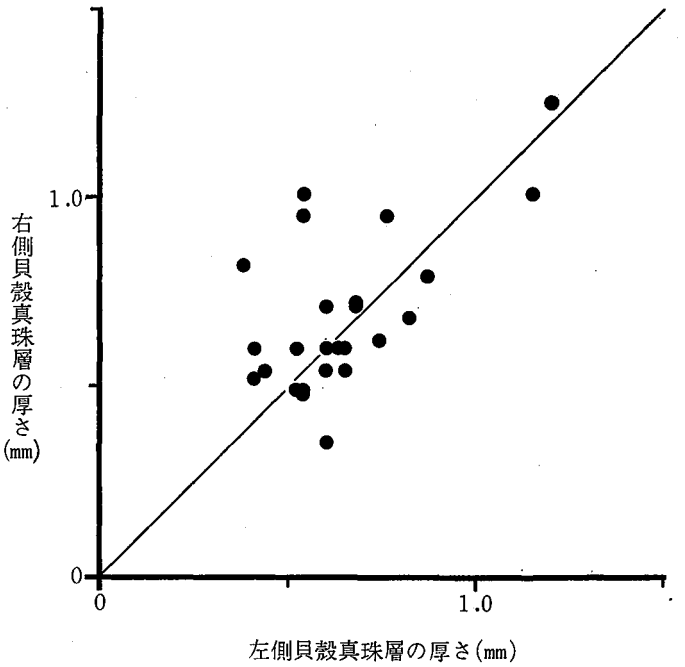


Fig. 21　左殻真珠層と右殻真珠層の厚さの個体別の比較。

Fig. 22 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した真珠の成長を移植片給与体 Nos. y_{14}, y_2 および y_5 について示したものである。移植片給与体 No. y_{14} の場合，生成した真珠の成長は移植片が左側あるいは右側外套膜のいずれに由来するからといって一方が他方より大きい傾向も，また大きく分散する傾向もない (Fig. 22A)。しかし，移植片給与体 No. y_2 の外套膜より作った移植片を移植して生成した真珠の成長は，左側あるいは右側外套膜のいずれに由来する移植片でも一方が他方より全体的に大きいとは言えないが，右側外套膜より作った移植片の或るものは特に大きく成長するため不規則に分散する (Fig. 22B)。これに対して，移植片給与体 No. y_5 の場合，右側外套膜小片を移植して生成した真珠の成長は左側外套膜小片のそれよりも著しく大きく，両者の間でグループ化する傾向を示し，成長の分散は主に右側外套膜小片を移植して生成した真珠の成長にみられる変異によっている (Fig. 22C)。なお，本実験では14個体の移植片給与体のう

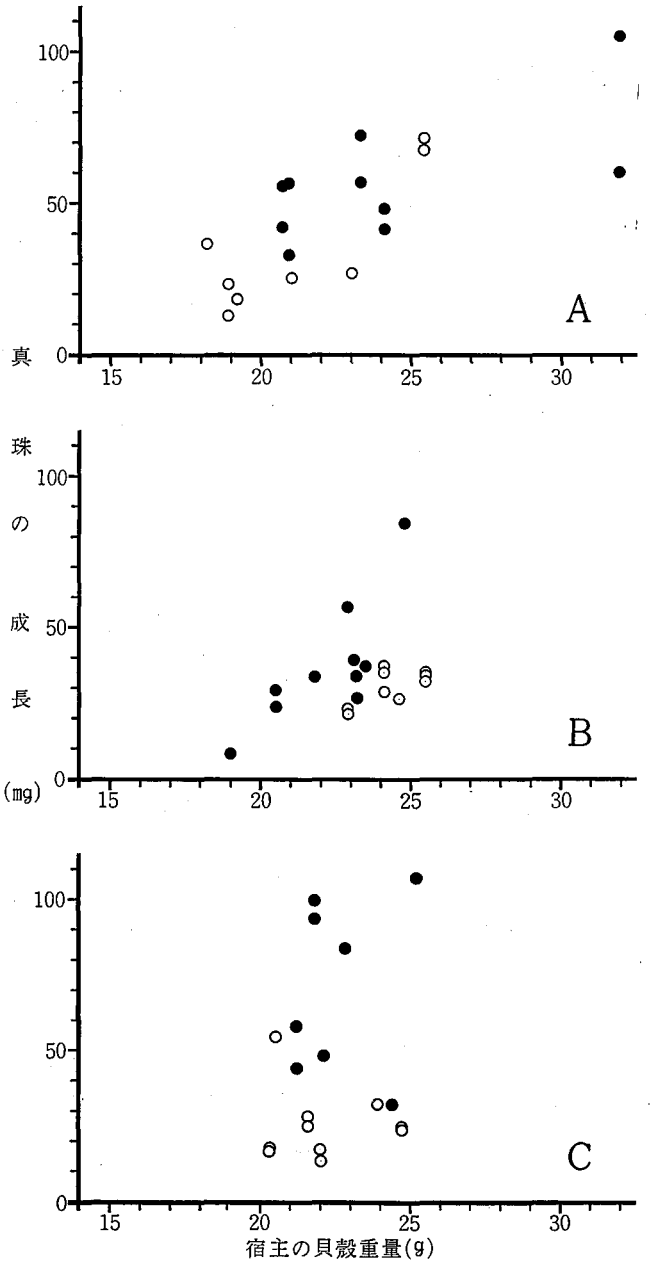


Fig. 22　同一移植片給与体の左側外套膜および右側外套膜を移植して生成する真珠の成長の比較。○，左側外套膜；●，右側外套膜。
A：移植片給与体 No. y_{14}
B：移植片給与体 No. y_2
C：移植片給与体 No. y_5

ち，左側および右側外套膜の間で真珠の成長に大差なかった移植片給与体は比例型の８個体，独立型の３個体および分散型の１個体，右側外套膜に由来する真珠の成長が左側外套膜小片のそれよりも大きかったか分散の原因となった移植片給与体は独立型と分散型の各１個体，また左側外套膜に由来する真珠の成長が右側外套膜のそれよりも大きかった移植片給与体はなかった。これらの結果から，左側あるいは右側外套膜のいずれかの真珠層形成力が他方より一貫して大きいものではない。なお真珠の成長に関する実験にあたって左側および右側外套膜の両方を使用することは好ましくなく，いずれかの側の外套膜の真珠層形成力を比較することが望ましい。

5.　移植部位と真珠の成長

真珠の成長が外套膜小片を移植した場所によって異なるならば（小林・渡部，1959；西飯ら，1961），一つの移植片給与体の同一側の外套膜より作った移植片を移植しても真珠の成長は異なってくると考えられる。もし移植部位の差が移植片の真珠層形成力に影響するならば，少なくとも次の原因が想像できる。(1)移植部位による移植手術の難易が移植片の真珠袋への再生過程に影響する場合と　(2)移植部位の差が真珠袋への栄養物質および真珠物質として必要な素材の供給に影響する場合である。こうした問題の本質的な解析は組織学ないしは細胞学の基礎的知見の積み上げに期待するとして，実験生物学的に得たデータを生鉱物学や組織学的な理論的背景で考察してみる。

1)　材料および実験

移植手術は経験年数３年のA女と経験年数６年のB女とによっておこなわれた。移植手術は常法にしたがって３年生アコヤガイのフクロおよびウカシのそれぞれの部位に真珠核（重量139 mg）と移植片とを挿入する２個入れをおこなった。移植手術は1968年７月18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。

また VI-1 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，フクロとウカシの両移植部位から同時に採集でき，しかも重量に影響するほど沢山の介在異質物を含む珠や突起珠を除いた真珠層真珠について検討した。

2)　実験結果

両技術者の手術成績を Fig. 23 に比較して示した。A女の脱核率はB女に比べて高く，特にウカシでは50%にも達するが，B女はフクロで６%，ウカシでも15.5%とかなり低い。シラ珠* の出現率もA女で12.5～22.5%と高く，B女で０～15.3%と低い。これに対して，目立った介在異質物や突起物をもっ真珠の生成率はB女がA女よりかなり多く，移植技術の差はこれらのいくつかの要素で明らかに現われる。ところで，移植技術の差は真珠の成長にどのように影響するかを Fig. 23 で示した傷の少ない真珠層真珠について Fig. 24 に比較して示した。図からわかるように，真珠の成長の頻度分布はA女の手術によるものがB女の手術によるものに比べ小さい方に片寄っており，前者の平均成長量は19.0 mg，分

* 挿核時の真珠核のままあるいは腐蝕された状態で移植部より採集されるもの。

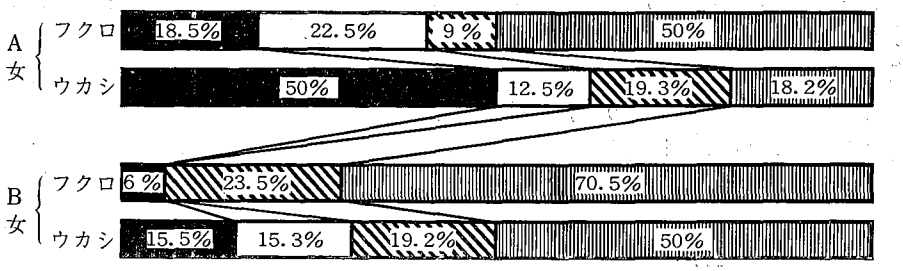


Fig. 23　挿核技術者別にみた移植部位別の浜上げ成績。■, 脱核；□, シラ珠；▨, 傷珠；▥, 傷の少ない真珠層真珠。

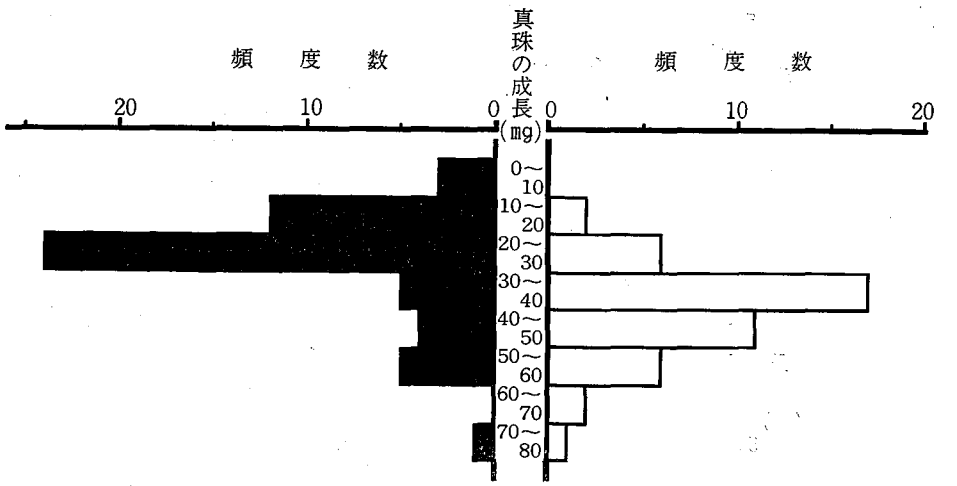


Fig. 24　挿核技術者別にみた真珠の成長の比較。□, 技術者A女；■, 技術者B女。

散は 51.81，後者の平均成長量は 43.7 mg，分散は 1075.51で，両者の平均成長量の差をF-検定法によって検定すると危険率5％で有意差が認められる。また，その頻度分布はA女のものでは正規分布を示さないのに対して，B女のものでは対称的な正規分布を示す(Fig. 27 も参照せよ)。

技術者の熟練度と得手，不得手と関連して移植部位の差は脱核，シラ珠，傷珠などの出現率に現われる。すなわち，いずれの出現率も両技術者ともフクロよりもウカシでかなり高い(Fig. 23)。一方，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についてその成長を比較してみると，フクロから採集した真珠の成長がウカシから採集した真珠の成長よりも大きいものの出現数とその逆のものの出現数との比は38対35である（Fig. 17 の○印)。いま移植部位によって真珠の成長は影響されない，すなわちいずれの移植部位から採集される真珠も他方より大きく成長する率は½であると仮定した場合，この仮定と今回の結果とに喰い違いが生ずるかを出現率の検定法（中山，1951）に従って比較すると5％の危険率で喰い違いを生じていないことがわかる。ところで，フクロから採集した真珠

の平均成長量は48.7 mg，分散は550.3，ウカシから採集した真珠の平均成長量は46.2mg，分散は503.0で，両者の平均成長量の差をF-検定法によって検定すると5％の危険率で有意差は認められない。

以上のことからわかるように，移植部位そのものが生理的に移植片の真珠層形成力に影響するというよりは，技術者の熟練度や得手，不得手が移植片の再生条件に差をもたらし，

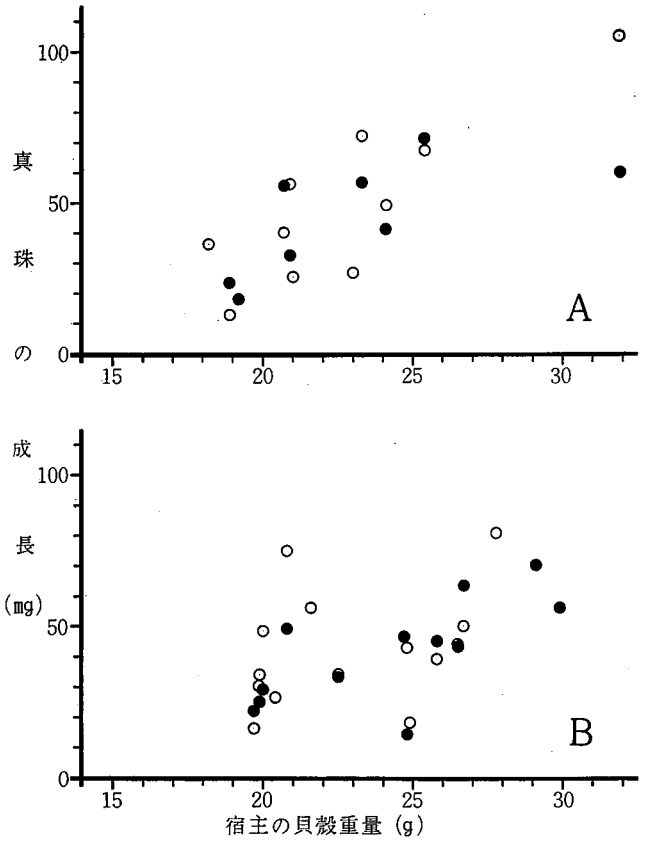


Fig. 25　移植部位と真珠の成長。○，フクロより採集した真珠；●，ウカシより採集した真珠。
A：移植片給与体 No. y_{14}　　B：移植片給与体 No. y_6

真珠の成長にも影響することが考えられる。したがって，移植部位別にみた真珠の成長に関する実験は挿核技術者の熟練度や得手，不得手を調べる実験と区別できなくなり，また現にこれらの目的でおこなわれた実験結果にはかなりきまぐれな要素がみられる。例えば，移植片給与体 No. y_{14} の実験群では 31.9 g の貝殻重量の宿主のフクロより採集した真珠の成長がウカシのそれよりも著しく大きいために (Fig. 25A)，また移植片給与体 No. y_6 の実験群では20.0 g，20.8 g および24.8 g の貝殻重量の各々の宿主のフクロより採集した

真珠の成長がウカシのそれよりもかなり大きいために (Fig. 25B)，あたかも移植部位が真珠の成長に影響しているようにみえるが，フクロより採集した真珠の成長がウカシのそれより常に一貫して大きいとは限らない (Figs. 17, 25)。Fig. 25 のように移植部位が真珠の成長に影響したかのようにみえるものはむしろ少なく，技術者の熟練度や得手，不得手が真珠の成長に大きな分散をもたらす原因となると考えられる。

6.　衰弱貝を移植片給与体とした場合の真珠の成長

生活活動が低下した貝を移植片給与体として使用した場合，形成される真珠の色，成長量および傷珠の生成率はいずれも健康貝を移植片給与体として使用して得られた真珠と比較して差はないと報告されているが（蓮尾，1961），移植手術の困難さから生成する真珠の品質は悪くなる可能性が予想されている（宮内，1966）。もし生活活動が低下した貝を移植片給与体として使用した場合に生成する真珠の品質が変化すると仮定すると，次のような原因が予想される。すなわち，(1)健康貝の外套膜の性状に比べて衰弱貝の外套膜の性状は異なっており，そのために生ずる移植手術の不馴によるため，(2)移植片と母床組織との着床率が悪くなるため，および(3)移植片が真珠袋を形成するのに要する時間の遅延および真珠袋に再生した上皮細胞が本来の Ca 代謝活動を営むようになるまでに要する時間の遅延によるためとであろう。

1)　材料および実験

1968年7月18日に移植手術をおこない，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2m層に垂下し，同年12月10日全実験群から真珠を採集した。移植手術は VI-5 で述べた2名の技術者によっておこなわれた。A女は衰弱貝 No. Aの外套膜より作った移植片と健康貝 No. Bの外套膜より作った移植片とを組み合せて，B女は衰弱貝 No. Cの外套膜より作った移植片と健康貝 No. Dの外套膜より作った移植片とを組み合せてそれぞれ3年生アコヤガイのフクロとウカシへ2個入れをおこなった。なお，使用した真珠核は全て 139 mg であった。

移植片給与体に使用した貝は次のような性状を呈していた。健康貝 No. BとDとはともに3年生で新しい鱗片状突起が成長した貝殻をもち，貝殻真珠層表面には新しい結晶が盛んに成長していた (Fig. 26A)。一方，衰弱貝No. Aは新しい鱗片状突起は全くない貝殻をもち，外套膜は非常に薄くなり，貝殻真珠層表面は溶解していた (Fig. 26B)。これに対して，衰弱貝 No. Cは外観的には新しい鱗片状突起はみられないが貝殻内面に発達し始めており貝殻真珠層表面には新しい結晶が成長し始めている部分もあった (Fig. 26C)。これら衰弱貝の年令は4～5年生と推定された。

2)　実験結果

衰弱貝の外套膜より作った移植片を移植した結果を健康貝の外套膜より作った移植片を移植した結果と比較して Fig. 27 に示す。脱核数は移植片給与体の健康状態の悪化に比例して見掛け上増加する傾向を示すが，Fig. 23 で示した両技術者の移植技術の差を考慮すると移植片給与体の健康状態とは必ずしも相関しているとは言えない。一方，シラ珠数は両技術者の移植技術の差を考慮しても，極端に衰弱したNo. A貝を移植片給与体とした実

験群では53%と著しく多い。

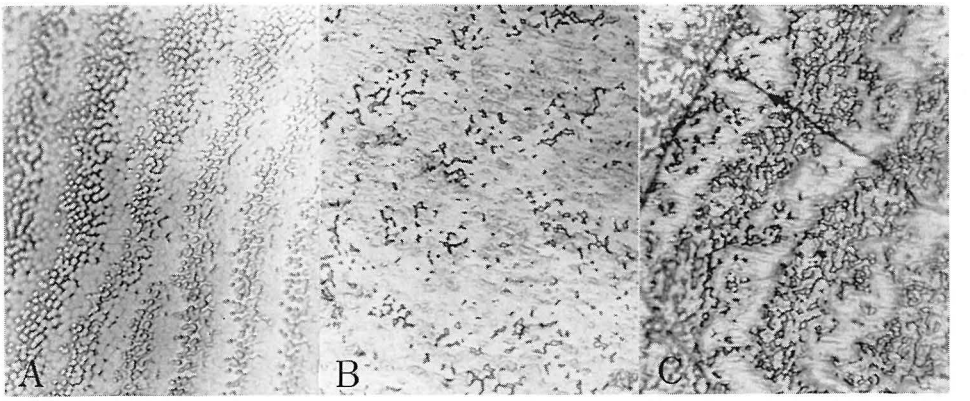


Fig. 26　移植片給与体として使用した貝の貝殻真珠層表面。×340
A：健康貝 No. B　　B：衰弱貝 No. A　　C：衰弱貝 No. C

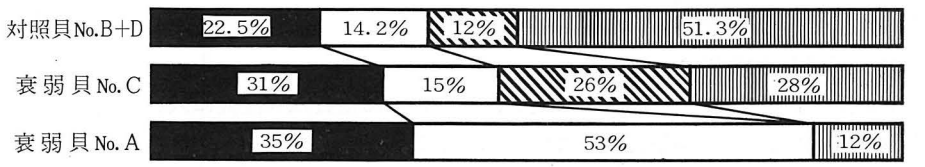


Fig. 27　衰弱貝を移植片給与体として使用した場合の浜上げ成績。■，脱核；□，シラ珠；▨，傷珠；▥，傷の少ない真珠層真珠。

傷の少ない真珠層真珠の成長を，衰弱貝No. Aはこれと組み合せて移植した健康貝No. Bと，衰弱貝No. Cはこれと組み合せて移植した健康貝No. Dとそれぞれ比較してFig. 28に示した。A女の手術による真珠の成長は極端に衰弱したNo. A貝に由来する真珠が少ないため健康貝No. Bに由来するものと比較が困難であり，健康貝No. Bに由来する真珠の成長の頻度分布はVI-5で指摘したようにA女の移植技術が反映して正規分布を示さない。一方，B女の手術による真珠の成長の頻度分布は衰弱貝No. Cと健康貝No. Dに由来する真珠ともにB女の移植技術が反映して正規分布を示し，また衰弱貝No. Cに由来するものの頻度分布は対照とする健康貝No. Dに比べて小さい方に寄る傾向を示す。しかし，その平均成長量は31.2 mgで，健康貝No. BやVI-5に示した健康貝の外套縁膜に由来する真珠の平均成長量と比較すると，必ずしも衰弱貝の外套膜を移植したために小さかったとは断言できない (Figs. 20と24)。しかも，衰弱貝の外套膜を移植して得られた真珠のあるものは健康貝の外套膜を移植して得られた真珠の平均成長量よりもかなり大きい。

7.　真珠および貝殻の成長の季節的変化

VI-1～6までに，移植片給与体の性質に由来する真珠袋の真珠層形成力の差および移植

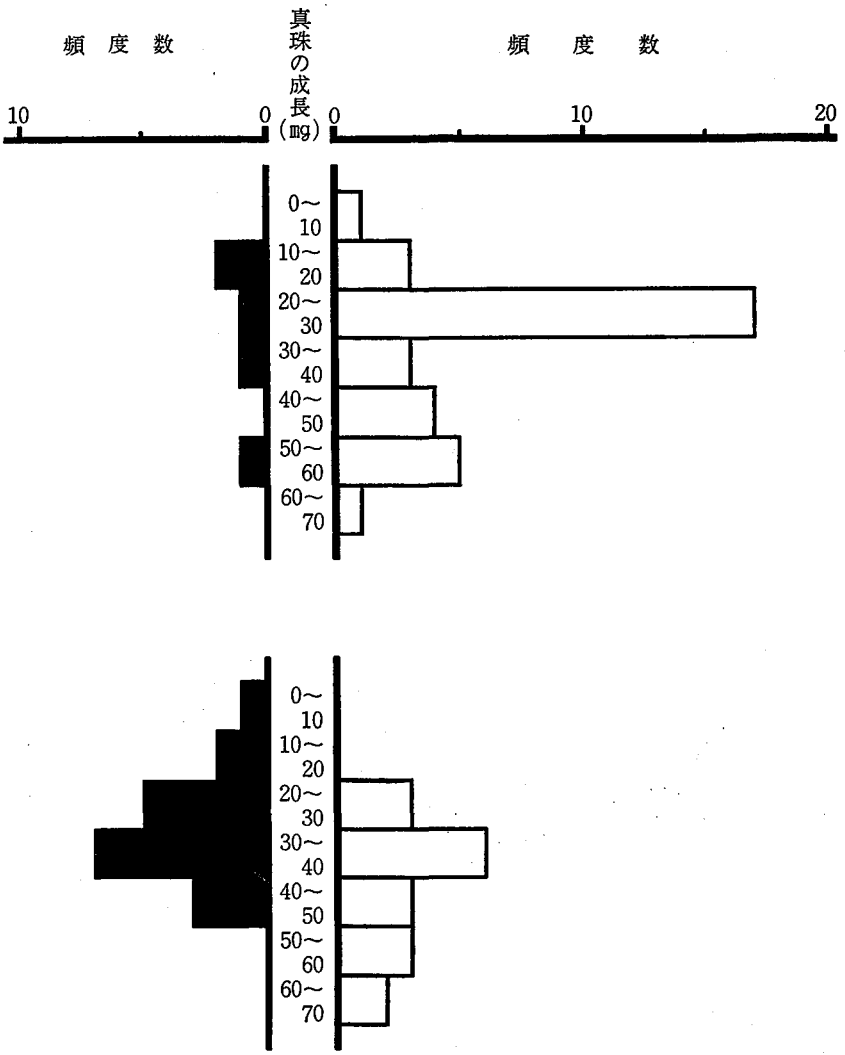


Fig. 28　衰弱貝の外套膜を移植してできた真珠の成長。上は技術者A女の手術によるもので，■ は衰弱貝 No.Aの外套膜，□ はこれと組み合せて移植した健康貝No.Bの外套膜よりそれぞれ生成した真珠。下は技術者B女の手術によるもので，■は衰弱貝No.Cの外套膜，□はこれと組み合せて移植した健康貝 No.Dの外套膜よりそれぞれ生成した真珠。

手術にともなって生じた新しい有機的環境の中でおこる移植片の真珠層形成の変化について主に調べてきた。その結果，移植片が再生してできた真珠袋の真珠層形成力は移植片給与体のもつ特質を引きつづき維持すると同時に，新しい有機的環境の中で物質代謝を通じて宿主個体の生活力や生理状態の影響を強く受けて変化することが示唆された。

ところで，変温動物である軟体動物にとって，代謝量や生理状態は主に生息環境の温度の季節的変化にともなって一年を周期として大きく変化し，また真珠や貝殻の成長は環境の温度変化に強く制約されて生物の個体成長曲線にみられるS字型曲線を毎年描くことが知られている。しかし，貝の生活を通して真珠形成の具体的なにない手である真珠袋の真珠層形成力がどのように変化するかという問題を解析するには多くの困難がある。筆者はこうした観点から真珠の成長を解析するために，真珠の成長と貝殻の成長とを比較し，また真珠の成長に常にみられる大きな分散について検討したのでここに報告する。

1)　材料および実験

この研究に使用した材料は，1964年6月30日と7月1日の2日間に移植手術をおこない，2カ月のちの9月から1966年1月まで毎月1回50～100個体の手術貝を殺して採集した真珠であった。すなわち，3年生アコヤガイの生殖腺のフクロの位置に重量159 mg（直径約4.73 mm）の真珠核と外套膜小片とを1個あて挿入し，手術のすんだ貝は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。なお，実験は移植片給与体別に分類してない。

一方，真珠と貝殻との成長を比較するため，10個体の3年生アコヤガイの全水中重量を上述の実験期間中連続して毎月真珠の採集日にあわせて測定し，それらの全水中重量の平

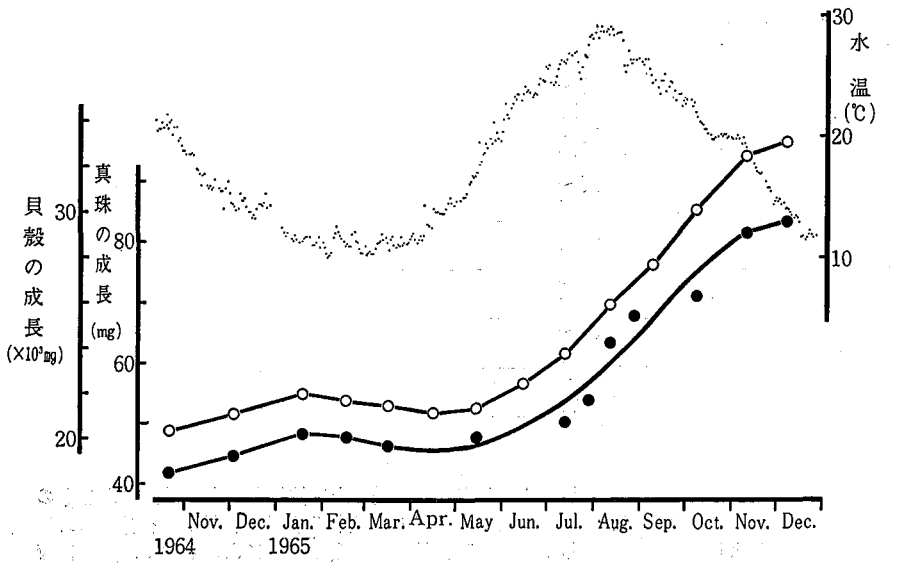


Fig. 29　真珠および貝殻の成長にみられる季節的変化の比較。

均値を空中重量に換算した。なお，水温は多徳島臨海実験場前の実験漁場で毎日11時30分から12時の間に測定された2m層のものである。

2)　実験結果

真珠と貝殻の累積増重量を比較すると（Fig. 29），真珠と貝殻の成長はともに一年を周期とするS_2字型曲線を描きながら変化する。真珠や貝殻の重量は水温が13℃以下になる

12月下旬からしばらくすると減少し，そののち4月中旬の測定日まで減少を続け，水温が13°C 以上に上昇した4月下旬から再び増加し始める。真珠の成長は冬眠覚醒後の5月以

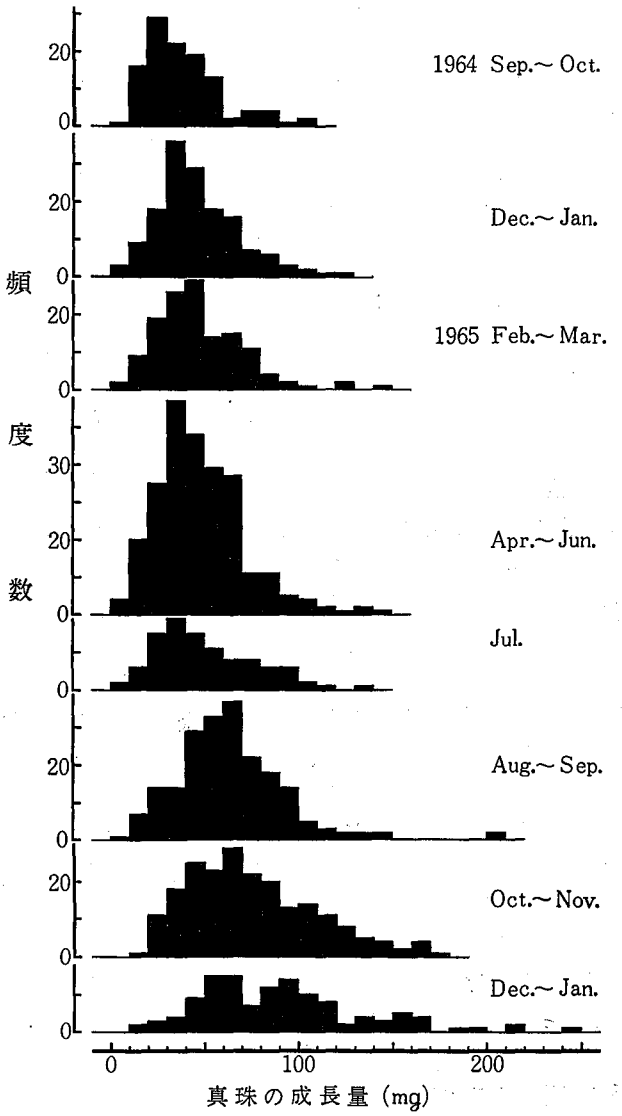


Fig. 30　真珠の成長の分散状態の時間的経過。

降12月にいたる成長時期に貝殻の成長に比べて乱れるが，この原因は貝殻の成長が同じ個体を連続して測定したのに対し，真珠の成長は測定日ごとに採集した真珠の平均重量であるために生じた変動であって，真珠の成長と貝殻の成長との間に本質的な差があるために生じた差異とは考えられない(Fig. 29)。このように真珠袋や外套膜の Ca 代謝活動はとも

に生息環境の季節的な水温変化に対して同じような傾向で大きく変化するが，Ca 代謝量が上昇する5月から8月にかけての真珠や貝殻の成長は Ca 代謝量が下降する10月から12月にかけてのそれらの成長に比べて，同水温では通常小さい(Fig. 37 を参照)。

Fig. 30 は真珠の成長の頻度分布の移り変りを示したものである。真珠の成長の頻度分布は冬眠までの実験初年度には比較的狭く，冬眠から冬眠覚醒時に相当する1月から5月まではそのままの状態であるが，第2年目の成長時，特に秋以降著しく頻度分布が拡がる。

8.　貝殻の成長の年による変動

真珠や貝殻の成長はともに生息環境の季節的な水温変化に対して同じような傾向で変化する。渡部（1950）は真珠の成長と水温との関係について　$S=\Sigma(T-13)K$　なる式を導いており（S：成長量，T：水温，K：比例常数），真珠や貝殻の成長は年によって，また漁場によって変化する可能性を示唆した。しかし，年による水温変化が真珠や貝殻の成長に具体的にどのように影響するかについてはほとんど解析されていない。そこで筆者は貝殻の成長におよぼす水温の影響をより具体的な形でとりだす試みをしたのでここに報告する。

1)　材料および実験

VI-7 で述べた3年生アコヤガイの全水中重量の季節的変化と比較するため，10個体の3年生アコヤガイを選別し，各個体の全水中重量を1967年9月から1968年11月まで毎月1回連続して測定し，その平均値の季節的変化を求めた。なお，実験貝は平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。

2)　実験結果

1964年実験群と1967年実験群の成長はともに同じような季節的変化曲線を描くが，詳細な点でかなり異なっている(Fig. 31)。例えば，1964年実験群の成長は1965年1月に停止し，全水中重量は4月まで減少を続け，この3カ月間に約0.5 g 減少する。これに対して1967年実験群の成長は1968年1月にはほとんど停止しているが，全水中重量は2月上旬以降に減り始め，4月までの2カ月間に約0.4 g 減少する。この成長停止期間および減量は水温が13°C 以下であった期間に比例しており，1968年2月下旬に一時的に現われた8 °C の低水温によって見掛け上影響されていない。また，貝殻の成長は4月から5月の水温の上昇状態の影響を受けているが，その後みられた水温の季節的変化の中でおこる水温の不規則な変動によっては目立った影響を受けているとは言えない。

9.　貝殻の成長の個体による差異

真珠や貝殻の成長は生息環境の水温変化によって強く支配されているが，同じ水温でも冬眠覚醒から8月までの時期に比べ10月から冬眠までの時期に大きい傾向がみられた。すなわち，貝は同じ水温に対して異なった反応をする。もちろん，このような差異をもたらす原因として水温以外の要素，例えば比重，餌料量，産卵，病害などが考えられる（渡部，1950；阪口，1968；宮内，1970)。

ところが，VI-7 や8でおこなった統計的な観察では真珠や貝殻の成長の特徴をアコヤ

ガイとして把握できても，この特徴から貝の生理を解析することは困難である。ところで，貝の生活力や生理状態が異なったり，また個体ごとに特質があるならば，貝の代謝量や反応は同じ環境に対して個体によって異なることが想像できる。したがって貝の特質，生活力や生理状態と Ca 代謝との関係を明らかにするには，貝殻の成長が類似の環境のもとで個体間でどのように変わるかを調べる必要がある。

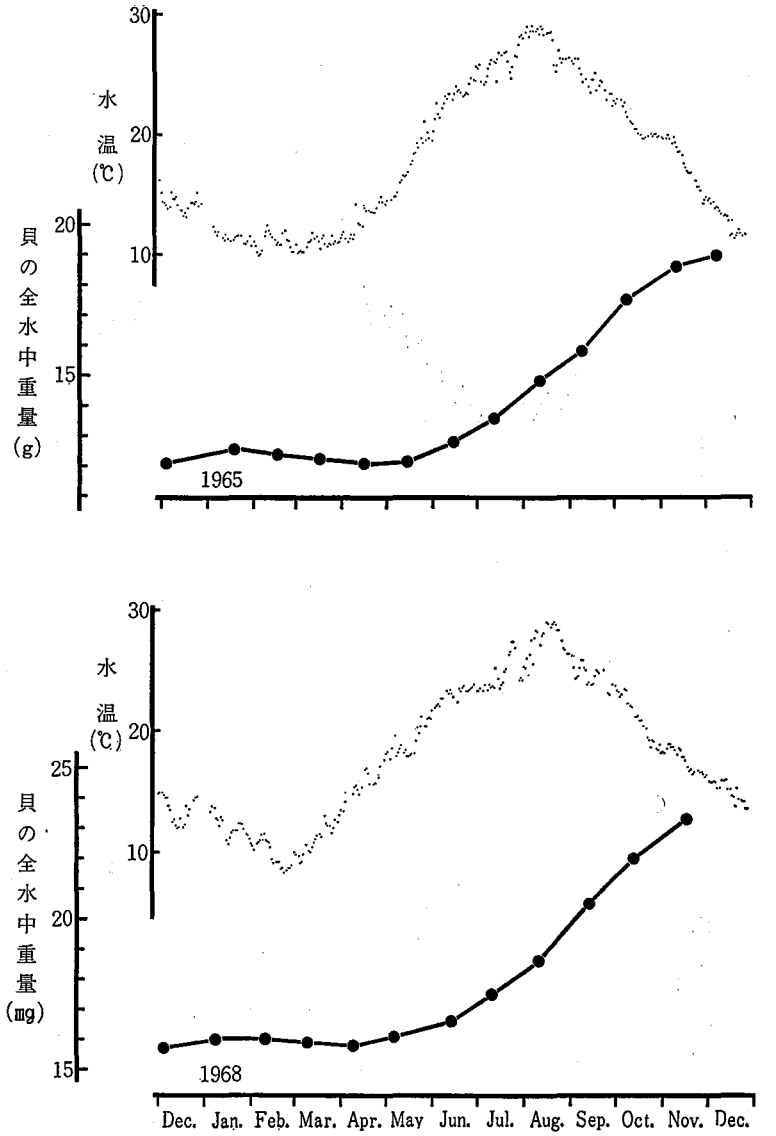


Fig. 31　貝殻成長の季節的変化にみられる年度による差。

1)　材料および実験

この研究に使用した材料はVI-8で述べた実験の10個体の3年生アコヤガイである。これら10個体の実験開始後4カ月目の全水中重量は約12.5 g のものが2個体，約15.5 g のものが5個体および約17.5 g のものが3個体であった。

2)　実験結果

実験開始後4カ月目の全水中重量が約15.5 g の3個体と約17.5 g の3個体の成長の季節的変化を例として Fig. 32 に示す。実験をおこなった1968年の2m層の水温は1月上旬に13°C を割り，2月中旬から3月上旬にかけて20日間にわたって 10°C を割り，4月上旬に13°C に上昇した。冬期の水温に対する各個体の反応をみると，15.5 g 群の1個体と17.5 g 群の2個体の全水中重量は水温が13°C を割る頃より減少し始め，最大のもので0.5 g 減

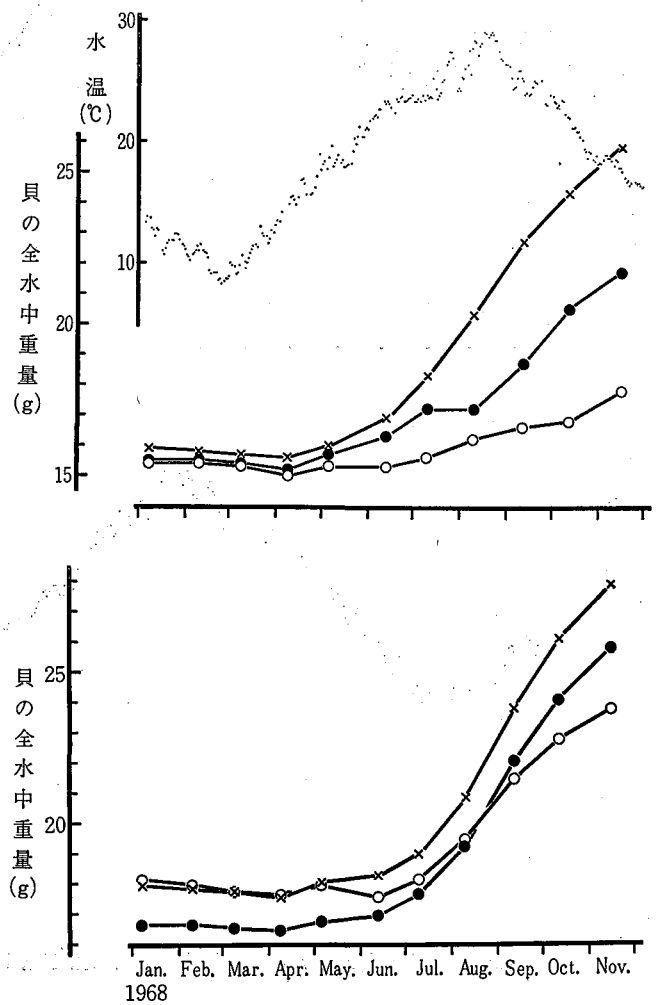


Fig. 32　貝殻成長の季節的変化にみられる個体差。

少した。一方，15.5 g 群の２個体と17.5 g 群の１個体の成長は水温が 13°C を割る頃から停止し，それらの全水中重量は10°C を割る頃から減少し始め，最大のもので0.4 g 減少した。全水中重量は実験に使った全個体ともに水温が 13°C 以上になって１カ月もすると増加し始めるが，水温が急速に上昇しつづける５月から６月にかけて成長状態は個体間で著しく異なり，或る個体では増重率が更に大きくなるが，他の個体では小さくなり，個体によっては成長が停止したり，重量が減少するものさえある。このような成長状態の差は年間の成長に反映し，例えばこの時期に成長が停止したり，重量が減少する個体は成長が一般に劣る傾向を示し，成長率が次第に増加する個体は成長が良く，その年の成長に大きな差を生ずる。なお，13.5 g 群の２個体のうち１個体は実験開始後５カ月目に死に，もう１個体は実験終了時までの１年間に6.1 g 増重し，15.5 g 群の年間最大増重量は9.9 g，平均増重量は6.2 g，17.5 g 群の年間最大増重量は15.6 g，平均増重量は10.9 g で前２群に比べて著しく大きかった。このように Ca 代謝量が同じ時期でも個体によって異なることはテトラサイクリンを使って時刻描記した中原 (1961b) の実験によってすでに貝殻と真珠について明らかにされている。

10. 小括

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が再生してできた真珠袋上皮細胞の Ca 代謝量は，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特質，生活力および生理状態の影響を量的および質的に強く受けると同時に，移植片給与体の外套膜外面上皮細胞の本来の Ca 代謝能力によって規制されている可能性が認められた。すなわち，ある環境条件のもとで貝は種に特有な Ca 代謝能力をもっているが，各個体についてみると外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力は個体間でわずかではあるが差を生じている。したがって，真珠袋上皮細胞の Ca 代謝の最大能力は移植片給与体の外套膜上皮細胞の Ca 代謝能力によって先ず規制されており，真珠袋上皮細胞の Ca 代謝能力が最大に発揮されるかどうかは宿主のもつ特質，生活力および生理状態にかかっていると言える。

ところで，一つの移植片給与体の外套縁膜より切りとった移植片を同一の宿主の異なる部位に移植して形成された真珠袋の間でさえ，それぞれの Ca 代謝量は常にいくらかの相違があり，或る場合には２～３倍の差を生ずる。また個々の真珠袋の Ca 代謝量は移植片を左側あるいは右側外套膜のいずれから取るか，移植片を移植する部位，あるいは挿核技術者の技術などとは一貫した関係が認められなかったが，真珠袋の Ca 代謝量の頻度分布は技術者によって特徴が現われる。さらに，Ca 代謝量は一つの真珠袋でさえも部分によってしばしば著しく異なる (VIII-２を参照せよ)。これらの事実は，真珠袋の Ca 代謝量は移植片給与体および宿主のもっ特質，生活力や生理状態などとは別の移植手術に関連した要素によってもかなり変わる可能性を意味している。すなわち，移植片は移植されると，移植片に含まれる組織や細胞の種類と量によって，また移植片が宿主組織と癒合しやすい状態に手術されたかどうかによって再生した真珠袋の構造に差を生ずる可能性がある。もし真珠袋の構造，例えば VI-１で観察された真珠袋上皮細胞の基底側形質膜にみられた陥

入構造や基底細胞の厚さなどが真珠形成に必要な素材の摂取や通過と密接に関係するならば，移植手術にともなう再生に関する問題が真珠袋の Ca 代謝量を制約する一つの原因となる。さらに移植手術に関連して外套膜は部分によって Ca 代謝に直接関与する細胞の Ca 代謝能力あるいはその細胞の数が異なるために，外套膜の異なる部分から取った移植片から再生した真珠袋の間で Ca 代謝量が異なることが考えられた。しかし，移植片給与体と宿主との間の免疫学的な適合あるいは不適合はあるとしてもこのような研究方法では証明できないほど極めて弱いと言える。

真珠形成に必要な $CaCO_3$ の調整を具体的におこなう場所は真珠袋上皮細胞自体であるが，真珠袋上皮細胞は Ca 代謝に必要な素材を宿主の代謝系に全て依存している。したがって，特質，生活力および生理状態の異なる宿主の物質代謝量や反応は同じ外的条件に対してでさえ異なっており，真珠袋の Ca 代謝量は宿主の特質，生活力および生理状態によって強く制約される結果となる。また Ca 代謝量が低下した貝の外套膜から作った移植片でさえ，健康貝の生殖腺中に移植すると，移植片をとった貝が健康であった時にその外套膜がもっていた Ca 代謝能力まで，再生してできた真珠袋の Ca 代謝能力は回復する可能性があることが本研究から示唆された。

一方，真珠袋上皮細胞および外套膜上皮細胞の Ca 代謝量はともに生息環境の水温の影響を受けて類似した傾向で季節的に変化し，真珠や貝殻は生物の成長にみられるS字型曲線を一年周期で描きながら成長する。このような年周期の中で，Ca 代謝量におよぼす水温の効果は，水温の季節的変化にともなう貝の生理状態の季節的変化の影響も加わって，時期によって多少異なってくる。これらのことは真珠袋上皮細胞の Ca 代謝量は貝の生息環境条件の影響を敏感に受けて大きく変化することを意味している。

VII　Ca 代謝と結晶成長

真珠袋上皮細胞は宿主より真珠形成に必要な素材の供給を受け，真珠の前駆物質を合成，濃縮，そして袋の内側に放出する。この分泌液は外套膜外面上皮細胞より分泌された貝殻の前駆物質を含む extrapallial fluid と同じように，カルシウム，マグネシウム，炭酸基，硫酸基などの無機成分のほか蛋白や多糖体を含むと考えられ (Wada, 1967；和田・古橋, 1971)，真珠はこの溶液から有機質シートと結晶とが交互にくりかえして生成する過程を通して成長する。

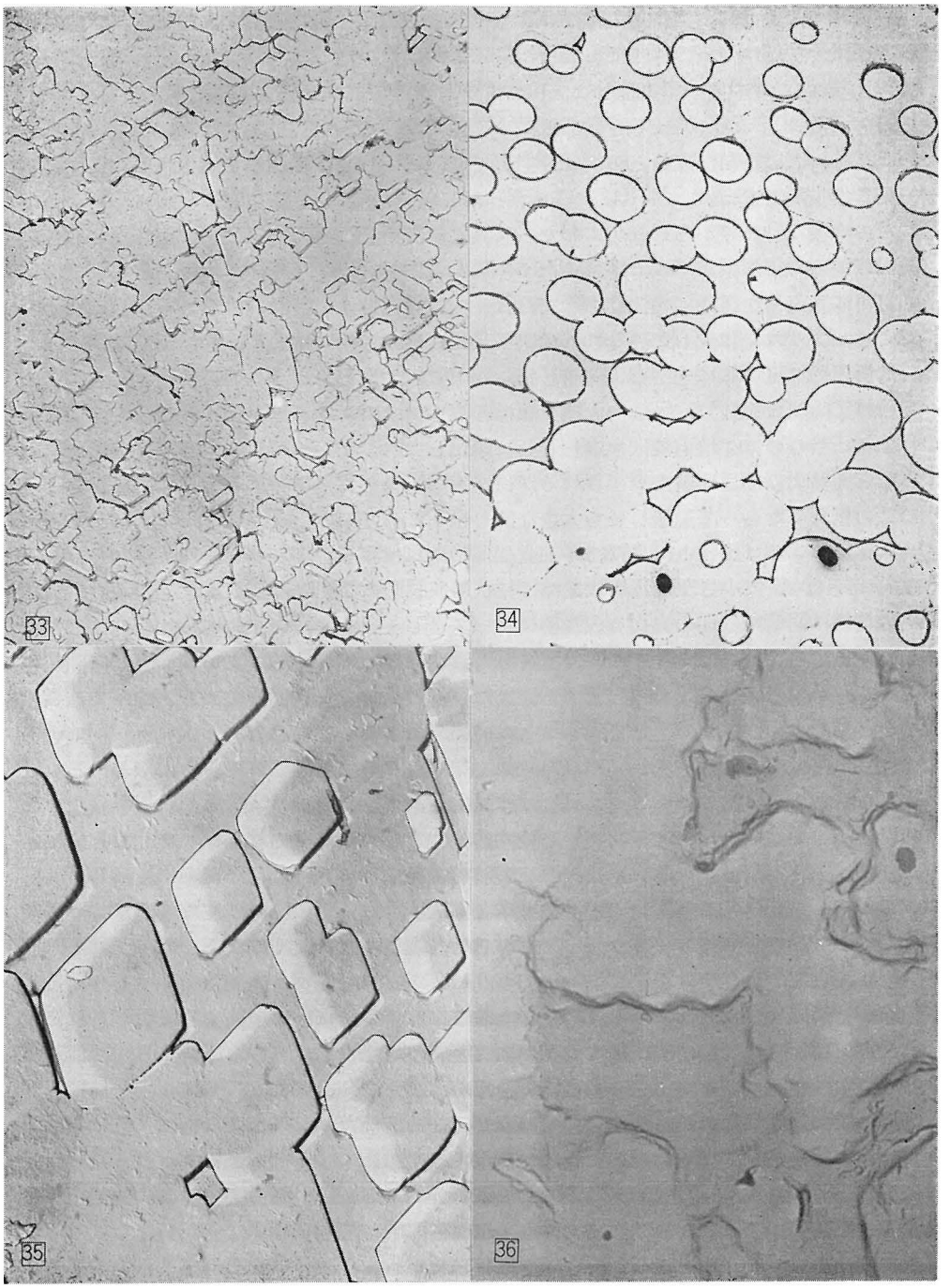
すでに VI で指摘したように，真珠や貝殻の成長は生息環境水温の季節的変化に制約され，同じ水温でも生理状態が異なると変化する。こうした成長の変化は単に Ca 代謝量の変化を意味するだけであろうか。筆者は Ca 代謝の変化と真珠や貝殻の鉱物成分の性状との関係を生鉱物学的見地から考察し，内的あるいは外的条件が Ca 代謝にどのような変化をもたらし，どのような条件のもとでどんな構造の真珠が生成するかを検討したのでここに報告する。

1.　結晶の形・大きさの季節による変化

Vで述べたように，真珠層のアラゴナイト結晶は板状晶癖をとるが，その形，大きさ，および集合状態は一っの標本でも場所によってかなり異なっており（和田，1957，1961b，1962），貝殻真珠層の一定の部分を比較研究すると季節的に変化することがわかる（Wada，1961b，1970a）。したがって，結晶成長の季節的変化を統計的に調べると，環境，真珠層の成長量，および結晶成長との関係を把握でき，Ca代謝の状態や形成される真珠層の組織構造を推測できる。

この実験は1965年から1968年にわたって真珠研究所多徳島臨海実験場でおこなわれた。結晶成長の電子顕微鏡による観察のために使われた材料は3年生アコヤガイの貝殻で，毎月初旬に5個体を採集，軟体部を除去，貝殻内面を蒸留水で清浄，乾燥後その真珠層中央部よりレプリカを作成した。これらの実験貝は真珠養殖用の平籠に入れ，実験場前の筏から海面下約2mの層に垂下して飼育した。なお貝殻の成長量はVI-8に使用したもので，実験終了時に貝を殺し，貝殻内面積を紙に転写，プラニメーターを使用して測定，1日当り1cm^2当りのmg増重量（水中）として算出した。したがって，成長量は実験開始に近いほど実際より小さい値で算出されるが，全水中重量の月間増重量との比較でわかるようにこの概算値をもって論議しても大きな誤りはおこらない。

真珠層のアラゴナイト結晶は，冬眠覚醒直後の貝殻重量が増加し始める4月から5月，水温 14～20°C で小さな六角板状または粒状に成長する傾向がみられる（Fig. 33）。六角板状の結晶は同じ指数面の異なる成長率によって著しく外形を変え，時には比較的大きな結晶に成長する。結晶は冬眠中に腐蝕溶解した真珠層表面に散在し，互いに接合して畝状になり，やがて階段状の集合に発達する。また粒状結晶が一部に不規則にむらがって成長するなど，その形，大きさ，集合状態などは貝殻成長率にみられた著しい個体差（Fig. 33）を反映して標本ごとにかなりの差もあり，真珠層の発達状態の個体差をうかがわせる。6月から9月の貝殻成長量が増加をつづける産卵期，水温 20～29°C で結晶は円板状ないし凸状の側面および丸味をおびた角をもつ六角板状を示す。6月の結晶はレプリカ作成にあたって特定な方向，多分劈解面，に沿って結晶縁がこわれ易く，そのために変形し，8月下旬から9月初旬頃に八角板状のものが時として現われ（Fig. 34），主な産卵が終り貝殻成長量が最高から減少へと移り変る9月から10月頃より大きな（001）面をもった結晶が成長する。（001）面は階段状に成長している。11月から12月の貝殻成長量が減少をつづけ軟体部が肥満してくる時期，水温 19～14°C で結晶は卓越した（110）面で特徴ずけられた大きな六角板状に成長し，その総ての結晶面は非常に平坦である（Fig. 35）。貝殻の成長が極くわずかあるかほとんど停止する12月下旬から2月初旬，水温 14～11°C で結晶は再び小さな六角板状になり，真珠層表面に散在して沈着するため真珠層の階段状構造は不明瞭となる。これらの小さい結晶は下に横たわる大きな結晶の稜や隅に主に沈着し，互いに融合しているが，2月になると大部分の結晶は部分的に溶解し，蝕孔を生ずる。貝殻が減量する2月から3月，水温 8～11°C で結晶は遂に溶解して本来の形を失ない，しばしば消失する（Fig. 36）。春になると再び真珠層の成長が始まり，結晶成長は上述のような傾向で一年を周期として変化するが，年によって冬眠時期の前後で1カ月ほどの時間的なずれを生ずる。以上の結果を模式的に図解するとFig. 37のようになる。


33
34
35
36

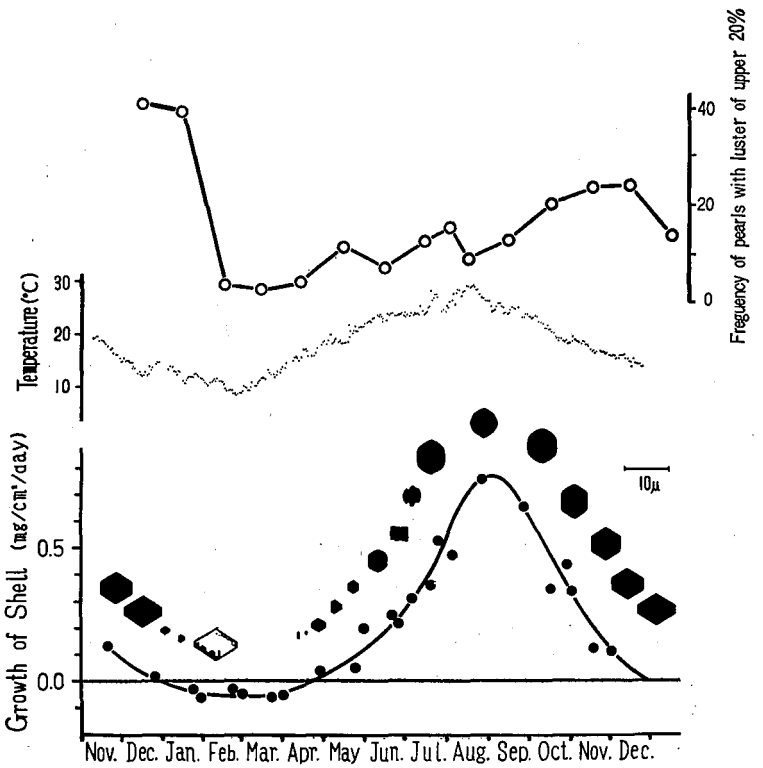


Fig. 37　貝殻の成長，アラゴナイト結晶の形と大きさ，20%以上の光沢量を有する真珠の出現率，および水温の季節的変化。20%以上の光沢量を有する真珠の出現率を表わすカーブの第1の大きなピークは移植手術をおこなった第1年目の冬に相当し，第2の小さいピークは第2年目の冬に相当する。

2.　結晶成長におよぼす生理的影響

Ca 代謝量が増加する5月から8月の結晶の形，大きさ，および集合模様は，Ca 代謝量が減少する10月から12月の結晶のそれらとは，同じ水温ないし同じ貝殻成長量を示す時点を比べてもかなり異なる。このような差は両時期における貝の生理状態の差にともなって Ca 代謝になんらかの差異を生じ，分泌液の性状が変化するためにおこると考えられる(和田，1969a，1970a，1971b)。また類似した環境下に飼育された貝でも生理状態に差があると真珠層の結晶成長は全く異なっている（和田，1959)。したがって，結晶成長と生理状態との関係を把握することにより，Ca 代謝の状態を推測し，また逆に結晶成長から貝の生理状態を推測可能である。こうした目的のために，VI-6 で述べた生活活動の異なる貝

Fig. 33　冬眠覚醒直後の真珠層表面に成長しているアラゴナイト結晶。×4,400
Fig. 34　8月から9月にかけて真珠層表面に成長しているアラゴナイト結晶。×2,400
Fig. 35　11月から12月の光沢の良い時期に真珠層表面に成長しているアラゴナイト結晶。×4,000
Fig. 36　冬眠時における真珠層表面のアラゴナイト結晶の溶解。×4,500

の貝殻真珠層表面を Leitz 製 Panphot 顕微鏡によって直接観察した。

健康貝No. B，Dの貝殻真珠層表面はともに階段状に成長し，六角形ないし丸味をおびた六角形の結晶が階段の前線に盛んに成長している (Fig. 26a)。これに対して衰弱貝の貝殻真珠層表面には階段状の成長模様はみられず，結晶間に残された多数の凹所が認められる。また結晶の(001)面は腐蝕溶解像を示し，新しい結晶の成長は認められない(Fig. 26b)。一方，生活力が回復しはじめて貝殻内表面に新しい稜柱層が成長している貝の貝殻真珠層表面は畝状で，畝の部分は溶解像を示し，溝の部分にみられる結晶は (110) 面が良く発達した六角板状に成長しているものが多く，また新しい結晶が部分的に成長している (Fig. 26c)。以上の結果から，衰弱時およびその前後の結晶成長状態は冬眠時およびその前後のそれにかなり類似しており，生活力が低下した貝の Ca 代謝は量的に低下し，またかなり不安定に変動していると想像できる。

以上述べてきたように貝が衰弱したり，冬眠した折に貝殻や真珠の鉱物は溶解するが，貝は溶解した炭酸カルシウムを生理上利用しているであろうか。真珠養殖にあたって挿入した真珠核がそのまま採集されることがあるが，このシラ珠には2種類ある。一方は挿入した当時の真珠核と全く同じ状態で採集されるもので，重量も変化していないのに対し，他方は表面に薄い茶褐色ないし黒褐色の有機物質が付着し，その下にある真珠核の表面は

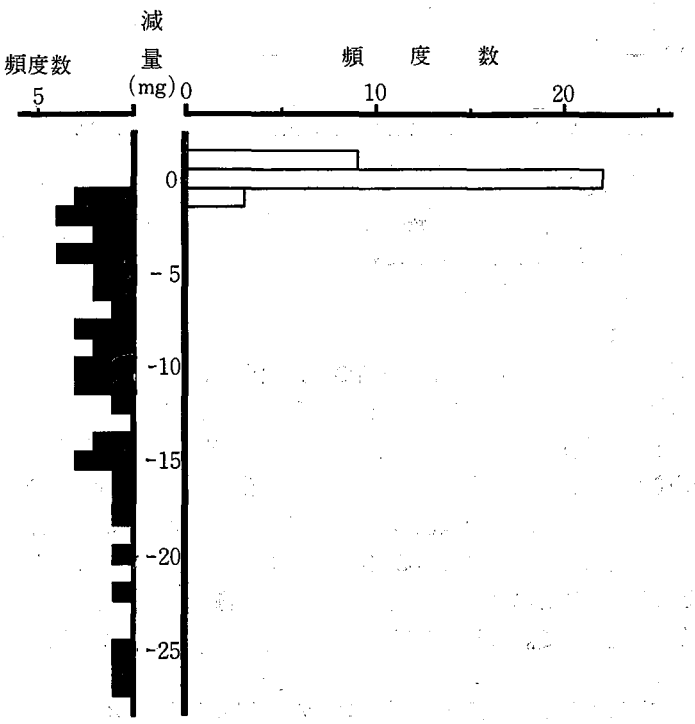


Fig 38　シラ珠の重量分布。□，外見が挿核時の真珠核と同じ状態のシラ珠；■，茶褐色の薄皮をかぶっているシラ珠。

腐蝕溶解して光沢を失ない，重量は減少している(Fig.38)。前者の重量は一冬こして採集しても減少しないが，後者の重量は移植手術をおこなった年に採集しても減少している。前者のように挿入した真珠核と全く同じ状態のシラ珠は移植片と真珠核とが接着しなかったために生じ，後者のように有機物が付着したシラ珠は移植片が真珠核の周りに真珠袋として一度は再生しその後壊死したために生じたと考えられる。しかし真珠核の溶解は宿主の生理的利用によるとは考えられない。

3.　結晶成長と層状構造との関係

Ca代謝の季節的変化や生理的変化は単に真珠や貝殻の成長量に影響するだけでなく，結晶成長に影響して真珠層の組織構造に差をもたらし，真珠層の光学的性質や機械的性質に影響する。和田(1961a)は結晶成長の季節的変化を観察し，光を散乱させるような不規則な組織が1月から5月にかけて形成され，10月から12月にかけて光を正反射するような規則的な組織が形成されると推測した。また光を散乱するような組織は生活力が低下した貝によっても形成されると報告している（和田，1959)。もし真珠層の組織構造とその組織が形成された時期や生理状態との関係を解明できるならば，我々は貝の養殖環境や生理状態を知ることにより，どんな組織構造をもった真珠層が形成されているかをおおよそ推測できる。

主な産卵期が終る7月下旬頃から，真珠層の結晶は良く発達した比較的平坦な(001)面をもった板状に成長し(Figs. 34と37)，その頃に成長する鉱物薄板の厚さは0.36～0.6μでかなり整然として累積し，規則的な層状構造が形成される(Fig. 8)。更に平坦で大きな(001)面をもっ結晶が整然と成長する9月以降12月にかけては少なくともFig. 8にみられるような層状構造より規則的な組織が形成されるものと推測できる。一方，Fig 8に示した真珠の内部には隣接して形成された鉱物薄板の厚さが0.11～0.75μと著しく乱れた組織構造が認められる(Figs. 10と11)。VII-1と2で観察したように，真珠層の結晶成長は冬眠あるいは生活力が低下した時点およびそれらの前後に著しく変動し，また結晶は溶解して薄化することもあり，冬眠から覚醒時にかけてovergrowthして著しく厚化することもあるなどから判断して，Fig. 11にみられるような非常に厚い結晶と薄い結晶とが乱れながら累積した組織構造は冬眠およびその前後に形成されたと考えられる。Figs. 8，10，11の間で認められる鉱物薄板の厚さの差異は各形成時点における真珠袋のCa代謝の差異によって生じたと考えられ，Fig. 9にみられるような不連続層は単結晶のラセン転位や結晶間に生じた階段が起点となって新しく成長した鉱物薄板の追加あるいは別々の起点から成長した鉱物薄板が接合する際に生ずる層状構造の乱れと考えられる（和田，1968a，1971b)。

4.　小括

Ca代謝の季節的あるいは生理的変化は単に真珠や貝殻の成長量を制約するだけでなく，形成される層の組織構造を変える。すなわち，水温13°C以下になりCa代謝がほとんど停止する冬眠時には今まで成長していた結晶が溶解して消失あるいは薄化し，冬眠から覚醒後しばらくの間沢山の結晶が不規則に成長し，覚醒直後に時々厚い有機基質(Wada, 1961

b) が形成されたり，overgrowth によって非常に厚い結晶や大きい結晶が成長したりして (Wada, 1961b)，Figs. 10や11にみられるような乱れた層が形成される。このように乱れた層は貝の生活力が低下した時にも形成されると考えられる。主な産卵期を終える頃から真珠層は規則的な階段形成によって成長するようになり，結晶は大きく成長し，Fig. 8 にみられるように比較的均一な厚さの鉱物薄板が重畳した規則的な層が形成される。9月以降12月にかけて，結晶は更に平坦で大きな (001) 面をもっ板状に成長し，しかもより整然とした配列と累積をするようになるので Fig. 8 にみられるような層状構造よりも規則的な層が形成されるようになる。

真珠および貝殻の真珠表面に成長する結晶の形，大きさ，集合状態および累積状態や真珠袋上皮細胞の細胞内小器官の変化などから綜合的に判断すると，真珠袋および外套膜の上皮細胞の Ca 代謝は冬眠時にはほとんどあるいは全く停止し，冬眠覚醒後水温の上昇にともなって急速に活発になるが主な産卵行為が終るまでは非常に不安定な状態を示し（和田，1969c)，主な産卵行為が終ってのちも夏期の高水温が過ぎるまでは代謝量は増えてもむしろ不安定な状態を示す。その後 Ca 代謝量は水温の下降にともなって急速に減少するが，Ca 代謝は水温が25°C ぐらいになる9月下旬頃から冬眠するまでが一年中で一番安定した状態になる。一方，成長期になんらかの原因で貝の生理状態が悪化すると，Ca 代謝は全く停止することもある。

VIII　Ca 代謝と真珠の品質形成

真珠層は鉱物薄板と interlamellar matrix とが交互に重畳した一種の“くりかえし多重層薄膜”で，各鉱物薄板は方位配列した板状のアラゴナイト結晶が intercrystalline matrix を挟んで石畳状に敷きつめられた多結晶集合体である。そこで真珠層は干渉色によって着色して見え，その色は薄膜の干渉色の場合と同じように鉱物薄板の厚さによって変化し（内田・上田，1947；大森，1948；福田・他，1955；和田，1962)，またその色，光沢性，透明性などは鉱物薄板を構成する結晶粒の大きさ，形，配列などで変わる鉱物薄板の粒状構造や鉱物薄板の累積状態などによって変化する(和田，1962)。真珠層の層状構造や粒状構造を決定する結晶の厚さ，大きさ，形，集合および累積状態は Ca 代謝の季節的および生理的変化の影響を受けて特異的に変化することがVIIで明らかになった現在，真珠層の物性が組織構造の差によってどのように変わるかを解析できれば，我々は養殖環境や宿主の生理状態を知るだけで形成される真珠の物性をおおよそ想像できるだけでなく，真珠を生産過程で高度に品質管理する技術を確立するのに必要な基礎知識が得られる。

1.　重量，巻き，および質との関係

アコヤガイの真珠袋上皮細胞は真珠層，稜柱層あるいは有機物などを生成するが，それらの単位時間あたりの形成速度は互いにかなり異なり，また単位容積あたりの重量も著しく異なる。したがって，一定重量の真珠核を挿入しても真珠核の周りに形成される層が単一物質でない場合，見掛けの重量あるいは厚さによって真珠の成長を比較することには大

きな危険が伴なう。また真珠にみられる傷はその大きさと種類によっては見掛けの成長量に大きく影響するから，真珠の成長を重量あるいは厚さのいずれをもって表わすにしても大きな誤差が導入される危険がある。

以上に述べた危険性が実験結果の処理にあたって導入されないようにするため，あらかじめ真珠核の周りに形成された真珠層の重量と厚さとの関係式を求め，この式から誤差をもたらすほど大量の異質物を内蔵したり，大きな傷をもっていると判断された真珠は，VI に述べた真珠の成長に関する実験結果の処理にあたっては全て除外してきた。すなわち，VI-7 の実験で得た1403個の真珠の中から乱数表を使用して大量の異質物や大きな傷のない 100 個の真珠層真珠を抽出し，真珠核の周囲に形成された真珠層の重量と厚さを測定し，両者の関係を満足する回帰方程式を求めると次のとおりである (Fig. 39)。

$$\Delta W=\frac{4}{3}\pi\rho(r_t^3-r_0^3)+0.17$$

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，r_0 は真珠核の半径，および r_t は真珠の半径である。この方程式を満足する ρ は約 2.72 で，Anderson and Rayne (1939) がペルシヤ湾産の天然真珠の比重を調べて得た2.68～2.74や濠州産のもので得た2.68～2.78によく一致しており，アラゴナイト鉱物の2.93～2.95に比べて低い。真珠の比重がアラゴナイト鉱物のそれよりも低い原因を全て真珠層中に含まれる有機基質によるとすると，有機基質は真珠層の６～７％を占める計算となり，この値

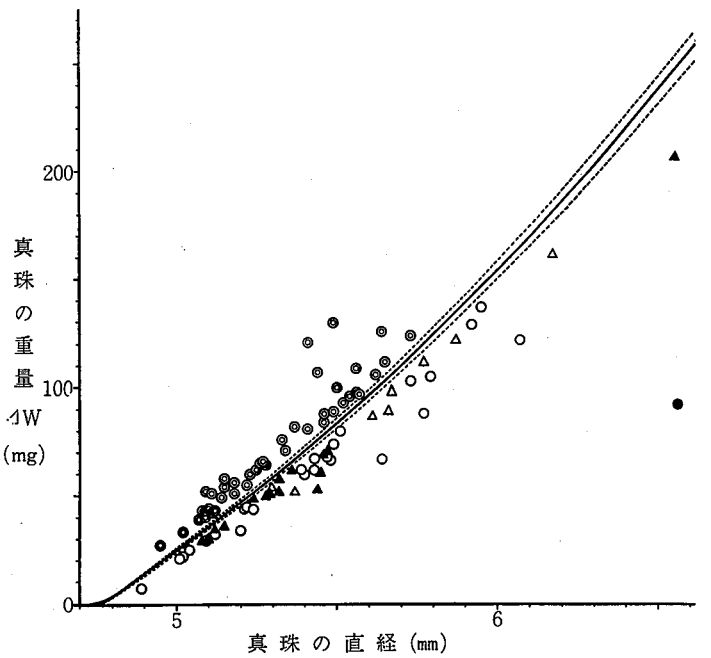


Fig. 39　真珠層真珠の重量 ΔW と直径との関係。◎，突起珠；○，多量の有機物を内蔵する珠；●，有機質真珠；△，稜柱層を内蔵する珠；▲，稜柱層真珠。

は田中・波多野（1953）が分析したアコヤガイの良質真珠に含まれる粗蛋白の含有量にかなり近似している。

Δr^* が 0.10 mm，0.25 mm，0.29 mm，0.46 mm におけるそれぞれの ΔW の標準偏差を真珠層真珠について求め，各点を破線で結んで Fig. 39 に記入し，突起珠，稜柱層を内蔵する珠，有機物を内蔵する珠，稜柱層真珠および有機質真珠がこの回帰曲線に対してどのような関係にあるかを示した。◎印で示した突起珠は Δr に対して ΔW が突起部分の重量だけ加参されて重くなるため回帰曲線の上側に分布するのに対し，真珠層に比較して比重の小さい稜柱層（△）や有機物（○）を内蔵する複合真珠，稜柱層真珠（▲）および有機質真珠（●）は回帰曲線の下側に分布する。

2.　Ca 代謝と歪度

真珠層の形成力は一つの真珠袋でさえ部分によってかなり異なることがあり，その結果真珠は歪み，また真珠層の層状構造や粒状構造が部分的に異なって色，光沢性，透明性などが変化する（和田，1962）。ところで，真珠は形成過程の何時頃から歪みはじめるのであろうか。

この研究に使用した材料は VI-7 で述べた実験で得られた真珠の中から異質物の生成が影響して歪みを生じたと判断された真珠を除いた真珠層真珠の全部である。

頻度分布からみると，移植手術後２～３カ月で真珠はすでに歪みはじめ，その頻度分布状態は一冬こして冬眠覚醒直後までほとんど変化しないが，その後歪む度合は次第に大きくなり，大きく分散する傾向を示す（Fig. 40）。しかし，歪みの大きい真珠は移植手術当初から部分により成長量がかなり異なっており，一方完全に球形をした真珠は非常に少ない。

3.　Ca 代謝と色沢

真珠層にみられる赤，緑，青などの光沢ある表面色は真珠の表面および極く表層の組織構造によって主に決定され（Raman，1935；和田，1962），光沢については季節的に変化することが知られている（和田，1961a）。しかし，真珠の光沢は真珠袋の Ca 代謝量や養殖漁場の水温などによって一義的に決定されるのではなく，Ca 代謝を通しておこる結晶成長の変化によって決定される（和田，1969c）。ここでは Ca 代謝と真珠の表面色との関係を明らかにし，真珠の表面色を養殖過程で調節する技術を開発するのに必要な基礎知識を得ることが目的である。なお，この研究に使用した材料は VI-１，２および７で述べた実験で得られた異質物を含まない真珠層真珠の全てである。

i　Ca 代謝と光沢

光沢量が20％以上ある真珠の出現率を Ca 代謝量，結晶の形や大きさ，環境水温と比較してみると，真珠の光沢は Ca 代謝量や環境水温の季節的な変化とはむしろ関連ずかず，真珠表面に成長している結晶の形や大きさと密接に関連して季節的に変化する（Fig. 37）。すなわち，真珠の光沢は大きい平坦な（001）面をもった結晶が成長するようになる９月以

---

*　$\Delta r = r_i - r_0$

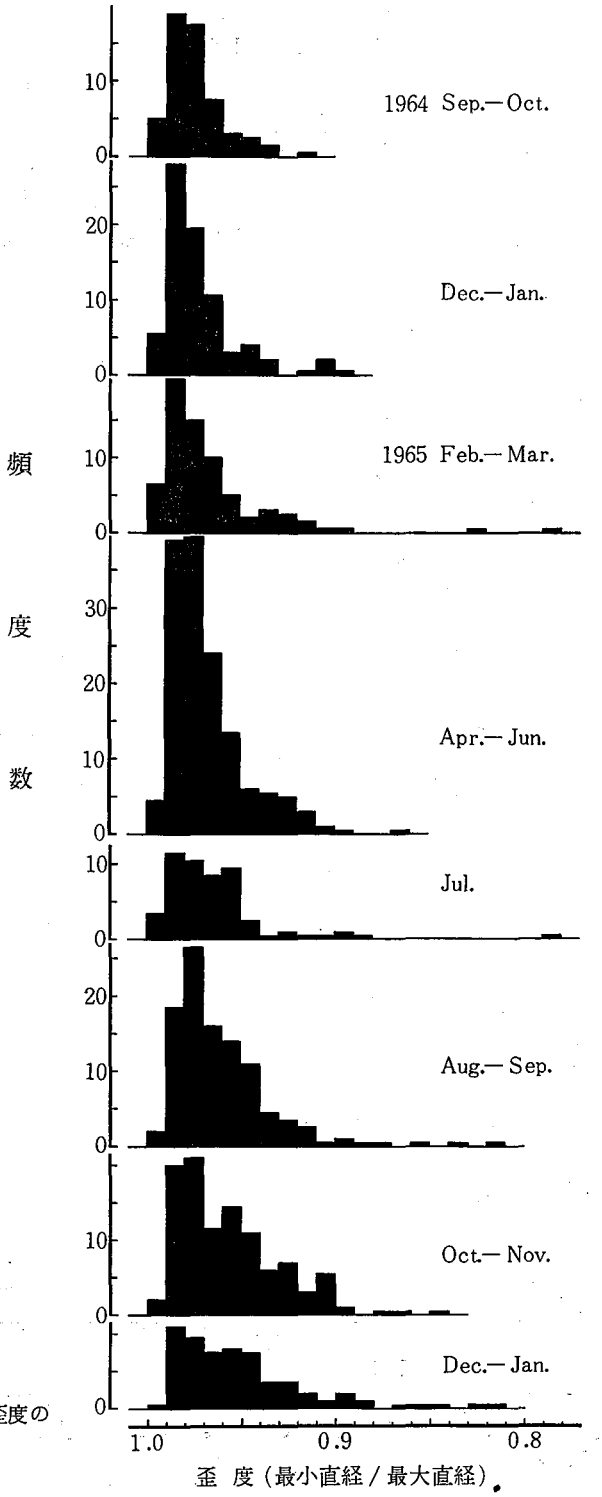


Fig. 40　真珠の歪度の時間的変遷。

降徐々に良くなり，これらの結晶が規則的に重畳した層が真珠の表面に或る程度の厚さ形成される10月下旬頃から急速に良くなる。結晶は1月になって水温が13°C以下になる頃から大きく成長しなくなり，冬眠に入って溶解し，冬眠覚醒後小さい結晶がしばらくの間散在して成長するが，これらの期間を通して大部分の真珠の光沢量は15%以下となり，一年中で一番低くなる。水温やCa代謝量が9月以降と類似していても結晶が小さいかあるいは(001)面に腐蝕溶解像が認められる冬眠覚醒してから主な産卵期が過ぎてしばらくの

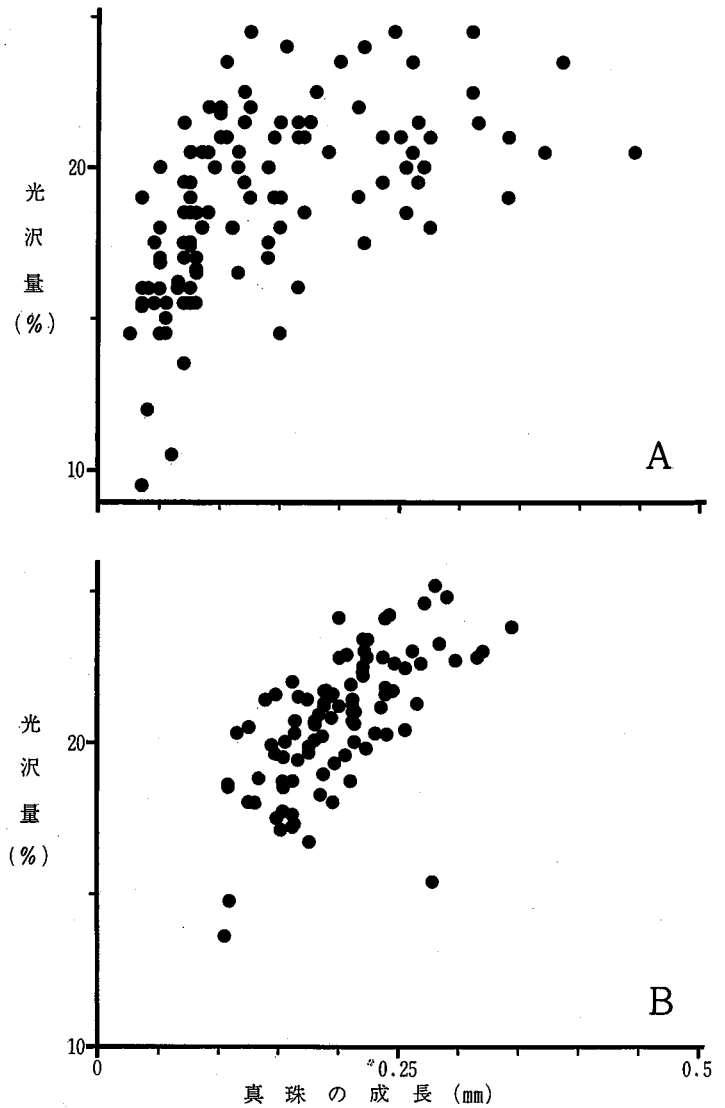


Fig. 41　真珠の巻き（Δr）と光沢との関係。Aは1964年実験群の1964年12月，1965年1月，11月，12月および1966年1月に採集した真珠。Bは1967年実験群の1967年12月に採集した真珠。

間までは，光沢量はあまり上がらない。

Fig. 41 は真珠核の周りに形成された真珠層の厚さ Δr と光沢との関係を示す。VI-7で述べた1964年実験群の1964年12月と1965年1月および1965年11月から1966年1月に毎月採集された真珠の光沢も(Fig. 41A)，VI-2で述べた1967年実験群で1967年12月に採集された真珠の光沢も (Fig. 41B)，Δr が増加するにともなってともに良くなる傾向を示す。しかし，前者の光沢量は大きく分散し，後者のそれは比較的狭い変動幅の中で Δr に比例して増加しており，この両者の差異は養殖年度の違いもさることながら，真珠の光沢は当年上げに比べて2年上げで悪くなる一般的傾向を示すことに原因する(Fig.37)。この関係は真珠の透明性からも明らかであり，当年上げの真珠は光沢が良いと同時に透明度も良いが，2年上げの真珠は光沢も透明度も悪くなる傾向を示し，真珠層独特の美しい半透明となり落ち着きを生ずるようになる。勿論，Fig. 41 からもわかるように，ある Δr に対して光沢が非常に良い真珠も悪い真珠もかなりあり，真珠の光沢は Ca 代謝量によって一義的に決定されるものではない。

さらに真珠の光沢を制約する生物学的因子を解析するために，VI-2 でおこなった2つの移植片給与体の外套膜より作った移植片をフクロとウカシとに組み合せて移植して得られた真珠のうち，フクロとウカシより同時に採集できたものの光沢量を測定し，宿主ごとに比較して Fig. 42 に示した。図中三角印はフクロより，円印はウカシよりそれぞれ採集した真珠を表わし，宿主 No. 75～90 ではフクロに移植片給与体 No. ω_7 の外套膜小片，

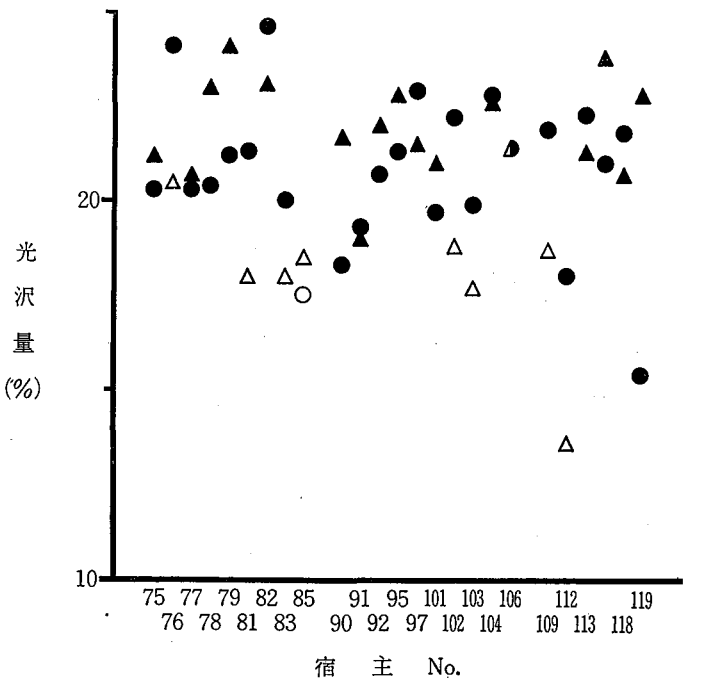


Fig. 42　移植片給与体と真珠の光沢との関係。

ウカシに移植片給与体 No. y_7 の外套膜小片，宿主 No. 91～106 まではフクロに移植片給与体 No. y_8 の外套膜小片，ウカシに移植片給与体 No. ω_8 の外套膜小片，および宿主No. 109～119まではフクロに移植片給与体 No. y_9の外套膜小片，ウカシに移植片給与体 No. ω_9 の外套膜小片をそれぞれ移植したものである。なお，黒印は Δr が 0.16mm 以上の真珠，白印は Δr が 0.16 mm 未満の真珠を表わす。各実験群とも一方の移植片給与体に由来する真珠の光沢が他方の移植片給与体に由来する真珠の光沢より一貫して良いとは言えないことがVI-2で指摘した真珠の成長量の場合と非常に異なる点である(Fig. 42)。移植片給与体や移植部位と関係なく，Δr が 0.16mm 以下と成長が非常に悪い真珠の光沢量は2例を除いて20%以下である。このうち宿主 No. 85 のフクロとウカシから採集した真珠はともに成長量も光沢量も小さく，宿主の生活力や生理状態は低下し，その影響を受けて真珠袋の Ca代謝量は減少し，また Ca代謝の状態は不安定であったと思われる。宿主 No. 76, 81, 102, 109, 112, 119では成長量も光沢量もフクロから採集した真珠とウカシから採集した真珠との間でかなり異なっている（付表 II を参照せよ)。一方，宿主 No. 90 から採集した真珠の成長量はフクロとウカシで互いに大差ないが光沢は異なり，宿主 No. 77, 104, 106, 118 では真珠の成長量はフクロとウカシとでかなり異なるのに光沢量はほぼ同じである（付表 II を参照せよ)。このほかの宿主では真珠の成長量と光沢量はフクロとウカシとの間で大差ない。

これらの事実は真珠の光沢は個々の真珠袋の Ca 代謝の状態に依存し，真珠袋の Ca 代謝の状態は宿主の生活力や生理状態の影響を受け，また一つの宿主のフクロとウカシに形成された真珠袋の Ca 代謝の状態は他の因子——多分移植手術に関連した問題——の影響を受けて差を生ずることもあるが，移植片給与体の外套膜の Ca 代謝能力によっては影響されないことを意味するであろう。なお，Figs. 41と 42 に示した光沢量は真珠を一つの軸の周りに 360 度回転して得られた最大値と最小値との和の平均値であり，光沢は一つの真珠でも場所によって著しく異なるものもあることは真珠の成長の場合と同じである。

ii Ca 代謝と色

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して生成した真珠の色点の約74%は C. I. E. 色度図上で $0.303 \leqq x \leqq 0.316$, $0.319 \leqq y \leqq 0.332$ と極めて狭い範囲に分布し，白色点C付近の ($x=0.305$, $y=0.320$) 点と ($x=0.320$, $y=0.337$) 点とを結ぶ直線上にほぼ並ぶ (Fig. 43)。これらの真珠の色点を移植片給与体別に調べると，真珠の色点は移植片給与体ごとにグループ化する傾向がないとは断言できない。しかし，12個の真珠核の色を測定し，その色領域を破線で示すと(Fig. 43)，挿入した真珠核の色点がかなりの範囲に散在し，また真珠の色点も測定部分が異なるとかなりの範囲内で移動する。

白色系真珠層の貝殻をもった貝の外套膜小片を移植して生成した真珠の色と巻きの厚さ Δr との関係を C. I. E. 色度図上で調べると，これら真珠の色点は Δr と関係なく ($x=0.305$, $y=0.320$) 点と ($x=0.320$, $y=0.337$) 点とを結ぶ線上に並ぶ傾向を示し (Fig. 44)，黄色真珠で認められたような色点と Δr との正の相関は認められない。すなわち，黄色真珠は真珠層に含まれる黄色色素によって黄色に着色するから，真珠層の単位容積中の黄色色素

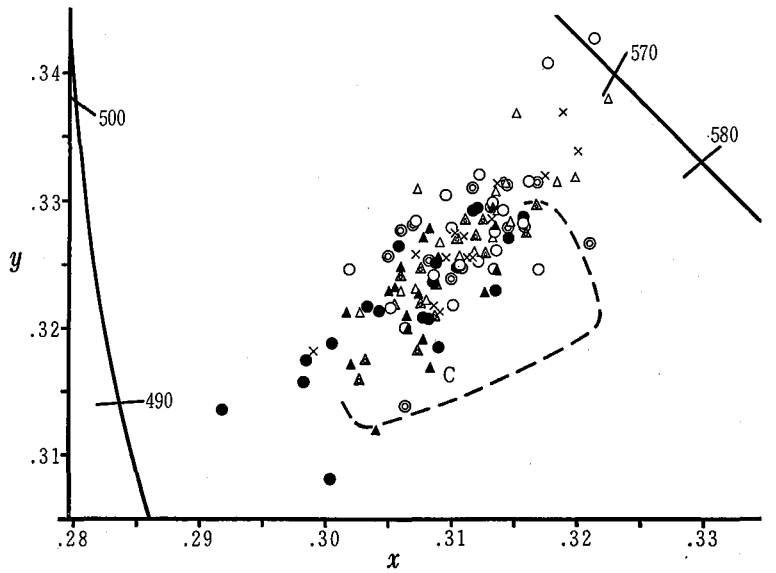


Fig. 43　白色系真珠層の貝殻をもつ貝を移植片給与体として使った場合に生成した真珠の色と移植片給与体との関係を示す C.I.E. 色度図表。真珠核の色点の分布域を破線で示す。△, 移植片給与体 No.ω_2；×, 移植片給与体 No.ω_3；●, 移植片給与体 No.ω_4；○, 移植片給与体 No. ω_5；▲, 移植片給与体 No. ω_6；◎, 移植片給与体 No.ω_7；⊿, 移植片給与体 No.ω_8

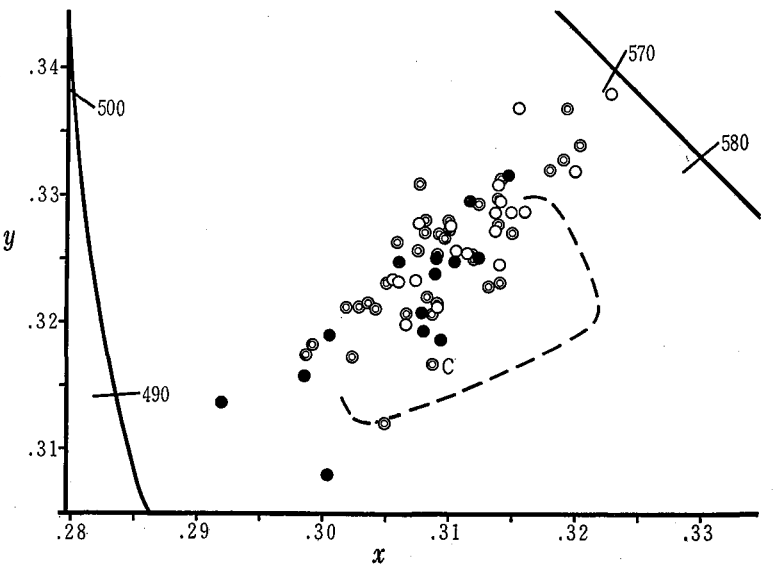


Fig. 44　白色系真珠の巻き（Δr）と色との関係を示す C.I.E. 色度図表。真珠核の色点の分布域を破線で示す。●, 0.16 mm 未満；◎, 0.16 mm より厚く 0.25 mm 未満；○, 0.25 mm 以上。

の含有が一定である場合，真珠の黄色度は真珠層の組織構造によって修飾されるけれども真珠核の影響がなくなるまでは Δr の増加にともなって大きくなる傾向を示す（和田，1969b)。一方，白色系真珠は真珠層の鉱物薄板の厚さ，層状および粒状構造などによって決まる光の反射によって着色するから，真珠の色は真珠層を構成する単結晶の厚さ，大きさ，配向，ならびに累積状態で変わる真珠層の層状および粒状構造に強く依存して変化し，また Δr が薄いと真珠核からの光の反射の影響を受けて白ぼくなる。ただし，光沢量と Δr との関係から判断すると(Figs. 41と42)，養殖環境や養殖期間が同じ場合真珠の Δr の厚さと真珠層の構造とは統計的にみて一定の関係があると考えられるから，同一母集団について言うならば真珠の表面色と Δr はかなり良い相関を示すと想像できるにもかかわらず，今回の結果に相関が認められなかったのは測色法にも問題があったと思われる。

4.　色沢と硬度

多結晶集合体である真珠層真珠の光学的性質はそれを構成するアラゴナイト単結晶の厚さ，大きさ，配向，ならびに累積状態などによって強く影響されるが，それ以外の性質—例えば硬度や強度のような機械的性質—も真珠層の組織変化によって強く影響されているに違いない（和田，1968b)。もし機械的性質が影響されるならば，真珠の組織構造は加工

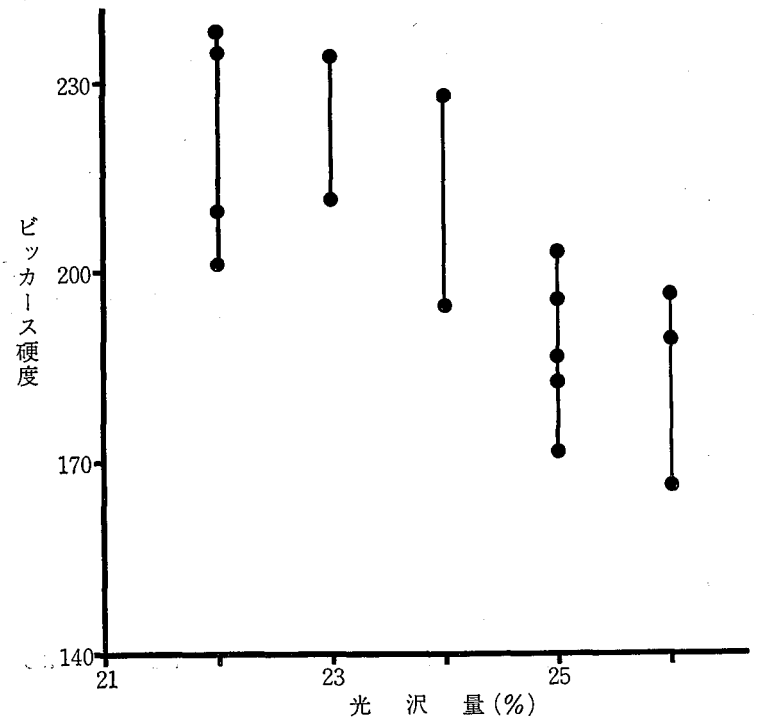


Fig. 45　アコヤガイ養殖真珠の光沢と硬さとの関係。

処理の全行程で産業的に重大な意義をもつ。

ここでは真珠の色沢と硬度との関係を明らかにし，真珠の色沢と Ca 代謝との関係から真珠の硬度と Ca 代謝との関係を解析し，真珠の機械的性質が養殖条件によってどのように変化するかを予測するための基礎知識を得ることにある。

色沢を測定した28個の真珠のビッカース硬度を測定し，ビッカース硬度と光沢との関係を Fig. 45 に示した。真珠の硬さは22～26%の光沢量の範囲でビッカース硬度にして 168～238 の範囲で変化し，光沢量の増加にともなって小さくなる傾向を示す。VIII-3 ですでに指摘した小さい結晶が乱れながら重畳する真珠層ほど光沢量は小さいとの結果とこの事実とから判断すると，小さい結晶からなる真珠層は大きい結晶からなる真珠層よりも硬く，また光沢のある表面色が強くさす真珠ほど硬さは小さくなると考えられる。以上の結果は Ca 代謝の変動が真珠の機械的性質にも強く影響することを示唆するといえよう。

5. 小括

真珠袋の Ca 代謝の状態は生成する真珠層の組織構造に変化をおこさせ，真珠の物性に重大な影響を与える。たとえ一定時間に成長する真珠層の量が同じであったとしても，冬眠覚醒ののち主な産卵期が過ぎるまでは真珠袋の Ca 代謝の状態は不安定で，成長する結晶は細かく，結晶の厚さも変化しやすく，また腐蝕溶解も加わって乱れや凹凸を生じながら累積するため，光の鋭い干渉を生ずるような層状構造は形成されず，真珠層の表面や内部での散乱光が増えて光沢や透明度の悪い銀白色の真珠層が形成されるのに対し，9月以降12月頃までは真珠袋の Ca 代謝の状態は安定し，成長する結晶粒はほぼ均等な厚さでしかも大きく，比較的規則正しく累積した層状構造が形成され，このような層は層数が多くなるにつれて光のかなり鋭い干渉を生ずるようになり，赤や青などの光沢ある真珠層が形成される(Fig. 46)。

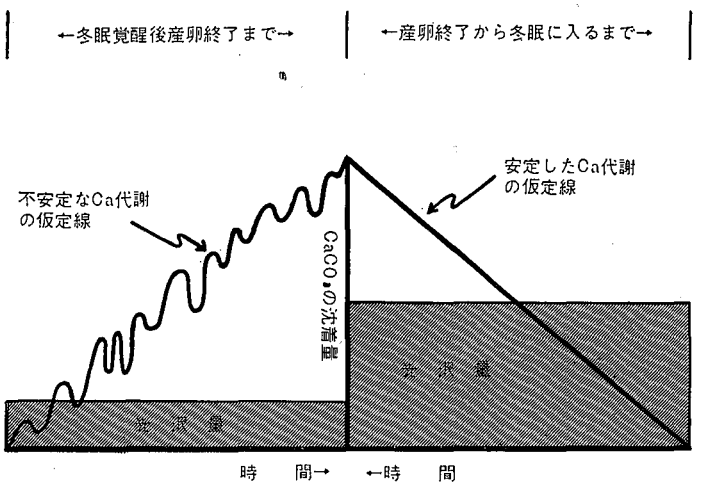


Fig. 46　真珠袋の Ca 代謝の状態，真珠の成長および光沢量との関係を示す模式図。

真珠袋の Ca 代謝の状態は Ca 代謝量を制約する一因子と考えられる移植片給与体や宿主の特質とはむしろ無関係で，生息環境，宿主の生活力や生理状態などの変動によって影響を受ける。したがって，養殖環境や養殖期間が同じ場合，類似した成長量の真珠の物性は統計的にみて類似した傾向を示す。しかし，個々の真珠の成長は移植片の再生過程で決まるであろう真珠袋の構造や形成された状態によっても異なると考えられるから，一つの宿主のフクロとウカシに形成された真珠袋の Ca 代謝の量や状態は互いに独立しており，形成される真珠の物性はしばしば大きな差異を生ずる結果となる。勿論，Ca 代謝量は真珠の物性全般に強く反映している。

IX 考　　察

真珠の価格を支配する主要な要素の一つである色沢については多くの研究者によって物性研究の立場から調べられているが，外套膜や真珠袋の分泌特性の生物学的認識に立って真珠の品質形成を本質的に解析した研究は極めて少ない。和田(1962)は真珠を着色機構から (1)蛋白質薄膜と鉱物薄板との“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の３つに整理し，真珠の形成機構に関する生鉱物学的認識に立脚して“真珠の品質形成の調整機構”の図式化を試み(和田，1968c)，“真珠の黄色色素の代謝の調整をおこなう場所はこの色素を合成する真珠袋上皮細胞自身であり，この色素を代謝する性質は移植片給与体の外套膜の性質によって規定される”との仮設をたて，この仮設はのちに実験生物学的に実証され(和田，1969b)，従来主張されていた“黄色真珠の生成は環境条件によって決定される”との定説を破り，真珠品質を調整するためのアコヤガイの選抜育種が今後の真珠養殖にとって重要であることを示唆した。さらに和田(1962，1969c) は真珠層の層状構造や粒状構造は貝の生活力，生理状態，および生息環境条件などの変動によって乱れるとの生鉱物学的研究結果から“真珠袋の Ca 代謝の量や状態は貝の内的および外的条件の影響を強く受けて変動し，真珠の品質形成に重大な影響を与える”との見解を提出し，真珠の実体色である黄色と赤，青などの表面色とはその発現に関与する因子が全く別であり，また黄色色素と Ca 代謝とは本質的には無関係であると報告している。

以上に述べた和田の一連の研究のように外套膜や真珠袋の上皮細胞のもつ Ca 代謝の特性を生鉱物学的に認識し，真珠の構造や物性の研究結果と照合して真珠の品質形成機構を正しく理解した上で真珠の養殖技術を積極的に吟味あるいは新技術を開発しようとの試みのほかに，養殖試験を通して真珠の品質形成機構を予測し，養殖技術の改善あるいは業界の要請に答えようとした多くの研究がある。これらの養殖試験は真珠養殖技術全般にわたっており，(1)アコヤガイの地域特性の有無，(2)漁場特性および環境条件，(3)移植手術，(4)養殖技術，および(5)寄生虫害などの観点から真珠の巻きや色沢へのこれらの影響を検討している。戒能(1962)は愛媛県産の貝を使った方が三重県産の貝を使った場合に比べて真珠の巻きはよいが色は悪いと報告しているが，詳細な実験内容は記述してない。これに対して

蓮尾・山口（1965）は長崎県大村湾産，三重県英虞湾産，五カ所湾産，愛媛県宇和島湾産，大分県入津湾産および佐賀県伊万里湾産の満2年貝をそれぞれ移植片給与体と宿主とに使い，産地を色々に組み合せて移植手術をおこない大村湾で養殖し，真珠の巻きや色はアコヤガイの地域特性によるよりも漁場の環境特性によって決まるとの結果を得た。ところで真珠や貝殻の成長量は空間的あるいは時間的に変化する環境条件に強く依存して変化し，また同じ条件下で養殖した真珠でも巻きや色はかなり大きな変異幅で変化することが知られている。すなわち戒能・浜崎（1960b）は愛媛県下6の漁場を，木村・他（1962）は三重県下39の漁場を，また蓮尾・他（1962）は長崎県下28の漁場をそれぞれ生産される真珠の巻きと色によって類型区分し，三重県では鳥羽湾，的矢湾，長崎県では佐世保湾，大村湾，愛媛県では瀬戸内海区など陸水の影響を強く受け，また低水温のため冬季は避寒を要する海域で産出される真珠は巻きがよく白色系のものが多いのに対し，三重県紀州海域，愛媛県宇和海区，長崎県北松，五島，西彼海域など外洋性の漁場で冬季の水温があまり低下しない海域で産出される真珠は巻きでは劣らなくても黄色真珠の出現率が高いことを指摘した。関（1968）は三重県五カ所湾外，田曽沖に沖合養殖試験地を設置し，英虞湾浜島の湾内養殖試験地と比較して，沖合漁場の真珠の巻きは夏の高水温の影響をうけて夏から秋までは悪いが，冬の間に成長して春には湾内漁場の真珠の巻きを追い越すと報告している。真珠の巻きと水温との関係については，真珠の巻きが積算水温にほぼ比例して季節的に変化するとした渡部（1952）の実験式 $S=\Sigma(T-13)K$ は真珠の成長だけでなくアコヤガイの貝殻の成長（関，1969）や貝殻の再生（宮内，1970）についても 13°C～28°C の水温範囲では多くの漁場でおおよそ成立することが確かめられている。ところが真珠や貝殻の成長量の実測値がこの方程式による計算値より多少小さい時期が冬眠覚醒から9月までの間に現われ，産卵，比重の低下（渡部，1952；宮内，1970），プランクトンの減少あるいは夏の高水温（関，1968；宮内，1970）などがその原因と考えられている。しかし貝の成長と真珠の巻きは必ずしも一致していないばかりか，貝の成長が良い漁場でも真珠の巻きが悪いこともある（関，1969）。移植手術に関連した問題として移植部位（山口・他，1957；小林・渡部，1959；西飯・他，1961；戒能，1962），移植片を外套膜のどの部分から作るか（宮村・牧戸，1958；村上・他，1960），移植片給与体や宿主の年令（山口，1958），移植片給与体や母貝の活力（蓮尾，1961；沢田・谷口，1966）などが検討され，真珠の巻きや色はこれらの生理的要素によって影響されるとの報告と響影されないとの報告とがある。このように相反する報告は養殖技術に関する報告にもみられ，真珠の巻きや貝の成長と養殖方式（山口，1956；五カ所浦青年会，1959；戒能・他，1960a；茶木・田所，1962），貝掃除ないし籠の交換（五カ所浦青年会，1959；西飯・他，1961；戒能，1962），貝の一籠あたりの収容密度（山口・他，1956；戒能・他，1960a；茶木，1962），養殖水深（小林，1951；Watabe，1955；茶木，1958；五カ所浦青年会，1959；沢田・丹下，1959），密殖（関・山口，1964）などが検討されている。一方，ブケファルス吸虫や多毛虫が寄生した貝の貝殻の成長は悪く（宮内，1970），ブケファルス吸虫が寄生した貝に移植手術したり，あるいはこの貝を移植片給与体として使用すると真珠の巻きは悪い（阪口，1968）。

以上に述べた従来の養殖試験の結果はある条件下での現象として重要ではあるが，自然

の制約を人為的により効率よく利用あるいは改良し，需要に答えた品質の真珠を必要な量だけ何時でも供給できる養殖技術を確立するためには，これらの現象をつらぬく客観的法則をとらえ，それを科学的に体系化せねばならない。真珠の品質形成機構の諸過程には貝の生活をとうした真珠袋の Ca 代謝から鉱物化に至る生理現象のほかに，その結果として生産される真珠の物性との関係が含まれており，真珠の品質を高度に養殖管理するための科学的な体系化は少なくとも Wada (1961, 1962, 1971) の研究を基盤として本研究で扱ってきたような生鉱物学的問題の取り上げかたに貝の生活研究を組み込む必要があろう。

1. "真珠物質の代謝図式" を作成する試み

真珠層真珠を形成している真珠袋上皮細胞の微細構造は貝の種類や外套膜の部分によって異なるため，一概に言うことは困難であるが貝殻鉱物化層を形成している外套膜外面上皮細胞の微細構造 (Kawaguti and Ikemoto, 1962 ; Tsujii, 1968) と基本的に類似しており，細胞の自由面は微絨毛におおわれ，細胞中には1個の核のほかに糸粒体，粗面小胞体やゴルジ体などの膜状構造物が多量に認められ，また遊離したリボゾームやグリコーゲンの果粒 (Tsujii, 1968) も観察される。このほか多数の大小の空胞や小胞がみられ，しばしば分泌果粒と思われる低電子密度の内容を含む。真珠袋上皮細胞は基底細胞に続き，宿主組織に癒着し，その基底側形質膜に陥入が認められる。このような微細構造を示す真珠袋上皮細胞は真珠形成にあずかる具体的なにない手であり，その分泌機能によって生産された真珠層真珠の主成分は重量にして90～95%を占める炭酸カルシウムと5～10%を占める蛋白質と多糖体—多分複合蛋白質—とからなる。

貝殻が成長しない冬眠時期には，真珠袋上皮細胞は外套膜外面上皮細胞 (Tsujii, 1968) と同じように核濃縮がおこり，糸粒体の数や分布状態，遊離したリボゾームの数，膜状構造物の量や形態などが変化し，これらの細胞内小器官が分泌機能に直接関与していると考えられる。このように真珠袋や外套膜の上皮細胞は $CaCO_3$ や有機成分を分泌すると同時に，その分泌物から貝殻の形成に本質的には必要でない物質 (Nakahara and Bevelander, 1967) や分泌物の溶媒である水 (Wada, 1970b) などを体内にふたたび吸収する機能をあわせもっていると想像できる。

ところで，宿主の物質代謝系を通じて真珠物質の素材の供給を受けた真珠袋上皮細胞は真珠形成に必要な物質をどのような代謝径路によって合成，濃縮，および放出するのであろうか。Wilbur (1960, 1964) は彼および彼の共同研究者によっておこなった一連の研究結果にたって軟体動物の外套膜外面上皮細胞における貝殻物質が作られる代謝径路を図式化する試みをおこない，炭酸基の供給と貝殻の有機基質の合成について詳細にふれている。一方，波多野 (1969) は外套膜上皮細胞によるCa代謝，特に Ca の分泌と沈澱との機構を図式化している。また和田 (1969a) は多くの先覚者の研究結果から外套膜上皮細胞の分泌機構を論じ，彼の生鉱物学的研究結果に立脚して Wilbur (1964) と波多野 (1969) の代謝径路を合理的にまとめて Fig. 47 のように図説した (Wada, 1970b)。それによると，真珠や貝殻の形成を直接調整する場所はこれらの物質を合成，濃縮および放出する真珠袋上皮細胞および外套膜外面上皮細胞自体であり，この分泌代謝の土台となる代謝過程は調整をお

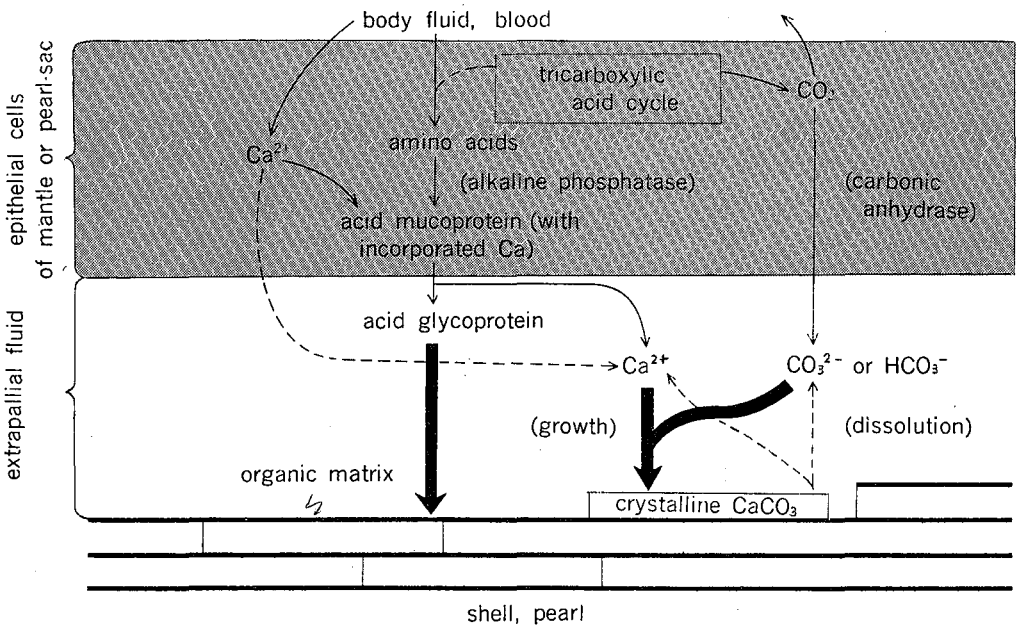


Fig. 47　真珠および貝殻の形成機構を示す模式図（Wada, 1970b）。

こなう場所で営まれる糖代謝と呼吸代謝と考えられる。糖の分解産物であるピルビン酸をはじめアミノ酸は糸粒体において TCA 回路とそれに連なる電子伝達系との総合的な働きによって水と CO_2 に分解し，CO_2 の一部は炭酸脱水酵素の触媒作用により真珠や貝殻の鉱物化に必要な大部分の炭酸基を供給し，細胞呼吸と共役して生じた ATP は動的 Ca の集積，分泌にとって重要なエネルギー源となるであろう。Ca は上皮細胞，特に小胞に濃縮されており（Kniprath, 1971），上皮細胞で合成された硫酸基をもつ酸性ムコ蛋白と結合した形および無機イオンの形として分泌され，分泌後有機成分の一部，特に酸性多糖体が分解され，他の大部分はシート状の有機基質に重合して分泌液中に層状の部屋を形成する。この分解と重合の過程で多量の Ca が遊離し，部屋の中の $[Ca^{2+}]\cdot[CO_3^{2-}]$ の濃度は基盤物質に対して結晶が生成するのに必要な過飽和濃度に達すると考えられる。

2.　真珠形成の調整機構とその制約因子

真珠袋上皮細胞および外套膜外面上皮細胞は真珠形成および貝殻形成をそれぞれ直接調整する場所で，分泌代謝の土台となっている代謝はそれぞれの上皮細胞で営まれる糖代謝と呼吸代謝であろうことはすでに述べた。これらの上皮細胞は鉱物と有機基質の両成分を同時に分泌し，このうち Ca の分泌を調整する因子は未知であるが炭酸基の供給を調整する因子として炭酸脱水酵素が指摘され（河合，1954；Wilbur aud Jodrey, 1955），また基質代謝を調整する因子の一つとしてアルカリ性ホスファターゼが指摘されている（Kado, 1960）。

ところで，真珠袋上皮細胞が基質と Ca を代謝するためにはその素材を宿主の物質代謝系をとおして供給されなければならない。したがって，真珠形成に必要な Ca 代謝の調整をおこなうもう一つの場所として環境から Ca を取り込む口である宿主の体表面および体腔表面があり，摂取した Ca や餌を利用できる形として真珠袋へ輸送し，受け渡しに関与する細胞を考えねばならない。

以上の論議を要約してみると Fig. 48 のようになる。すなわち，真珠形成は環境から必

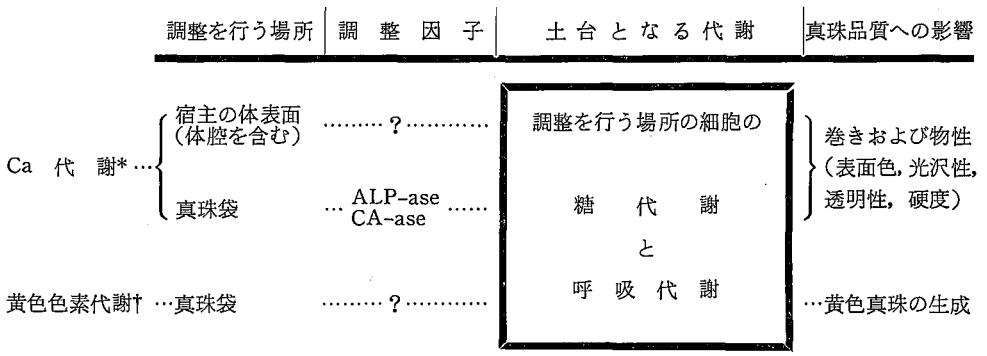


Fig. 48　真珠の形成を支える代謝と品質へ及ぼすその影響。

〔註〕 * 真珠層形成における $CaCO_3$ 代謝および基質代謝を含む。ALP-ase，アルカリ性ホスファターゼ；CA-ase，炭酸脱水酵素。
† 和田（1968c，1969）。

要な素材を吸収し，真珠袋へ輸送するのに関与する宿主の代謝系に支えられた真珠袋上皮細胞自身の分泌代謝によって調整される。したがって，真珠袋上皮細胞の Ca 代謝は貝の生活を通じて変化し，その結果として表現される真珠の成長は地域的および垂直的な空間あるいは養殖という特殊な条件下で作りだされる微小空間における無機環境と生態の構造によって強く制約され，これらの無機環境と生態系の時間的変遷，特に水温の季節的変化に強制されて一年を周期としたS字型曲線を描きながら貝殻の成長と類似した傾向をたどりながら変化する。しかし，真珠の成長は環境条件や生態系が貝の生理を制約する系だけからでは充分に説明できない現実がある。この現実を正しく理解するために，ある環境条件のもとで貝は種に特有な Ca 代謝能力をもっているけれども外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力にわずかでも遺伝的な個体差が貝の間であるかどうか，および移植片が再生してできた真珠袋の構造と存在状態が与えられた再生条件下でどのように変化するかを調べねばならない。もし外套膜外面上皮細胞における Ca 代謝能力に貝による個体差があるならば，真珠袋上皮細胞の Ca 代謝能力の上限は移植片給与体の外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力によってまず制約され，真珠袋上皮細胞がその能力を発揮するかどうかは宿主の物質代謝系の活動にかかっているといえる。また真珠袋の構造や宿主組織との癒合状態が移植片に与えた条件によって変化するならば，Ca 代謝活動は個々の真珠袋で差を生ずる可能

性も本研究によって示された。

3. 真珠の鉱物化と品質

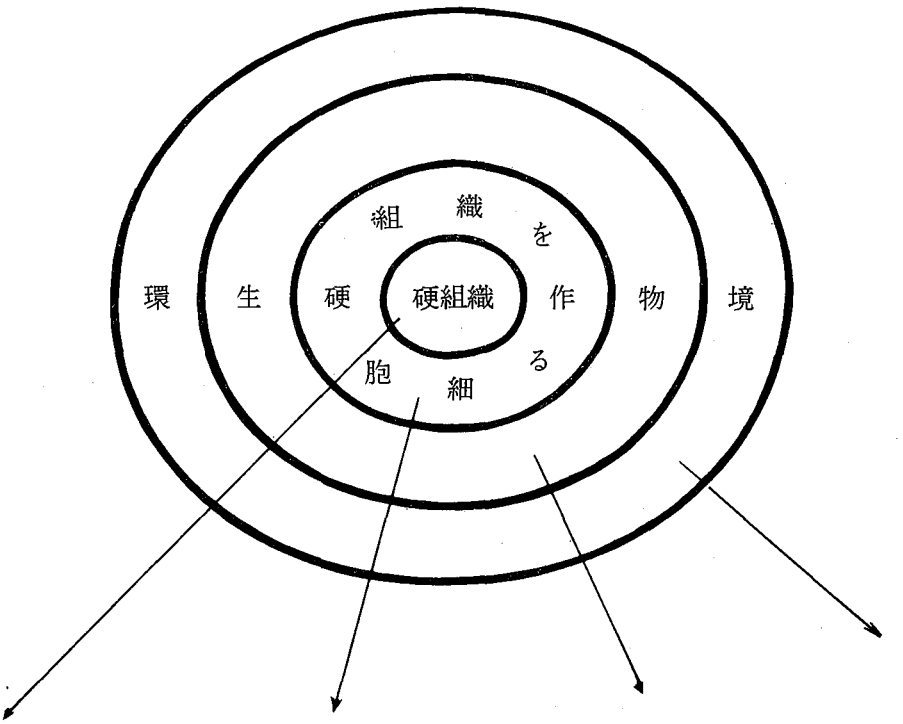
空間的あるいは時間的な生態系の変遷や貝の特質，生活力および生理状態の差異などは真珠袋の Ca 代謝の量あるいは状態に変化をもたらし，真珠の成長や物性に強く影響する。ところで，たとえ無機環境条件が類似し，しかもその時点の真珠袋の Ca 代謝量が同じであったとしても真珠袋上皮細胞および宿主の生理的履歴が正反対であるならば，真珠袋の Ca 代謝の状態はかなり異なり，真珠の物性は変化する。例えば，冬眠覚醒後9月までの時期は Ca 代謝量は上昇を続け，冬季体内に貯蔵したグリコーゲンは生殖活動によって急速に減少するのに対し，9月以降冬眠にいたる時期は Ca 代謝量は下降を続け，体内のグリコーゲン量は急速に増加を続ける。このように真珠袋および宿主の生理的履歴が正反対に向かっている場合，Ca 代謝量や無機環境条件としての水温が等しくても，両時期に形成される真珠層の物性はかなり異なっている。この物性の差は真珠層を構成する結晶の大きさ，厚さ，配向，累積状態などによって変化する層状および粒状構造の差異によっており，真珠袋の Ca 代謝の量や状態が変わるのにともなっておこる結晶成長の変化によって主にもたらされるであろう。したがって，真珠袋の Ca 代謝を不安定な状態にするような養殖時における特殊な無機環境，生態系，生理状態，あるいは養殖作業は真珠層構造になんらかの乱れをもたらし，真珠の表面色，光沢性，透明性，平滑度，硬度などの物性に影響する。

以上に述べた真珠の品質形成機構を硬組織に一般化し，硬組織の各要素と形成組織，個体および環境との関係を Fig. 49 に示した。

4. 生鉱物学の体系化と水産研究で占める位置

生物界，特に動物界には硬組織が広く発達しており，骨，歯，貝殻，甲殻などのように鉱物化したものもあれば，角，爪，髪，羽毛，鱗のように角質化しただけで鉱物化してないものもあり，その構造と機能は硬組織によって全く異なっている。生命現象の中で生物は必要とする Ca を環境から摂取し，燐酸カルシウム，炭酸カルシウムあるいは硫酸塩などとして上述のような特定の組織中に蓄積する。地球上でみられるほとんどすべての石灰質沈澱はこのように生物の働きをとおしておこったもので，死後その一部は水中に溶解し，再び生物に利用される。生物はどのような機構を通して莫大な Ca を摂取し，或る特定な組織中に鉱物として濃縮するのであろうか。しかも生物はいとも簡単に鉱物の同質多像形をつくる。

こうした生物界における鉱物化を研究する学問分野は生鉱物学 (Biomineralogy or Biocrystallogy) と呼ばれ，1970年7月に西ドイツ学士院の主催により第1回の国際生鉱物シンポジウムがマインツ市の学士院会議室で世界の第一線の研究者を集めておこなわれた。その研究内容は硬組織の生理，形成機構，鉱物化機構，微細構造，結晶構造および化学組成など豊富でしかも広範にわたっており，硬組織を通して生命現象を眺め，また個体が生活した環境や生理の時間的経過を解析しようとの気迫と硬組織の研究が広い研究分野



① 外部形態の変化——形態形成——種の特性，生理，生態——
② 微細構造の変化——組織形成，Ca代謝の変化——生理，生態——水温，その他
③ 基質成分の変化——基質代謝の変化——種の特性，生理——
④ 微量元素の変化—生物膜としての性質，放出様式—生理，生態——
⑤ 酸素同位体比の変化——　　——生態——水温

Fig. 49　硬組織形成と内的および外的環境との関係を示す模式図。

にわたって重要な役割をはたし得る可能性とが示された。

ところで，硬組織の生鉱物学的研究は真珠研究においては品質形成機構の解析に直結しており，真珠の品質を高度に養殖管理する指針となる有効な理論を科学的に体系化できる最も有力な道であることは本研究で示したとおりである。ところが，生鉱物学の一つの流れに硬組織は生物の死後も比較的安定な状態で保存され，組織中には個体の生活履歴が刻み込まれる特性を利用して，個体の生活履歴や無機環境の空間的および時間的変遷などを解析する方向がある。すなわち，硬組織中に刻み込まれた構造，酸素同位体比および化学成分の記録には環境と時間の経過に対応した個体の生理生態が反映するから，この記録を解読することにより生物の個体または種を中心とした生活履歴と環境を解析できる(Fig. 49)。しかし種が異なれば Ca 代謝は同じ環境条件に対してでさえ量的にも質的にも変化するから，硬組織に刻まれた記録の種別特性を解析しておけばある地域に生息する生物集団の硬組織を群集生態学的に扱えばその地域の無機環境とその時間的変遷をより綜合的に復元できるであろう。このような研究目的のために硬組織を指標組織として有効に使えるように

するためには，それぞれの硬組織の形成機構，微細構造，生理的機能や構成成分について基本的な生鉱物学的研究を生物の種ごとにまず積み上げねばならない。次いで環境と時間の経過に対応した生理生態がどのような形で硬組織を形成する組織の代謝に影響し，硬組織の構造や成分に反映するかを明らかにせねばならない。そして水産増養殖研究にとってもっと基本的で重要な研究は生物が水中で生活するために体表をおおう上皮細胞や硬組織がどのような形状をとり，生理的調整をおこなっているかを知ることである。ここでも生鉱物学で使われる方法と理論が重要な役割を演ずるであろう。

X 要　　約

1) 真珠袋上皮細胞の Ca 代謝を支配する因子を移植実験および養殖実験によって調査し，個体のもつ特質，生活力，生理状態，および環境と時間の経過に対応した貝の生理が真珠袋の Ca 代謝にどんな形で影響し，真珠の物性（品質）に反映するかを生鉱物学的立場から論じた。

2) ある環境条件のもとで貝は種に特有な Ca 代謝能力をもっているが，各個体についてみると外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力は個体間でわずかではあるが個体差が認められる。したがって，真珠袋上皮細胞の Ca 代謝能力はまず移植片給与体の外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力によってその上限が制約される。

3) 真珠袋上皮細胞は真珠形成に必要な素材を宿主の物質代謝系をとおして供給されるから，真珠袋の Ca 代謝能力が最大に発揮できるかどうかは宿主のもつ特質，生活力および生理状態にかかつている。

4) 真珠袋および宿主の Ca 代謝は環境や時間の経過に対応する宿主の生理状態によって大きく制約され，真珠と貝殻はS字型曲線を一年周期で描きながら互いに類似した傾向を示しながら成長する。したがって真珠袋の Ca 代謝は空間的あるいは時間的に異なる環境の差を直接および間接に強く受けている。

5) Ca 代謝量は貝の生理状態および環境条件の影響を強く受けて変化する。したがって，貝殻真珠層の厚さはそれに接する外套膜外面上皮細胞の個体による本来の Ca 代謝能力を表現するよりは，むしろ貝の生活条件を反映した Ca 代謝量を意味する。

6) 真珠の成長量は環境条件が貝の生理状態を制約する系および外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力の個体差とからだけでは充分に説明できず，移植片に与えられた再生条件で変わり得る真珠袋の構造や宿主組織との癒着状態や外套膜の位置による上皮細胞の Ca 代謝能力の差によってもかなり変動すると考えられる。

7) 挿核技術者の技術は移植片の再生条件を変える主な要素の一つである。

8) アコヤガイの外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝量は大部分の場合左右で多少異なるが，いずれの側が大きいかは個体によってまちまちである。

9) 外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力や量と黄色色素代謝とは無関係である。

10) 真珠の表面色，光沢性，透明性，平滑度，硬度などの物性は真珠袋の Ca 代謝の量と状態の差異によって影響される真珠層の層状構造および粒状構造の差によって決定され，

同じ条件下で養殖された多くの真珠の物性は真珠の成長量とおおざっぱに正の相関を示す。

11) 無機環境条件が類似し，しかもその時点の Ca 代謝量が同じであったとしても真珠袋上皮細胞および宿主の生理的履歴が正反対であるならば，真珠袋の Ca 代謝の状態はかなり異なり，真珠の物性は変化する。一般的にいって9月以降12月頃までのように Ca 代謝の状態が安定していれば鋭い光の干渉をおこさせるような規則的な層状構造の真珠層が形成され，冬眠覚醒後9月頃までのように不安定であるとぼけた銀白色の真珠層が形成される。

12) アコヤガイ真珠の主たる実体色である黄色は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に選べば発現しない（和田，1969）のに対して，真珠の成長量，すなわち巻きは移植片給与体の外套膜外面上皮細胞の Ca 代謝能力によって真珠袋上皮細胞の Ca 代謝能力の上限がまず規定され，真珠袋の Ca 代謝の量や状態は移植片に与えられた再生条件，宿主の生理状態や養殖環境によって具体的に決定されるから，真珠の巻きや物性を体系的に養殖管理するためには，黄色色素を分泌する貝と分泌しない貝を選抜し，また Ca 代謝能力の大きい貝，耐病性の大きい貝，環境に対する適応度の大きい貝などを作り，移植技術の改良，宿主の生理状態や環境条件と品質形成との関係を更に具体的な形でとりだすことが必要である。

13) 真珠形成の生鉱物学的知見と養殖実験結果とを相互に浸透せしめ，真珠の品質形成機構のうち Ca 代謝の調整機構について論じた。

XI 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林知夫所長に謹んで感謝の意を表する。また硬度の測定に協力して下さった明石製作所酒井俊男氏と光沢量の測定に便宜を下さった神戸真珠検査所木村銀司所長に深謝する。なお VI-7 で使用した標本は西飯技官に借用した。

XII Summary

Outer epithelial cells of a mantle piece which is transplanted in the gonad of *Pinctada fucata* rearrange around an inserted pearl nucleus to form a pearl-sac, in the inside of which a pearl is produced. The pearl-sac consists of a line of epithelial cells settling on basement cells, which adhere to the tissue of the host oyster (Figs. 3 and 4). The free surface of a pearl-sac epithelium is covered with numerous microvilli (Fig. 2). They have many granular endoplasmic reticulum, vesicles, small and large vacuoles and few mitochondria.

The nacreous pearl which occurs from the fluid secreted through the epithelial cells of a pearl-sac shows an alternate layers of interlamellar matrix and mineral lamella concentrically formed round a pearl nucleus (Fig. 13). The lamellar struc-

ture of the nacre is influenced by the state and amount of calcium metabolism in the epithelial cells varied with physiological condition of a host oyster and seasonal and local changes of environment (Figs. 37 and 46), and is in close relation to the quality of a pearl such as colors of laminar diffraction, luster, transparency, hardness, etc.

It seems that the amount of calcium metabolism in outer mantle epithelium depends on species under a definite environmental condition, though it is somewhat different among individuals. Accordingly, a maximum of calcium metabolism in a pearl-sac epithelium appears to be originated from that in the outer mantle epithelium of *Pinctada fucata* used as a donor. Whether the amount of calcium metabolism in the pearl-sac epithelium is done at its maximum is controlled by physiological condition and activity of the host oyster, since the pearl-sac gets all matters required to pearl formation through the metabolic processes of the host oyster. The metabolic processes are governed by the seasonal change of temperature, and in *Pinctada fucata* the growth of pearl and shell exhibits an S-shaped curve in a year, as seen in Figs. 29 and 31. Besides the above-mentioned factors, the process of regeneration of a grafted mantle epithelium may be involved in the submicroscopic structure of the formed pearl-sac which assumes to be an influence on calcium metabolism in the pearl-sac epithelium.

XIII 文　　献

Alverdes, F. 1913. Ueber Perler und Perlbildung. Z. f. wiss. Zool. **105**: 593—633.

Anderson, B. W. and Rayne, C. J. 1939. Gemnol. **8**. (小林新二郎・渡部哲光著「真珠の研究」技報堂 p. 218 より引用)

青木　駿　1956. 真珠袋形成に関する研究，特に秋と初冬に作業を行つた場合について，国立真珠研報 **1**: 41—46.

Bevelander, G. and Nakahara, H. 1969. An electron microscope study of the formation of the nacreous layer in the shell of certain bivalve molluscs. Calc. Tiss. Res. **3**: 84—92.

深見　章・四本晴夫　1956. カーボンの真空蒸発法およびカーボン蒸着膜の特性と応用について，電子顕微鏡 **4**: 166—173.

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.

五カ所浦青年会　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.

波多野博行　1969. アコヤガイにおけるカルシウムの分泌機構とコンキリオンの生成について，硬組織研究（医歯薬出版）443—449.

v. Hessling, T. 1857. Ueber die Ursachen der Perlbildung bei *Unio margaritifera*. Zeitschr.

f. wiss. Zool. **9**：
Kado, Y. 1960. Studies on shell formation in molluscs. J. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B, **19**：163—210.
戒能孝和・浜崎　弘・田中一夫　1960*a*. 各養殖かごにおける収容密度が成長に及ぼす影響について. 愛媛水試報告（昭和30～34年）：262—268.
戒能孝和・浜崎　弘　1960*b*. 真珠品質に関する試験. 愛媛水試事業報告（昭和35年度）：220—226.
戒能孝和　1962. 真珠の品質に関する試験. 真研会報 **6**（3）：51—58.
Kawaguti, S. and Ikemoto, N. 1962. Electron microscopy on mantle of a bivalve, *Fabulina nitidula*. Biol. J. Okayama Univ. **8**（1-2）：21—30.
河合清三　1954. アコヤガイの物質代謝に関する研究. II. 各種組織の carbonic anhydrase 活性度の年令ならびに季節による変動. 生理生態 **6**：23—27.
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.
Kniprath, E. 1971. Cytochemische Lokalisation von Kalzium im Mantelepithel von *Lymnaea stagnalis* (Gastropoda). Histochemie **25**：45—51.
小林新二郎　1951. 真珠の品質と真珠貝の養殖深度との関係（予報）. 真珠の研究 **2**（1・2）：40—43.
小林新二郎・渡部哲光　1959. 真珠の研究（技報堂）
町井　昭・中原　晧　1957. 真珠袋の組織学的研究 II. 季節による真珠袋形成速度の差異. 国立真珠研報 **2**：107—112.
町井　昭　1958. 真珠袋の組織学的研究 VI. 核及びピースの大きさによる真珠袋形成速度の差異. 国立真珠研報 **4**：283—286.
町井　昭　1961. "あとづけ" に関する研究 III. 真珠袋の形成. 国立真珠研報 **6**：642—646.
町井　昭　1968. 真珠袋形成に関する組織学的研究. 国立真珠研報 **13**：1489—1539.
見瀬辰平　1907.（丹下孚，真珠養殖業小史. 真珠養殖全書：507—546 より引用）
宮村光武・牧戸二彦　1958. 挿核施術に使用する外套膜片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.
宮内徹夫　1966. 真珠養殖（高島真珠養殖所）.
宮内徹夫　1970. アコヤガイの活力判定法に関する研究一特に活力指標としての貝殻運動と貝殻形成力について一. 真珠技術研究会報 **8**（3•4）：1—221.
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.
中原　晧・町井　昭　1956. 真珠袋の組織学的研究 I. 異常真珠と正常真珠の真珠袋の比較. 国立真珠研報 **1**：10—13.
中原　晧　1961*a*. 真珠袋の組織学的研究 VII. メタクロマジー物質の行動. 国立真珠研報 **6**：541—545.
中原　晧　1961*b*. テトラサイクリンの使用による真珠層の生長度の測定. 国立真珠研報 **6**：607—614.
中原　晧　1962. アコヤガイとハボウキガイの外とう膜における粘液物質の行動について. 国立真珠研報 **8**：871—878.
Nakahara, H. and Bevelander, G. 1967. Ingestion of particulate matter by the outer surface cells of the mollusc mantle. J. Morph. **122**：139—146.
中山伊知郎　1951. 統計学辞典（東洋経済新報社）：p. 869.
西飯　保・清水進平・谷口宮三郎　1961. 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 II. 貝そうじ及びかご交換の回数とアコヤガイの成長ならびに真珠の品質との関係. 国立真珠研報 **6**：670—675.
西飯　保　1965. アコヤガイの成長を測定するために用いた水中重量検討. 国立真珠研報 **10**：1264—1282.
西川藤吉　1907. 西川式特許実施団規約. 楠木常一家文書.
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.
Raman, C. V. 1935. On iridescent shell. II Body-colours and diffusion-haloes. Proc. Ind. Aca. Sci. **1**：859—870.
阪口清次　1968. アコヤガイに寄生する吸虫の生活史ならびにその病害について. 国立真珠研報 **13**：1635—1688.

佐藤泰山　1968. 超薄切片用鉛染色法の一改良法．電子顕微鏡学会誌 **17**：158.
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—481.
沢田保夫・谷口宮三郎　1964. 真珠の生化学的研究 VIII. アコヤガイにおける貝殻および真珠の成長ならびに軟体部の化学成分の季節的変動について．国立真珠研報 **9**：1065—1072.
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.
関　政夫・山口　昇　1962. 密殖漁場の巻きについて．真珠技術研究会 **2**（2）：13—19.
関　攻夫　1968. 外海漁場での真珠養殖（II）．真珠技術研究会 **7**(1)：12—20.
関　政夫　1969. 真珠と環境，特に水温と密殖の影響について．真珠技術研究会 **7**(4)：1—19.
茶木洋二　1958. 母貝育成に関する研究（1）浜島湾迫子浦に於ける母貝育成について．真珠研究会報 **3**(8)：9—13.
茶木洋二・田所　瑛　1962. 母貝育成に関する研究（2）クレモナ・パールネット段籠，金網平籠，金網トランク籠を使用した場合の母貝育成について．真珠研究会報 **6**（3）：40—44.
茶木洋二　1962. 母貝育成に関する研究（3）種々の養殖方法がアコヤ貝の生長に及ぼす影響について．真珠研究会報 **6**（3）：45—50.
Tsujii, T. 1960. Studies on the mechanism of shell- and pearl-formation in mollusca. J. Fac. Fish. Pref. Univ. of Mie **5**：1—70.
Tsujii, T. 1968. Studies on the mechanism of shell- and pearl- formation. X. The submicroscopic structure of the epithelial cells on the mantle of pearl oyster, *Pteria* (*Pinctada*) *martensii* (Dunker). J. Fac. Fish. Pref. Univ. of Mie **6**：41—57.
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.
和田浩爾　1957. アコヤガイ介殻構造の電子顕微鏡的観察 II．真珠層表面の Aragonite Crystals の観察．国立真珠研報 **2**：74—85.
和田浩爾　1959. 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 I．衰弱した貝での真珠形成．国立真珠研報 **5**：381—394.
和田浩爾　1961$_a$. 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変化．国立真珠研報 **6**：586—606.
Wada, K. 1961$_b$. Crystal growth of molluscan shells. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. **7**：703—828.
和田浩爾　1962. 真珠形成機構の生閉物学的研究．国立真珠研報 **8**：948—1059.
Wada, K. and Sakai, T. 1963. Laminary structure of cultured pearls observed with electron microscope-II. Direct observations on the ultrathin sections of a nacreous layer pearl by using a diamond knife. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. **29**：658—662.
和田浩爾　1966. 軟体動物の石灰化組織の鉱物化に関する研究 XIII. 外套における粘液細胞の分布状態とその内容の組織化学的研究．国立真珠研報 **11**：1283—1297.
Wada, K. 1967. Studies on the mineralization of the calcified tissue in molluscs XIV. Modification of the amino acid pattern of proteins in the extrapallial fluid during the process of formation and mineralization of nacreous conchiolin in some bivalves. Bull. Jap. soc. Sci. Fish. **33**：613—617.
和田浩爾　1968$_a$. 真珠層の成長機構．国立真珠研報 **13**：1561—1596.
和田浩爾　1968$_b$. 真珠組織の傷み度合からみた加工処理法の評価．真珠加工の知識 2（日本真珠輸出加工協同組合）：10—21.
和田浩爾　1968$_c$. 生鉱物学の真珠養殖への展開．真珠技術研究会 **7**（2）：6—15.
和田浩爾　1969$_a$. 軟体動物の貝殻形成機構—とくに鉱物化について—．硬組織研究（医歯薬出版）：399—430.
和田浩爾　1969$_b$. 黄色真珠の生成に関する実験生物学的研究．国立真珠研報 **14**：1765—1820.
和田浩爾　1969$_c$. 真珠漁場の水温と真珠の成長ならびに光沢について．水産海洋研究会報特別号，宇田道隆教授退官記念論文集：299—301.
Wada, K. 1970$_a$. Crystal growth of aragonite in the nacre of some bivalves. 国際生鉱物シンポジウム（Mainz）にて口頭発表．Abstracts, p. 32.
Wada, K. 1970$_b$. The structure and formation of pearl—Recent microscopic and chemical

investigations of pelecypod nacre—. in "Profiles of Japanese Science and Scientists 1970" Kodansha : 227—244.

和田浩爾・古橋 保 1971a. 軟体動物の石灰化組織の鉱物化に関する研究 XVIII. 外套膜が分泌する粘液の酸性多糖体. 日水誌 37 : 13—17.

Wada, K. 1971b. Nucleation and growth of aragonite crystal in the nacre of some bivalve molluscs. Biomineralization (印刷中)

渡部哲光 1952. アコヤ貝に於ける真珠の巻きと水温との関係. 真珠の研究 2 (4) : 21—26.

Watabe, N. 1955. Relations between the qualities of the cultured pearl and the culture-depth and the position of the nucleus-insertion. Bull. Biogeograph. Soc. Jap. 16—19 : 93—97.

Wilbur, K. M. and Jodrey, L. H. 1955. Studies on shell formation. V. The inhibition of shell formation by carbonic anhydrase inhibitors. Biol. Bull. 108 : 359—365.

Wilbur, K. M. 1960. Shell structure and mineralization in molluscs. in "Calcification in Biological System" Amer. Assoc. Adrance. Sci : 15-40.

Wilbur, K. M. 1964. Shell formation and regeneration. in "Physiology of Mollusca" (Academic Press.) 1 : 243—282.

山口一登・太田 繁・片田清次 1956. 真珠母貝の成長に関する研究 I. 養殖籠の収容密度及び貝掃除の回数が成長に及ぼす影響について. 国立真珠研報 1 : 18—21.

山口一登 1956. 真珠養殖における垂下様式と真珠の巻き及び色について. 国立真珠研報 1 : 22—24.

山口一登・太田 繁・丹下 孚・片田清次 1957. 養殖環境と挿核部位による真珠の色及び巻きの差異について. 国立真珠研報 2 : 137—141.

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.

XIV 付　表

付表Ⅰ．宿主の貝殻重量，真珠の成長量と真珠の色座標 x, y および三色刺戟値 Y（30分割法により算出）との関係。

付表Ⅱ．真珠の成長量，光沢量と真珠の色座標 x, y および三色刺戟値Yとの関係。

付表Ⅲ．外套縁膜および中央より作った移植片を移植して生成した真珠の成長量と真珠の色座標 x, y および三色刺戟値 X，Y，Z の比較。

付表Ⅳ．衰弱貝の外套縁膜より作った移植片を移植して生成した真珠の成長量と真珠の色座標 x，y および三色刺戟値 X，Y，Z。

付表ⅠとⅡに記録した標本は1967年7月15日に移植手術をおこなったもののうちフクロとウカシから同時に採集できた真珠層真珠だけである。移植片 No. の欄中第1項の w および y はそれぞれ移植片給与体の貝殻真珠層色が白色系あるいは黄色系かを示し，その下付きの数字は移植片給与体の No.を，第2項の数字は移植片 No.を，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かを表わす。なお貝殻重量は採集時の貝殻の乾燥空中重量である。

付表ⅢとⅣに記録した標本は1968年7月18日に移植手術をおこなった各実験群のうち，重量に影響するような異質物や突起をもたない真珠層真珠だけである。

付 表 I

宿主 No	宿主貝殻重量(g)	移植部位	移植片 No	真珠の増重量(mg)	Y	x	y
1	23.1	フクロ	w_1- 1-L	44.0	4.5951	0.3051	0.3263
		ウカシ	w_1- 2-L	47.0	5.1851	0.3140	0.3289
2	26.2	フクロ	w_1- 3-L	66.0	4.6968	0.3095	0.3275
		ウカシ	w_1- 4-L	50.9	5.1901	0.3130	0.3316
3	28.1	フクロ	w_1- 5-R	83.0	5.6084	0.3083	0.3256
		ウカシ	w_1- 6-R	87.9	5.7401	0.3085	0.3236
4	25.4	フクロ	w_2- 1-L	48.2	4.6418	0.3060	0.3230
		ウカシ	w_2- 2-L	38.0	4.4984	0.3028	0.3213
5	25.9	フクロ	w_2- 3-L	86.5	5.6451	0.3136	0.3307
		ウカシ	w_2- 4-L	65.9	5.0851	0.3148	0.3285
6	19.5	フクロ	w_2- 5-L	18.1			
		ウカシ	w_2- 6-L	15.9	5.7651	0.3144	0.3314
7	26.6	フクロ	w_2- 7-L	88.0	5.7951	0.3153	0.3368
		ウカシ	w_2- 8-L	81.1	6.1451	0.3228	0.3380
8	22.8	フクロ	w_2- 9-R	63.4	5.7201	0.3134	0.3271
		ウカシ	w_2-10-R	34.0	5.6118	0.3090	0.3267
9	19.2	フクロ	w_2-11-R	53.9	4.2684	0.3200	0.3319
		ウカシ	w_2-12-R	40.2	4.4818	0.3074	0.3309
10		フクロ	w_2-13-R	44.2	4.6918	0.3081	0.3222
		ウカシ	w_2-14-R	47.2	4.2951	0.3072	0.3231
11	25.0	フクロ	w_3- 1-L	27.4	4.7051	0.3110	0.3271
		ウカシ	w_3- 2-L	37.1	4.4351	0.3117	0.3255
12	28.7	フクロ	w_3- 3-R	54.9	5.0601	0.3113	0.3254
		ウカシ	w_3- 4-R	65.9	4.8001	0.3090	0.3212
13	22.2	フクロ	w_4- 1-L	18.8	3.5517	0.2919	0.3136
		ウカシ	w_4- 2-L	21.4	4.3301	0.2983	0.3157
14	27.7	フクロ	w_4- 3-L	43.0	5.4168	0.3058	0.3264
		ウカシ	w_4- 4-L	43.6	5.0851	0.3137	0.3230
15	24.0	フクロ	w_4- 5-L	28.0	4.5518	0.3035	0.3217
		ウカシ	w_4- 6-L	23.0	4.1367	0.3004	0.3081
16	18.8	フクロ	w_4- 7-L	15.5	4.9868	0.3087	0.3237
		ウカシ	w_4- 8-L	25.9	4.2018	0.3078	0.3207
17	20.5	フクロ	w_4- 9-L	27.0	3.9451	0.2985	0.3175
		ウカシ	w_4-10-L	26.5	4.0167	0.3005	0.3189
18	20.1	フクロ	w_4-11-R	29.0	5.0568	0.3147	0.3271
		ウカシ	w_4-12-R	27.9	5.0301	0.3099	0.3279
19	21.1	フクロ	w_5- 1-L	28.9	4.9084	0.3141	0.3294
		ウカシ	w_5- 2-L	31.0	4.5451	0.3019	0.3247
20	25.2	フクロ	w_5- 3-L	37.1	4.5718	0.3051	0.3215
		ウカシ	w_5- 4-L	34.8	4.8184	0.3136	0.3261
21	27.7	フクロ	w_5- 5-R	41.0	5.5501	0.3106	0.3249
		ウカシ	w_5- 6-R	61.6	5.6451	0.3158	0.3284

附　表　1

宿主 No	宿主貝殻重量(g)	移植部位	移植片 No	真珠の増重量(mg)	Y	x	y
22	20.6	フクロ	w_6-1- L	39.1	5.2484	0.3079	0.3270
		ウカシ	w_6-2- L	40.0	5.0784	0.3080	0.3279
23	21.4	フクロ	w_6- 3-L	27.2	4.6584	0.3065	0.3209
		ウカシ	w_6- 4-L	35.0	4.9418	0.3133	0.3296
24	23.9	フクロ	w_6- 5-L	33.1	4.7818	0.3089	0.3255
		ウカシ	w_6- 6-L	24.0	4.4318	0.3079	0.3192
25	21.8	フクロ	w_6- 7-L	30.0			
		ウカシ	w_6- 8-L	32.0	4.0917	0.3049	0.3120
26	21.8	フクロ	w_6- 9-R	32.0	4.7668	0.3050	0.3230
		ウカシ	w_6-10-R	27.2	5.1151	0.3128	0.3228
27	21.4	フクロ	w_6-11-R	47.4	4.8351	0.3055	0.3233
		ウカシ	w_6-12-R	47.4	4.9768	0.3074	0.3277
28	21.4	フクロ	w_6-13-R	49.0	4.5418	0.3066	0.3199
		ウカシ	w_6-14-R	39.4	4.4284	0.3021	0.3172
29	24.9	フクロ	w_{12}- 1-L	94.5	4.8668	0.3128	0.3391
		ウカシ	w_{12}- 2-L	87.0	5.2084	0.3297	0.3476
30	22.9	フクロ	y_1- 1-L	25.8	4.6418	0.3144	0.3329
		ウカシ	y_1- 2-L	37.9	4.5718	0.3231	0.3275
31	19.4	フクロ	y_1- 3-L	12.3	4.8201	0.3228	0.3341
		ウカシ	y_1- 4-L	20.9	4.4401	0.3123	0.3350
32	24.4	フクロ	y_1- 5-L	24.1	4.7618	0.3111	0.3286
		ウカシ	y_1- 6-L	34.0	5.1068	0.3095	0.3290
33	24.9	フクロ	y_1- 7-L	31.4	5.4534	0.3129	0.3406
		ウカシ	y_1- 8-L	37.1	4.8951	0.3093	0.3475
34	19.3	フクロ	y_1- 9-R	24.0	4.1067	0.3085	0.3279
		ウカシ	y_1-10-R	20.8	4.3284	0.3123	0.3347
35	26.7	フクロ	y_1-11-R	77.1	6.0285	0.3232	0.3433
		ウカシ	$y1$-12-R	93.2	5.4468	0.3086	0.3244
36	22.9	フクロ	y_2- 1-L	21.1	4.8284	0.3188	0.3282
		ウカシ	y_2- 2-L	23.0	5.2651	0.3134	0 3308
37	24.1	フクロ	y_2- 3-L	37.0	4.9151	0.3109	0.3294
		ウカシ	y_2- 4-L	34.8	5.0484	0.3101	0.3313
38	25.5	フクロ	y_2- 5-L	35.0	6.3335	0.3320	0.3478
		ウカシ	y_2- 6-L	33.9	6.3218	0.3225	0.3402
39	20.5	フクロ	y_2- 7-R	23.5	5.0118	0.3134	0.3299
		ウカシ	y_2- 8-R	29.0	5.1018	0.3155	0.3289
40	23.2	フクロ	y_2-9- R	33.8	4.6718	0.3179	0.3345
		ウカシ	y_2-10-R	26.5	4.7951	0.3118	0.3407
41	23.4	フクロ	y_3- 1-L	45.9	4.9618	0.3150	0.3272
		ウカシ	y_3- 2-L	34.8	4.9368	0.3123	0.3301
42	19.5	フクロ	y_3- 3-L	26.2	4.5684	0.3175	0.3319
		ウカシ	y_3- 4-L	43.1	4.4801	0.3224	0.3378
43	22.3	フクロ	y_3- 5-L	30.8	4.8401	0.3132	0.3301
		ウカシ	y_3- 6-L	35.5	5.3068	0.3151	0.3273
44	22.4	フクロ	y_3- 7-R	69.0	5.0184	0.3214	0.3253
		ウカシ	y_3- 8-R	79.8	5.4368	0.3212	0.3300

付 表 I

宿主 No	宿主貝殻重量(g)	移植部位	移植片 No	真珠の増重量(mg)	Y	x	y
45	27.7	フクロ	y_3- 9-R	92.0	6.4518	0.3200	0.3319
		ウカシ	y_3-10-R	66.1	6.5585	0.3137	0.3278
46	20.7	フクロ	y_3-11-R	21.2	5.2268	0.3144	0.3303
		ウカシ	y_3-12-R	20.0	5.4651	0.3129	0.3280
47	27.1	フクロ	y_4- 1-L	103.2	5.0501	0.3266	0.3468
		ウカシ	y_4- 2-L	81.1	5.0434	0.3170	0.3363
48	26.0	フクロ	y_4- 3-L	72.0	5.0551	0.3278	0.3592
		ウカシ	y_4- 4-L	47.9	4.7068	0.3127	0.3342
49	25.6	フクロ	y_4- 5-L	77.0	5.0551	0.3219	0.3626
		ウカシ	y_4- 6-L	79.0	5.2434	0.3128	0.3355
50	26.4	フクロ	y_4- 7-L	76.0	5.5018	0.3139	0.3320
		ウカシ	y_4- 8-L	81.4	5.1834	0.3074	0.3469
51	23.3	フクロ	y_4- 9-L	48.2	4.5851	0.3119	0.3298
		ウカシ	y_4-10-L	52.0	4.3968	0.3078	0.3216
52	22.2	フクロ	y_4-11-R	49.0	5.4851	0.3174	0.3372
		ウカシ	y_4-12-R	77.0			
53	23.5	フクロ	y_4-13-R	94.1	5.8785	0.3172	0.3350
		ウカシ	y_4-14-R	68.0	5.0150	0.2995	0.3225
54	20.3	フクロ	y_5- 1-L	17.5	4.2501	0.3175	0.3472
		ウカシ	y_5- 2-L	17.3	5.1234	0.3331	0.3546
55	21.6	フクロ	y_5- 3-L	28.2	4.5168	0.3234	0.3460
		ウカシ	y_5- 4-L	25.0	5.2118	0.3203	0.3391
56	21.8	フクロ	y_5- 5-R	99.5	5.6018	0.3384	0.3562
		ウカシ	y_5- 6-R	93.5	5.7651	0.3405	0.3589
57	25.8	フクロ	y_6- 1-L	39.0	4.9184	0.3336	0.3564
		ウカシ	y_6- 2-L	45.0	5.1234	0.3374	0.3603
58	24.8	フクロ	y_6- 3-L	43.0	4.6384	0.3471	0.3687
		ウカシ	y_6- 4-L	14.0			
59	20.8	フクロ	y_6- 5-L	74.9	4.9718	0.3500	0.3622
		ウカシ	y_6- 6-L	49.0	4.8868	0.3487	0.3664
60	26.5	フクロ	y_6- 7-L	44.0	5.1901	0.3176	0.3311
		ウカシ	y_6- 8-L	43.4	5.0668	0.3188	0.3292
61	22.5	フクロ	y_6- 9-L	34.0	4.7201	0.3301	0.3531
		ウカシ	y_6-10-L	32.9	4.5784	0.3275	0.3482
62	19.7	フクロ	y_6-11-L	15.9	4.4434	0.3247	0.3500
		ウカシ	y_6-12-L	22.1	4.2734	0.3155	0.3312
63		フクロ	y_6-13-L	84.2	5.7368	0.3279	0.3563
		ウカシ	y_6-14-L	103.9	5.2684	0.3301	0.3443
64	19.9	フクロ	y_6-15-R	30.4	3.8284	0.3072	0.3285
		ウカシ	y_6-16-R	25.0	4.1084	0.3108	0.3292
65	20.0	フクロ	y_6-17-R	48.2	4.9968	0.3356	0.3568
		ウカシ	y_6-18-R	29.0	5.0751	0.3200	0.3403

付　表 I

宿主 No	宿主貝殻重量(g)	移植部位	移植片 No	真珠の増重量(mg)	Y	x	y
66	20.9	フクロ	y_{12}- 1-L	30.8	4.4701	0.3107	0.3320
		ウカシ	y_{12}- 2-L	35.0	4.0484	0.3077	0.3243
67	28.8	フクロ	y_{12}- 3-R	105.5	5.9235	0.3138	0.3272
		ウカシ	y_{12}- 4-R	70.0	5.6201	0.3117	0.3309
68	24.8	フクロ	y_{12}- 5-R	36.8	4.9484	0.3086	0.3244
		ウカシ	y_{12}- 6-R	42.5	5.2551	0.3130	0.3283
69	23.1	フクロ	y_{12}- 7-R	50.0			
		ウカシ	y_{12}- 8-R	64.8			
70	23.7	フクロ	y_{12}- 9-R	53.0			
		ウカシ	y_{12}-10-R	63.4			
71	24.6	フクロ	y_{13}- 1-L	35.0	5.7301	0.3148	0.3315
		ウカシ	y_{13}- 2-L	16.0	4.5468	0.3159	0.3298
72	29.2	フクロ	y_{13}- 3-R	91.0	5.9368	0.3208	0.3387
		ウカシ	y_{13}- 4-R	78.0			
73	25.4	フクロ	y_{14}- 1-L	67.2	5.4968	0.3213	0.3354
		ウカシ	y_{14}- 2-L	71.0	5.4834	0.3143	0.3231
74	24.1	フクロ	y_{14}- 3-R	47.9	5.2951	0.3155	0.3316
		ウカシ	y_{14}- 4-R	41.0	4.9618	0.3118	0.3270

付　表 II

宿主 No	移植部位	移植片 No	真珠の増重量(mg)	光沢量(%)	Y	x	y
75	フクロ	w_7- 1-L	33.0	21.2	4.6601	0.3208	0.3266
	ウカシ	y_7- 1-L	27.9	20.3	5.7918	0.3313	0.3727
76	フクロ	w_7- 2-L	19.2	20.5	5.7608	0.3157	0.3279
	ウカシ	y_7- 2-L	44.1	24.1	5.5834	0.3278	0.3551
77	フクロ	w_7- 3-L	31.2	20.7	4.5851	0.3049	0.3256
	ウカシ	y_7- 3-L	42.9	20.3	4.7901	0.3291	0.3576
78	フクロ	w_7- 4-L	40.8	23.0	4.8034	0.3083	0.3252
	ウカシ	y_7- 4-L	48.1	20.4	5.9135	0.3321	0.3564
79	フクロ	w_7- 5-L	36.0	24.1	5.7484	0.3068	0.3281
	ウカシ	y_7- 5-L	36.0	21.2	5.3834	0.3557	0.3525
80	フクロ	w_7- 6-L	24.1				
	ウカシ	y_7- 6-L	34.1				
81	フクロ	w_7- 7-L	20.2	18.0	4.9434	0.3142	0.3311
	ウカシ	y_7- 7-L	32.8	21.3	5.6451	0.3451	0.3590
82	フクロ	w_7- 8-L	49.5	23.1	4.6334	0.3063	0.3139
	ウカシ	y_7- 8-L	52.0	24.6	5.4318	0.3230	0.3381
83	フクロ	w_7- 9-R	19.1	18.0	5.6234	0.3059	0.3277
	ウカシ	y_7- 9-R	39.0	20.0	5.5701	0.3365	0.3591
84	フクロ	w_7-10-R	38.0	18.7	5.1334	0.3098	0.3239
	ウカシ	y_7-10-R	43.4	21.2	5.9835	0.3374	0.3647
85	フクロ	w_7-11-R	16.0	18.5	5.2351	0.3132	0.3295
	ウカシ	y_7-11-R	24.5	17.5	5.3884	0.3219	0.3407
86	フクロ	w_7-12-R	12.5		5.9735	0.3144	0.3279
	ウカシ	y_7-12-R	17.0		5.5284	0.3214	0.3405
87	フクロ	w_7-13-R	58.0				
	ウカシ	y_7-13-R	50.9		5.8418	0.3210	0.3406
88	フクロ	w_7-14-R	30.0				
	ウカシ	y_7-14-R	37.1				
89	フクロ	w_7-15-R	34.0				
	ウカシ	y_7-15-R	57.6	22.7	4.8201	0.3162	0.3405
90	フクロ	w_7-16-R	33.1	21.7	5.8435	0.3140	0.3314
	ウガシ	y_7-16-R	32.2	18.3	5.5318	0.3400	0.3647
91	フクロ	y_8- 1-L	32.9	19.3	4.3884	0.3134	0.3306
	ウカシ	w_8- 1-L	35.0	19.0	4.0917	0.3032	0.3176
92	フクロ	y_8- 2-L	27.2	20.7	6.1435	0.3153	0.3296
	ウカシ	w_8- 2-L	27.9	22.0	5.7001	0.3119	0.3293
93	フクロ	y_8- 3-L	40.2	22.5	5.4451	0.3248	0.3468
	ウカシ	w_8- 3-L	57.8				
94	フクロ	y_8- 4-L	28.4	21.5	4.5418	0.3102	0.3270
	ウカシ	w_8- 4-L	36.9				
95	フクロ	y_8- 5-L	35.9	22.8	5.3551	0.3185	0.3368
	ウカシ	w_8- 5-L	38.5	21.3	4.9884	0.3110	0.3285
96	フクロ	y_8- 6-L	33.8		6.1901	0.3322	0.3544
	ウカシ	w_8- 6-L	29.4		6.1001	0.3167	0.3296
97	フクロ	y_8- 7-L	33.6	21.5	5.0351	0.3250	0.3426
	ウカシ	w_8- 7-L	37.2	22.9	4.9668	0.3059	0.3242
98	フクロ	y_8- 8-L	45.1	24.2	5.3418	0.3132	0.3247
	ウカシ	w_8- 8-L	52.4				

付　表 Ⅱ

宿主 No	移植部位	移植片 No	真珠の増重量(mg)	光沢量(%)	Y	x	y
99	フクロ	y_8- 9-L	40.0	23.4	4.6134	0.3061	0.3233
	ウカシ	w_8- 9-L	55.1				
100	フクロ	y_8-10-R	26.1	20.8	5.0634	0.3158	0.3276
	ウカシ	w_8-10-R	34.0				
101	フクロ	y_8-11-R	38.8	21.0	6.1451	0.3191	0.3409
	ウカシ	w_8-11-R	30.4	19.7	6.8051	0.3125	0.3287
102	フクロ	y_8-12-R	21.0	18.8	4.6268	0.3161	0.3308
	ウカシ	w_8-12-R	40.2	22.2	4.6301	0.3086	0.3210
103	フクロ	y_8-13-R	25.8	17.7	4.4551	0.3024	0.3233
	ウカシ	w_8-13-R	30.5	19.9	4.8684	0.3087	0.3237
104	フクロ	y_8-14-R	46.2	22.6	4.7684	0.3032	0.3251
	ウカシ	w_8-14-R	62.0	22.8	4.9818	0.3027	0.3160
105	フクロ	y_8-15-R	45.0				
	ウカシ	w_8-15-R	32.5	20.2	5.2168	0.3076	0.3246
106	フクロ	y_8-16-R	22.1	21.4	5.7151	0.3143	0.3297
	ウカシ	w_8-16-R	38.4	21.4	5.7951	0.3104	0.3270
107	フクロ	y_8-17-R	55.0				
	ウカシ	w_8-17-R	73.0				
108	フクロ	y_8-18-R	24.1		5.3551	0.3317	0.3538
	ウカシ	w_8-18-R	46.5				
109	フクロ	y_9- 1-L	25.5	18.7	5.8518	0.3293	0.3544
	ウカシ	w_9- 1-L	37.9	21.9	5.2234	0.3230	0.3410
110	フクロ	y_9- 2-L	52.4		6.0418	0.3436	0.3668
	ウカシ	w_9- 2-L	52.0		6.1501	0.3189	0.3369
111	フクロ	y_9- 3-L	15.0		5.1318	0.3311	0.3590
	ウカシ	w_9- 3-L	30.5				
112	フクロ	y_9- 4-R	15.1	13.6	4.8568	0.3226	0.3528
	ウカシ	w_9- 4-R	34.5	18.0	4.8601	0.3163	0.3359
113	フクロ	y_9- 5-R	40.0	22.3	5.9318	0.3245	0.3421
	ウカシ	w_9- 5-R	50.2	21.3	5.1118	0.3150	0.3330
114	フクロ	y_9- 6-R	44.0		6.3868	0.3391	0.3614
	ウカシ	w_9- 6-R	42.0		5.7051	0.3216	0.3360
115	フクロ	y_9- 7-R	33.0		5.4051	0.3323	0.3560
	ウカシ	w_9- 7-R	57.6				
116	フクロ	y_9- 8-R	29.0		5.9568	0.3271	0.3539
	ウカシ	w_9- 8-R	40.8				
117	フクロ	y_9- 9-R	45.0		5.6801	0.3388	0.3608
	ウカシ	w_9- 9-R	64.0		6.1918	0.3219	0.3427
118	フクロ	y_9-10-R	38.5	20.7	4.6234	0.3244	0.3502
	ウカシ	w_9-10-R	44.0	21.8	5.1868	0.3227	0.3415
119	フクロ	y_9-11-R	41.0	22.8	5.9568	0.3197	0.3367
	ウカシ	w_9-11-R	53.5	15.4	4.1617	0.3194	0.3288
120	フクロ	y_9-12-R	34.9		5.5068	0.3329	0.3542
	ウカシ	w_9-12-R	42.0		3.9567	0.3126	0.3215
121	フクロ	y_9-13-R	35.9				
	ウカシ	w_9-13-R	41.0	19.8	4.9618	0.3220	0.3368

付　表 Ⅱ

宿主 No	移植部位	移植片 No	真珠の増重量(mg)	光沢量(%)	Y	x	y
122	フクロ	w_{10}- 1-R	36.0				
	ウカシ	y_{10}- 1-R	46.9				
123	フクロ	w_{10}- 2-R	39.9		4.9284	0.3167	0.3315
	ウカシ	y_{10}- 2-R	38.0		4.8034	0.3136	0.3305
124	フクロ	w_{10}- 3-R	44.2		4.8284	0.3107	0.3246
	ウカシ	y_{10}- 3-R	73.6		4.8851	0.3228	0.3422
125	フクロ	w_{10}- 4-R	37.5				
	ウカシ	y_{10}- 4-R	53.5		5.0018	0.3337	0.3490
126	フクロ	w_{11}- 1-L	46.0				
	ウカシ	y_{11}- 1-L	53.1	25.2	5.2534	0.3333	0.3538
127	フクロ	w_{11}- 2-L	30.0	16.7	5.5884	0.3096	0.3250
	ウカシ	y_{11}- 2-L	67.6				
128	フクロ	w_{11}- 3-L	46.0				
	ウカシ	y_{11}- 3-L	57.2				

付　表 Ⅲ

試料 No	移植片をとった部分	真珠の増重量(mg)	X	Y	Z	x	y
1	外套縁膜	9.0	5.3318	5.5168	6.4724	0.3078	0.3185
2		17.5	5.9684	6.1601	7.2362	0.3082	0.3181
3		30.8	5.2077	5.6335	6.6457	0.2978	0.3222
4		22.5	7.0368	7.0230	8.0551	0.3176	0.3182
5		14.8	5.1587	5.5434	6.2559	0.3042	0.3269
6		16.9	7.4475	7.7202	8.3662	0.3165	0.3281
7		14.0	6.7879	7.1101	7.7401	0.3137	0.3286
8		12.0	6.6835	6.8235	7.8504	0.2861	0.2921
9		22.9	5.4950	5.7401	6.9842	0.3016	0.3151
10		9.1	7.2059	7.4968	8.2716	0.3137	0.3263
11		25.0	5.7889	5.9201	5.9134	0.3279	0.3359
12		38.2	5.9129	6.1568	6.8701	0.3122	0.3251
13		20.2	6.4223	6.4603	7.5275	0.3147	0.3165
14		13.8	6.9545	7.5368	7.9331	0.3101	0.3361
15		12.0	5.9554	6.1368	6.7008	0.3169	0.3265
16		25.8	6.6965	7.1335	6.7008	0.3262	0.3475
17		12.2	5.8672	6.0335	7.4213	0.3037	0.3123
18		17.1	6.5039	6.7568	7.5905	0.3119	0.3240
19		20.0	6.9349	7.2568	7.6220	0.3179	0.3327
20		37.4	7.1177	7.4035	7.6278	0.3214	0.3343
21		58.4	6.5643	6.7185	7.6004	0.3143	0.3217
22		18.2	5.9097	6.1335	6.9055	0.3293	0.3417
23		38.0	6.9740	7.3035	7.6102	0.3186	0.3337
24		16.8	6.3668	6.6168	6.7362	0.3229	0.3355
25		26.6	7.1242	7.7852	8.3031	0.3069	0.3354
26		45.9	6.6035	7.2035	7.4311	0.3109	0.3392
27		36.9	6.6573	6.9368	7.8031	0.3111	0.3241
28		45.1	7.1634	6.7335	7.0413	0.3421	0.3216
29		52.0	6.9887	7.2035	8.2126	0.3119	0.3215
30		30.5	7.7250	8.0168	8.2638	0.3218	0.3340
31		33.0	7.6238	7.8485	8.5000	0.3180	0.3274
32		21.8	6.6835	7.2135	6.6535	0.3252	0.3510
33		51.9	7.8409	7.6202	8.1712	0.3318	0.3225
34		45.9	7.1389	7.3102	7.7047	0.3222	0.3300
35		41.0	7.8752	8.1535	7.2992	0.3376	0.3495
36		34.2	8.2001	8.3185	9.3405	0.3171	0.3217
37		43.2	6.4582	6.9735	6.8268	0.3188	0.3442
38		35.8	5.9799	6.1051	6.8248	0.3162	0.3229
39		25.0	6.0109	6.4735	7.0807	0.3072	0.3309
40		46.0	7.7919	7.5518	7.7047	0.3381	0.3276

付 表 Ⅲ

試料 No	移植片をとった部分	真珠の増重量(mg)	X	Y	Z	x	y
41	外套縁膜	33.1	7.8882	8.2985	8.8838	0.3146	0.3310
42		196.0	6.7602	6.9285	6.2992	0.3382	0.3466
43		45.1	6.3308	6.6801	7.3799	0.3105	0.3276
44		38.0	8.0352	8.3668	8.5708	0.3218	0.3350
45		11.0	6.9773	7.7235	8.4134	0.3019	0.3341
46		32.0	6.9316	7.2235	7.5000	0.3201	0.3463
47	外套中央	11.6	7.9013	8.1735	9.0984	0.3139	0.3123
48		21.2	7.2548	7.2402	8.2638	0.3188	0.3181
49		25.9	7.2352	7.4302	8.0236	0.3189	0.3275
50		9.0	6.7455	7.0268	7.6338	0.3151	0.3283
51		8.0	5.3350	5.1034	6.8543	0.3275	0.3132
52		10.6	6.2884	6.5368	7.3031	0.3124	0.3248
53		21.0	7.4377	7.7302	8.3858	0.3158	0.3282
54		3.1	6.8043	7.5268	7.9449	0.3055	0.3379
55		14.0	6.2557	6.5101	7.5394	0.3081	0.3206
56		18.5	7.0459	7.3468	8.1142	0.3131	0.3264
57		10.8	5.8607	6.1301	7.2244	0.3050	0.3190
58		11.2	7.2222	7.4935	7.9921	0.3180	0.3300
59		23.0	6.4582	6.9868	7.6535	0.3061	0.3312
60		22.4	6.2753	6.6668	8.1732	0.2972	0.3157
61		32.8	7.2434	7.1668	7.6122	0.3289	0.3254
62		30.2	7.3577	7.6335	8.2638	0.3164	0.3283
63		10.0	8.5837	8.9502	8.9331	0.3243	0.3382
64		23.0	7.5422	7.8335	8.5118	0.3157	0.3279
65		17.9	6.1447	6.4685	6.7874	0.3167	0.3334
66		10.1	5.7627	5.9935	7.0354	0.3067	0.3189
67		28.6	7.0034	7.3368	7.9882	0.3137	0.3286
68		28.8	5.7431	5.8885	6.9803	0.3086	0.3164
69		34.0	6.5267	6.1368	7.5551	0.3228	0.3035
70		37.9	6.6508	7.2168	7.8701	0.3060	0.3320
71		17.7	5.8084	6.0235	6.5394	0.3162	0.3279
72		17.0	7.4197	7.7702	8.6634	0.3111	0.3257
73		9.8	6.6084	6.8935	7.7283	0.3113	0.3247

付　表 Ⅳ

試料 No	移植片給与体の状態	真珠の増重量(mg)	X	Y	Z	x	y
1	衰弱貝 A	30.2	6.2296	6.4735	7.2598	0.3121	0.3243
2		25.1	6.8108	7.1135	8.1496	0.3085	0.3223
3		32.9	6.3537	6.6501	7.3622	0.3119	0.3265
4		19.0	6.9479	7.2402	8.2559	0.3096	0.3226
5		55.0	7.8001	7.8935	9.1575	0.3139	0.3176
6		32.9	6.3537	6.6501	7.3622	0.3119	0.3265
7	衰弱貝 C	37.1	7.3365	7.6335	7.6024	0.3250	0.3407
8		9.9	7.1014	7.4002	8.0590	0.3148	0.3280
9		34.1	6.3015	6.6735	6.1496	0.3298	0.3488
10		26.4	7.3234	7.7002	7.8701	0.3199	0.3363
11		39.6	7.6107	8.0202	7.2677	0.3324	0.3502
12		12.9	7.2973	7.6668	7.5630	0.3239	0.3403
13		18.6	5.3677	5.6835	5.8007	0.3185	0.3373
14		21.9	8.5674	8.9835	8.2401	0.3322	0.3483
15		47.9	6.9708	7.1935	7.5316	0.3213	0.3316
16		35.0	6.9838	7.3568	7.6811	0.3186	0.3356
17		36.2	6.5822	6.8335	6.0984	0.3373	0.3502
18		47.9	6.5529	6.4801	7.1772	0.3242	0.3026
19		27.8	7.3626	7.7035	8.0473	0.3329	0.3484
20		37.1	5.6093	5.8735	5.9173	0.3224	0.3376

アコヤガイに寄生する *Proctoeces* 属の吸虫に関する研究

III. 田辺湾産のクロダイから見出された成虫，*Proctoeces ostreae* Fujita in Dollfus, 1925 について*,†

阪　口　清　次
国立真珠研究所

著者はアコヤガイに寄生する *Proctoeces* 吸虫の最終宿主を究明する目的で人工感染実験を実施し，タイ科の魚のうち，クロダイから目的の成虫を得て，さきに報告した[1]。

本報は，この生活圏を実証するために，本種のメタセルカリアによるアコヤガイの病害が多くみられる海域での自然感染の成虫の発見を目標に調査を進めたものであるが，このたび，田辺湾産のクロダイから目的の成虫を得ることができた。この吸虫は感染実験によって得た成虫と形態的に完全に一致しており，さらに *Proctoeces* 属の既知種と比較検討した結果，*P. ostreae* の成虫と同定されるのが妥当と考えられるに至ったのでここに報告する。

稿を草するにあたり，終始御指導を賜わった山口左仲博士，保科利一博士ならびに目黒寄生虫館市原醇郎氏に深謝する。また，試料の採取にあたって一方ならない御協力をいただいた田辺湾真珠生産組合中島正吉氏に心から感謝の意を表する。

供試材料ならびに方法

研究に供したクロダイは三重県英虞湾ならびに和歌山県田辺湾から得た34尾であって，これらは1968年10月から1970年7月までに採集したものである（体長13.0～37.0cm，体重74～1300g）。

採集した供試魚は解剖して胃と腸に分けて，部位ごとに吸虫の有無を検査した。得られた虫体はただちに30%アルコールで麻酔と前固定を行ない，さらにアルコール・酢酸液で固定した後に虫体の大きさを測定した。虫体諸器官の大きさは材料の両端に厚さ0.2mmのカバーグラスの細片を置き，その上へカバーグラスを軽くのせ，静かに圧して計測した。また，パラフィン法により切片を作り Ehrlich ヘマトキシリン-エオジンで染色し観察した。

---

* Seiji Sakaguchi. Studies on a trematode genus *Proctoeces* parasitic in pearl oyster, *Pinctada fucata*-III. On the adult trematode, *Proctoeces ostreae* Fujita in Dollfus, 1925, found in the black porgy, *Mylio macrocephalus*, from Tanabe bay. With English summary, p. 2028-2037. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 16: 2028-2037. 1972.

† 国立真珠研究所業績 No. 198.（国立真珠研究所報告16：2028-2037. 昭和47年3月）

観察結果

三重県英虞湾で採集した10尾のクロダイからは目的の吸虫は発見できなかったが，和歌山県田辺湾で採集した24尾のうちの１尾のクロダイ（体長37.0cm，体重1300g）から５個の虫体が得られた（第１表）。

第１表　調査したクロダイと *Proctoeces* 属吸虫の寄生の有無

調査地点	採集月日	調査尾数	調査魚の大きさ		*Proctoeces* の寄生の有無
			体長（cm）	体重（g）	
三重県 英虞湾	1968. 10-5	2	14.5～16.8	74～100	−
	〃 10-7	3	14.8～16.5	89～ 92	−
	1969. 8-12	1	33.5	810	−
	〃 9-2	1	20.5	200	−
	〃 10-6	3	20.5～23.0	200～240	−
和歌山県 田辺湾	1969. 10-13	5	15.0～20.5	——	−
	〃 10-14	6	21.0～23.5	——	−
	〃 12-10	10	13.0～21.5	80～230	−
	1970. 7-22	2	30.0～36.5	790～900	−
	〃 7-22	1	37.0	1300	+

宿主における寄生部位はすべて腸管で，肛門に近い部位においては腸内異物につつまれながら腸壁に吸着寄生して発見された。

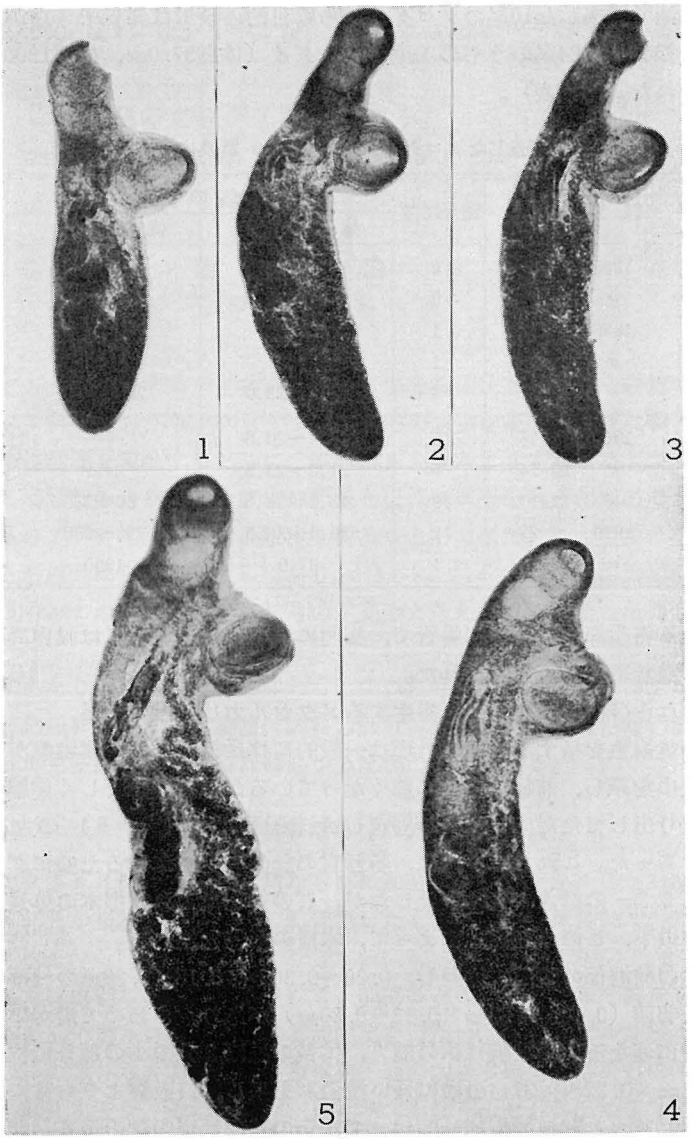
虫体の形態ならびにアコヤガイに寄生するメタセルカリアとの関係

生体は淡い黄褐色を呈する。体の外形は一般的には長楕円形で，腹吸盤が位置する部分をもって最大巾を示し，前後に徐々に細くなっているが，虫体は著しく伸縮性に富む。

宿主から取り出してただちに麻酔し固定した未圧扁標本（n＝5）の大きさは，体長1.5～2.4mmであった。これらの虫体は，各器官の計測を容易にするためにグリセリンで透明化した後に0.2mmの厚さに軽く圧扁したが，この処理により，標本の体長は1.60～2.65mmとなった。以下，この処理標本によって，本種の形態を述べる。

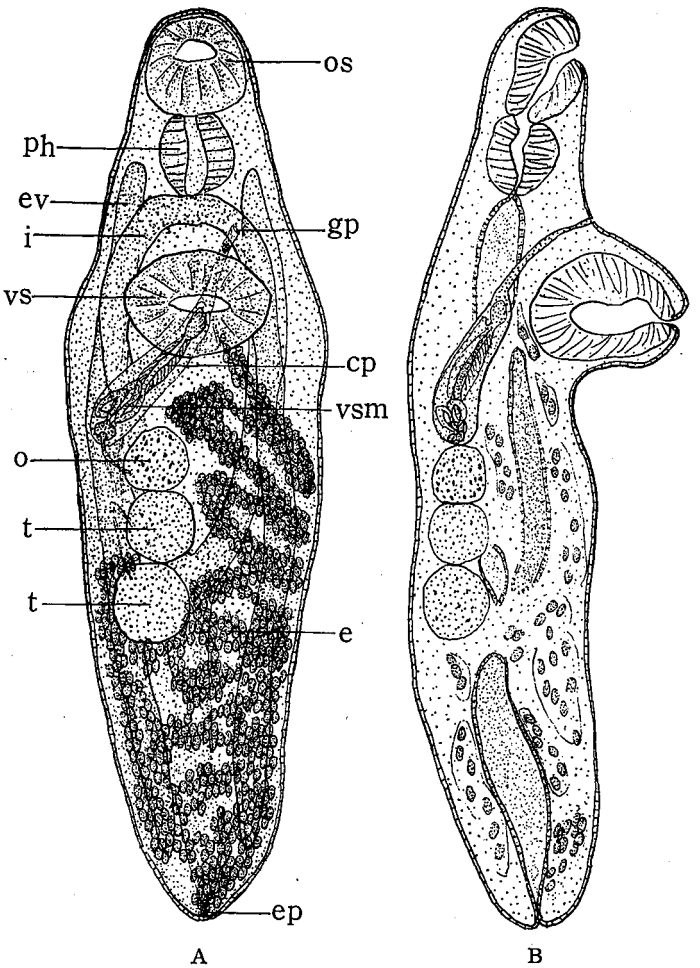
口吸盤は体の前端部の腹面に位置し，0.20～0.30mm×0.18～0.28mmのほぼ円形を示す。これに続いて咽頭（0.16～0.20mm×0.13～0.20mm）があり，きわめて短かい食道をもって分岐する腸管に連なる。腹吸盤は体の前方，体長のほぼ３分の１の部分に位置し，大きさは0.21～0.31mm×0.22～0.37mmの横に長い楕円形を呈し，口吸盤よりも常に大きい。陰茎嚢の大きさは0.38～0.56mm×0.10～0.14mmで，その基部は腹吸盤の後方，卵巣付近に達し，管状の貯精嚢を有し，生殖口は腹吸盤の前方の腹面に開口している。卵巣は腹吸盤の後方にあり，0.14～0.22mm×0.16～0.18mmのほぼ円形あるいは円形に近い西洋梨形を呈する。卵巣の後方には２個の精巣がみられる。前精巣は0.16～0.18mm×0.17～0.20mm，後精巣は0.18～0.19mm×0.18～0.19mmのほぼ円形である。排泄嚢はY型で，前精巣付近で分岐し，咽頭の両側近くまで達し，排泄口は体の後方末端部に開口する。子宮は体の後方末端部域から腹吸盤近くに至るまでよく発達しており，その中には長径44.7μ±4.1μ，短径20.8μ±2.1μ

（n＝80）の長楕円形の卵を充満している（第1～2図）。



第1図　天然産のクロダイから得られた成虫

このように，クロダイから得た自然感染の成虫の各器官の形態ならびにその配列は，人工感染実験によって得た成虫[1]ならびにアコヤガイから得たメタセルカリア[2]のものと一致する。また，各器官の大きさの関係を比較した第2表ならびに卵の大きさの分布状態を人工感染実験によって得た成虫と比較した第3図をみると，それらの大きさの関係においてもよく一致している。



第2図　クロダイから得られた成虫の形態
A：腹面（全体標本），B：側面
cp：陰茎嚢，e：卵，ep：排泄口，ev：排泄嚢，gp：生殖口，i：腸管，O：卵巣，os：口吸盤，ph：咽頭，t：精巣，vs：腹吸盤，vsm：貯精嚢

以上の主要な形態特徴ならびに各器官の大きさの類似関係から考えると，田辺湾産のクロダイから得られた5個の成虫は，メタセルカリアの人工感染実験によって得た成虫[1]と同種であり，アコヤガイなどに寄生するメタセルカリアの成虫であると判定することができる。

考　　察

種名について

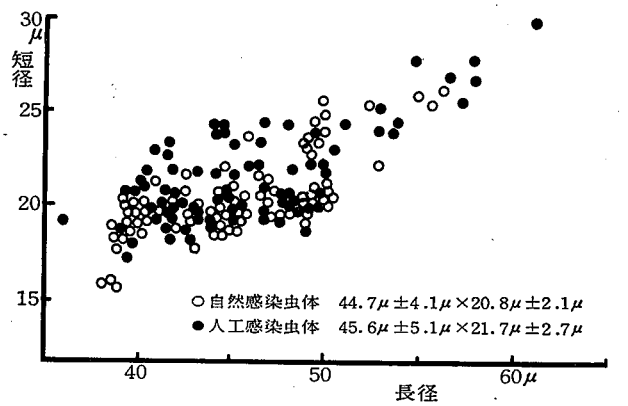
Proctoeces 属は Odhner (1911)によって設けられ，*P. maculatus* (Looss, 1901) Odhner,

第2表　天然産クロダイから得た成虫とアコヤガイに寄生するメタセルカリアおよび人工感染して得た成虫との形態的比較　　(単位.㎜)

部位＼種		天然産クロダイから得た自然感染の成虫 n＝5	人工感染(19日目)して得た成虫[1] n＝1	アコヤガイに寄生するメタセルカリア[2] n＝20
体長	Length	2.12 (1.60 - 2.65)	2.00	1.70 (1.52 - 2.57)
	Width		0.63	0.65 (0.57 - 0.78)
口吸盤	L	0.25 (0.20 - 0.30)	0.26	0.26 (0.22 - 0.32)
	W	0.23 (0.18 - 0.28)	0.28	0.25 (0.22 - 0.30)
咽頭	L	0.18 (0.16 - 0.20)	0.15	0.13
	W	0.17 (0.13 - 0.20)	0.18	0.16
腹吸盤	L	0.26 (0.21 - 0.31)	0.29	0.32 (0.25 - 0.48)
	W	0.31 (0.22 - 0.37)	0.38	0.37 (0.32 - 0.54)
陰茎嚢	L	0.45 (0.38 - 0.56)	0.48	0.40
	W	0.12 (0.10 - 0.14)	0.15	0.12
卵巣	L	0.18 (0.14 - 0.22)	0.20	0.19 (0.14 - 0.21)
	W	0.17 (0.16 - 0.18)		
前精巣	L	0.17 (0.16 - 0.18)	0.22	0.21 (0.18 - 0.27)
	W	0.18 (0.17 - 0.20)		
後精巣	L	0.18 (0.18 - 0.19)	0.23	0.23 (0.18 - 0.28)
	W	0.18 (0.18 - 0.19)		
卵	L	0.045 (0.038 - 0.056)	0.046 (0.036 - 0.061)	——
	W	0.021 (0.016 - 0.026) (n＝80)	0.022 (0.017 - 0.030) (n＝80)	

1911 ; *P. subtenuis* (Linton, 1907) Hanson, 1950 ; *P. erythraeus* Odhner, 1911 ; *P. ostreae* Fujita in Dollfus, 1925 ; *P. major* Yamaguti, 1934 ; *P. magnorus* Manter, 1940 ; *P. lintoni* Siddiqi et Cable, 1960 ; *P. neomagnosus* Siddiqi et Cable, 1960 ; *P. progeneticus* Dollfus, 1964 ; *P. buccini* Loos-Frank, 1969 ; *P. scrobiculariae* Loos-Frank, 1969 などの種が報告されている。

著者はさきに，アコヤガイから得たメタセルカリアを *Proctoeces* 属の既知種と比較し，*P. maculatus* あるいは *P. ostreae* と形態的に類似関係にあることを述べた[2]。さらに感染実験を行ない，得られた成虫の形態，とくに卵について検討した結果，その大きさの平均値は45.6μ×21.7μであったが，最大のものとして61μ×30μの卵を計測したことから，適切な自然の生活圏における最終宿主内ではさらに大形の卵が観察されるのではないかとの考えのもとに，比較的大形の卵をもつ *P. maculatus* に近縁ではないかと推定した。しかし，一方では，*P. maculatus* は，魚類のうちではベラ，マダイ，クロダイなどを宿主として発見されているものであるが，著者の調査ではこれらの魚から本種の成虫を発見し難かったこと，クロダイを宿主とした感染実験によると，虫体の発育は短期間のうちに進むが生存期間が非常に短かいことなどから，クロダイは最終宿主の一種にはなり得るが，他にも適切な宿主が存在しているのではないか，などの疑問を残し，前報[1]では本種を同



第3図　天然産クロダイから得られた成虫とメタセルカリアを人工感染して得た成虫の卵の大きさの関係

定するまでには至らなかった。

しかし，このたび田辺湾産のクロダイから自然感染の成虫を得て，子宮内の卵を詳細に検討した結果，その変異は大きいが，平均値は 44.7μ±4.1μ×20.8μ±2.1μ（n＝80）であり，人工感染実験によって得た成虫のそれらとの間に有意の差はみられず，Looss, 1901[3] による70μ×26μ，Odhner,1911[4] による72～79μ×27μ，Yamaguti,1934[5] による66～76μ×26～34μなどとして示されている *P. maculatus* とは明らかに異なる種と考えられるに至った（第3表）。

第3表　田辺湾産クロダイからの成虫と形態的に関連深い既知種との卵の大きさの比較

種	宿主	事項 調査者	虫卵の大きさ(μ) Length	Width
P. maculatus	*Labrus merula* et al.	Looss, 1901	70	26
	Blennius ocellaris	Odhner, 1911	72–79	27
	Semicossyphus reticulatus	Yamaguti, 1934	66–76	26–34
P. progeneticus	*Gibbula umbilicalis*	Dollfus, 1964	49.5–51.0	29.7–26.4
P. buccini	*Buccinum undatum*	Loos-Frank, 1969	26–33(29) 48–54(50)	14–22(18) 26–29(28)
P. scrobicularia	*Scrobicularia plana*	Loos-Frank, 1969	29–67 (43)	22–35 (29)
P. ostreae	*Ostrea gigas*	Fujita in Dollfus, 1925	40	20
田辺湾産のクロダイから得られた成虫	*Mylio macrocephalus*	Sakaguchi, 1971	38–56 (45)	16–26 (21)

ここで，前報では入手できなかった *P. progeneticus*[6] についての文献ならびにその後，新種として報告された *P. buccini* および *P. scrobicularia*[7] について，本種との相違点について比較してみたい。*P. progeneticns* Dollfus, 1964は ニシキウズ科の巻貝 *Gibbula umbilicalis* から発見されたものであり，体長と各器官の形態ならびに大きさは本種と類似しているが，卵がやや大型で，とくに本種にくらべて，長径に対する短径の割合が大きく，円味を帯びていることから，本種とは区分されよう。

P. buccini Loos-Frank, 1969は北海の *Buccinidae* 科の巻貝 *Buccinum undatum* から得て成虫として報告されたものである。体の前端部は巾広く円味を帯び，腹吸盤は突出しており，そのために側面からみると体形はY型を呈する。腹吸盤は体の前方から4分の1あたりにある。これらの点では本種とやや類似するが，腹吸盤が大型である点，卵巣はやや楕円形に近く，子宮は体の末端から卵巣付近の間にのみ広がっている点，また，卵がその大きさからみて2群に分れ，小型群は26～33μ×14～22μ（平均29μ×18μ）と大型群は48～54μ×26～29μ（平均50μ×28μ）であり，長径の短径に対する割合は前群で1.61倍，後群で1.78倍であり，本種の2.25倍にくらべて，両群とも円味を帯びた卵形であり，これらの点で本種とは異なった種であると考えられる。

P. scrobicularia Loos-Frank, 1969 は二枚貝の1種 *Scrobicularia plana* の腎臓から成虫として，北海の西独の Jade 湾で見出されたが，これはすでに Freeman et Llewellyn によって1958年に英国の Thames 河口で同じ宿主から発見され，*P. subtenuis* (Linton, 1907) と同定，報告されたものである[8]。体形は，前端は細く尖っており腹吸盤は少しく突出する程度で体の前方3分の1あたりに位置し，卵巣は円形，子宮は体の末端域から腹吸盤近くまでよく広がっている。Loos-Frank は北海で見出した種について，体長と口吸盤，腹吸盤の巾と長さの割合などをそれぞれ比較して，Freeman らの同定した吸虫は *P. subtenuis* とは別種であるとして，*P. scrobicularia* と同定するのが妥当であるとした。本種との比較をみると，諸器官の形および大きさでは一致する点も多いが，卵の大きさとその形態で異なっていると考えられる。すなわち，第3表の卵の大きさの比較でもみられるように，卵の長径の短径に対する割合は1.48倍であり，本種の2.25倍にくらべて，かなり円味を帯びているといえる。

以上，本種と比較検討したが，いずれも本種とは区分されると考えられる。

ここで，*P. ostreae* Fujita in Dollfus, 1925[9] と比較してみよう。同種は広島県産のマガキにおいて発見され，progenetic metacercaria として報告されたものである。体は大きいもので 3.0㎜×0.97㎜ を算し，口吸盤（0.27㎜）は球形で体の前端にあり，腹吸盤は大きく長楕円形を呈し，0.47㎜×0.42㎜を算する。咽頭は大きく（0.15㎜×0.18㎜），食道は短かく，分岐した腸管は体末端部まで達する。陰茎嚢（0.50㎜）は腹吸盤の後方，卵巣の中央部ぐらいまで延び，生殖口は腹吸盤の前方に開口する。卵巣は球状で（0.11㎜×0.07㎜），その後方にやや斜並して2個の同大の球形の精巣（0.13㎜×0.17㎜）が位置する。排泄嚢はY型で，精巣付近で分岐し，咽頭の両側近くまで達する。子宮内には 0.040㎜×0.020㎜の卵がみられる。以上のように，*P. ostreae* に関する各器官の配列ならびにその大きさは，本種のそれらとよく一致しており，本種との関連性はきわめて深い。

なお，1925年に広島産のマガキにおいて発見されたメタセルカリアであるにもかかわらず，久しくその成虫が発見されなかったことは前報[1]の人工感染実験の結果でも明らかなように，成虫の最終宿主体内での生存期間の短かいことによる発見率の低さによると考えられる。また，当該クロダイの胃中の捕食物を重量比で示すと，ムラサキイガイ貝殻48%，フジツボ類22%，イシダタミ，クボガイなど小型巻貝の貝殻17%などとなっていたが，フジツボ類を除くこれらの田辺湾産の貝類からはいずれも本種のメタセルカリアが6～40%の率で発見されていること，さらに，ニシキウズ科の巻貝と推定される未消化の肉片からは活発に運動する本種のメタセルカリアの1個体が検出されたことからも，両種の関連性が一層強くうかがわれる。

以上のように，その形態上の特性が一致していることならびに成虫の発見経過などを総合して考えると，田辺湾産のクロダイから得られた自然感染の虫体は，Fujita (1925) によってマガキから発見され，報告された *P. ostreae* の成虫と同定するのが妥当と考えられる。

要　　約

アコヤガイやその他，数種の貝類に見出される *Proctoeces* 属吸虫の自然海域における最終宿主を明らかにするために，本種のメタセルカリアが多くみられる真珠養殖場付近に棲息するクロダイについて，寄生虫学的な調査を行ない，次の結果を得た。

1. 田辺湾で採集した調査魚24尾のうちの1尾から5個の成虫を宿主の消化管から得た。
2. アルコール・酢酸液で固定し，カバーグラスで軽く圧扁した虫体の一般的な形態は次の通りである。体は長楕円形で，腹吸盤は常に口吸盤よりも大きい。陰茎嚢の基部は腹吸盤の後方，卵巣付近に達し，管状の貯精嚢を有し，生殖口は腹吸盤の前方に開口している。精巣は円形，2個がほぼ縦にならび，卵巣は円形で前精巣の前に位置する。子宮は体の後方末端域から腹吸盤近くに至るまでよく発達しており，長径44.7μ±4.1μ，短径20.8μ±2.1μ（n＝80）の長楕円形の卵を充満している。

   上記のとおり，本種はアコヤガイに寄生するメタセルカリアを人工感染させて得た成虫の形態的特徴を具備していることが明らかにされた。
3. 本種を既知の Proctoeces 属の吸虫と比較検討した結果，本種はマガキに寄生する *Proctoeces ostreae* Fujita in Dollfus, 1925としてすでに報告されているメタセルカリアの成虫と同定するのが妥当と考えられた。

summary

In order to elucidate the natural final host of the metacercaria belonging to the genus *Proctoeces* which are found commonly on the pearl oyster and several other molluscs, the author made some parasitological investigations on the black porgy, *Mylio macrocephalus*, living in pearl oyster farms where the pearl oysters were heavily infected with the metacercaria.

The results obtained are summarized as follows;

1) The five adult flukes were found in the hind-gut of one among 24 fish collected from Tanabe bay.

2) The general morphology on the samples fixed in acetic-alcohol and slightly flatted under coverglass pressure are as follows;

The body is elongated cylindrically, 1.60㎜～2.65㎜ long, with the maximum breadth at the ventral sucker. Ventral sucker is much larger than the oral one and situates at the anterior third of the body. The alimentary canal bifurcates into intestinal caeca which reaches almost to the posterior end of the body. The excretory system is the Y-shap bladder, the paired arms extend forwardly as far as the posterior end of the pharynx, and these arms join at the level of the anterior testis. The excretory pore opens at the posterior extremity of the body. The two spherical testes lie close together one behind the other and are measured as 0.16～0.18㎜×0.17～0.20㎜. An ovary is slightly smaller than either of the testes and lies just in front of the anterior testis. The cirrus pouch with a coild tubular vesicula seminalis is cylindrical, and measured as 0.38～0.56㎜×0.10～0.14㎜. It reaches near to the ovary. The pars prostatica is long and the cirrus is short. The genital pore opens to the ventralside in front of the ventral sucker. A uterus Irregularly coiled occupies between the ventral sucker and the posterior part of the body. The uterine eggs are numerous, elongated elliptical and 44.7μ±4.1μ×20.8μ±2.1μ based on 80 eggs measured in this case.

On the basis of these observations, this species bears characteristic similar to those of the adult fluke which can bring up in the digestive organ of the black porgy by artificial feeding of the metacercaria parasitic in pearl oyster.

3) The five specimens found in the experimental fish were observed morphologically in detail and compared with other species of the genus *Proctoeces* reported by other authors. Consequently, there is no doubt that the present fluke may be identical with the adult form of the metacercaria, which has been reported as *Procteces ostreae* Fujita in Dollfus, 1925.

参 考 文 献

1) 阪口清次・見奈美輝彦・山村 豊 1970. アコヤガイに寄生する *Proctoeces* 属の吸虫に関する研究II, メタセルカリアの最終宿主への人工感染, 国立真珠研報15：1939-1947.

2) 阪口清次・保科利一・見奈美輝彦 1970. 同上I, 宿主における寄生部位と分布ならびにその形態, 同上15：1931-1938.

3) Looss, A. 1901. Über einige Distomen der Labriden des Triester Hafens. Central. Bakt. 29：402-404.

4) Odhner, T. 1911. Zum naturichen System der digenen Trematoden III. Zool. Anz. 38(4)：97-117.

5) Yamaguti, S. 1934. Studies on the helminth fauna of Japan. part 2. Trematodes of fishes.

Jap. J. Zool. 5 : 249–541.
6) Dollfus, R. P. 1964. Metacercaria : *Proctoeces progeneticus* (Trematoda Digenea) chez une Gibbula (Gastoropoda Prosobranchiata) de la côto atlantique du Maroc. Ann. Parasit. 39 : 755–774.
7) Loos–Frank, B. 1969. Zwei adult Trematoden aus Nordsee–Mollusken : *Proctoeces buccini* n. sp. und *P. scrobiculariae* n. sp. Z. Parasitenk. 32 : 324–340.
8) Freeman, R. F. H. and Llewellyn, J. 1958. An adult digenetic trematode from an invertebrate host : *Proctoeces subtenuis* (Linton) from the lamellibranch *Scrobicularia plana* (Da Costa). J. mar. biol. Ass. U. K. 37 : 435–457.
9) Fujita, T. and Dollfus, R. P. 1925. Etudes sur les parasites de l'hutre comestible du Japon *Ostrea gigas* Thunberg. Ann. Parasit. 3(1) : 37–59.

真珠養殖漁場における付着生物の生態学的研究

Ⅱ．英虞湾多徳島地先の深度別付着生物相の季節的変化*,†

山　村　　豊
国立真珠研究所

真珠養殖において，養殖中のアコヤガイの貝殻外面に付着し，貝の成育を阻害する付着生物は，貝殻外面を付着基盤にして季節的な消長を繰り返しており，種類構成も非常に多様性に富んでいる[2]。また貝殻外面への連続的な付着後における生物相互間の成長は，単一基盤上にきわめて複雑な立体的群集構造を形成することが知られている[3]。

したがって，これら付着生物群集に対して適確な防除対策を樹立するには，まず対象となる生物群集の季節的な付着の遷移と生態的な相互関係を充分把握することが必要であると考えられる。

特に真珠養殖の代表的な漁場である三重県英虞湾では馬渡・小林[9]，河原[5]によって養殖垂下層における付着生物相の季節的消長が詳細に報告されているが，1958年の河原・飯島[4]による垂直分布の調査以後，新たな調査は行なわれていない。一方，近年になって英虞湾では長年にわたる真珠養殖の密植問題とこれに関連した漁場老化問題が生じており，湾内の付着生物相の変遷についても相応に変化していることが予想される。

こうした意味から前報[11]では湾内の付着生物相の水平的分布と季節的変化について調査し報告したが，今回は主として深度別付着生物相の季節的変化について調査したので報告する。

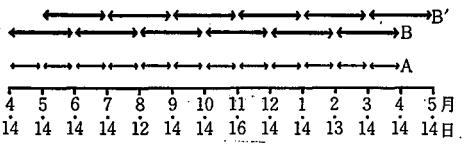
本文に入るに先だち，座着性多毛類については国立科学博物館の今島実博士に，苔虫類については資源科学研究所の馬渡静夫博士にそれぞれ同定して載いたのでここに心から感謝の意を表する。また，本報の取りまとめに際しては当所，技術研究室長水本三朗技官に尽大なる御教示を賜わったので深謝する。

調　査　方　法

調査地点は三重県英虞湾の多徳島地先で，沖合い約20m（水深約15m）のところに設置した養殖筏の水面下，0.3m，2.0m，5.0m の3層について，1967年4月から1968年5月に

* Yutaka Yamamura. Ecological studies of marine fouling communities in pearl culture ground. II. Seasonal changes in the constitution of marine fouling communities at various depths in Ago Bay. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 16 : 2038-2051. 1971.
† 国立真珠研究所業績 No. 199.（国立真珠研究所報告16：2038-2051. 昭和47年3月）

至る1年1か月間調査を行なった。付着基盤は前報[11]に使用したと同じ1辺が10 cmの立方体コンクリートブロックで，垂直方向の4面を調査の対象にして，上記調査地点に設置した筏から各層別に垂下した。なお，基盤の浸漬期間は第1図のように浸漬期間の長短によって付着生物相の種類や個体数がどのように変化するかを検討する目的で，1か月間浸漬の基盤と2か月間浸漬の2群の基盤を設け毎月一回，定期的に交換して調査した。



第1図　付着基盤の浸漬期間
A……1か月間浸漬群
B, B′ …2か月間浸漬群

調　査　結　果

調査期間中の1か月間浸漬群および2か月間浸漬群の付着基盤に出現した生物の種類と付着個体数は付表1～3に示した。

1. 種類構成

各層に出現した生物は合計45種で，0.3m層に30種，2.0m層に40種，5.0m層に42種の生物が付着した。このうち各層で共通して付着がみられた種は1か月浸漬群で19種（57.6%），2か月浸漬群では27種(61.4%)に達した。

種類別の内訳は苔虫類12，海鞘類8，斧足類8，フジツボ類5，座着性多毛類5，海綿類2，海藻類2，腹足類2，ヒドロ虫類1種で苔虫類が最も多く出現した。

2. 主要付着生物について

本調査における1か月，2か月浸漬群を合計した各層の総付着個体数は，0.3m層31,767，2.0m層39,608，5.0m層43,538個体で深くなるにしたがって多くなる傾向にある。

付着個体数からみた主要付着生物の中では，3層とも座着性多毛類のカサネカンザシが卓抜した付着個体数を示し，1か月，2か月浸漬群を合計した付着個体数は0.3m層20,071，2.0m層26,233，5.0m層31,112個体で3層の間には特に顕著な差はみられないが深くなるにしたがってやや多くなる傾向がみられた。しかし，総付着個体数に占める割合はそれぞれ63.2%，66.2%，71.5%とほとんど3層間に差がなく，いづれも各層で非常に高い割合を占めている。この種についで付着個体数の多い種はサラサフジツボで，0.3m層ではわずか566個体が付着したにすぎないが，2.0m層では3,160，5.0層では5,094個体が付着し，それぞれ1.8%，8.0%，11.7%を占めている。上記2種についではウズマキゴカイが0.3m層で3,648，11.5%，2.0m層で3,289，8.3%の付着をしているが5.0m層では1,248，2.9%と少なく，逆にコブコケムシは836，2.6%，3,000，7.6%，2,577，5.9%と2.0m，5.0m層に多く0.3m層に少なかった。また，ホトトギス，フクロノリ，ムラサキイガイは0.3m層で特に多くそれぞれ3,076，1,160，399個体の付着がみられたが2.0m，5.0m層での付着個体数は著しく少なかった。この他の種類ではフサコケムシ，ホソフサコケムシ，チゴケムシ，コブヒラコケムシの苔虫類4種とヨーロッパフジツボがともに各層で1.0%前後を占める付着個体数を示した。

以上の12種の他に1.0%には至らないがタテジマフジツボが各層において，シロボヤ，

ユーレイボヤ，ベニクダウミヒドラが5.0m層で幾分多く付着がみられた。また，基盤に対する被覆の程度を＋，－で判定し，付表1～3に表示した複合ボヤ類のネンエキボヤ，イタボヤも一時期に限ってかなり多量に付着した。

3. 付着相の季節的変化

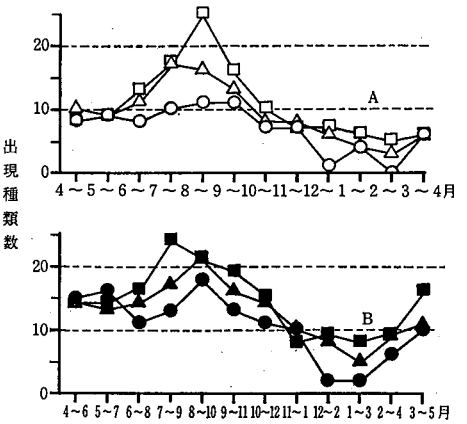
各層の付着相の季節的な変化を出現種類数と付着個体数に分けて第2図，第3図に示した。

1)　出現種類数

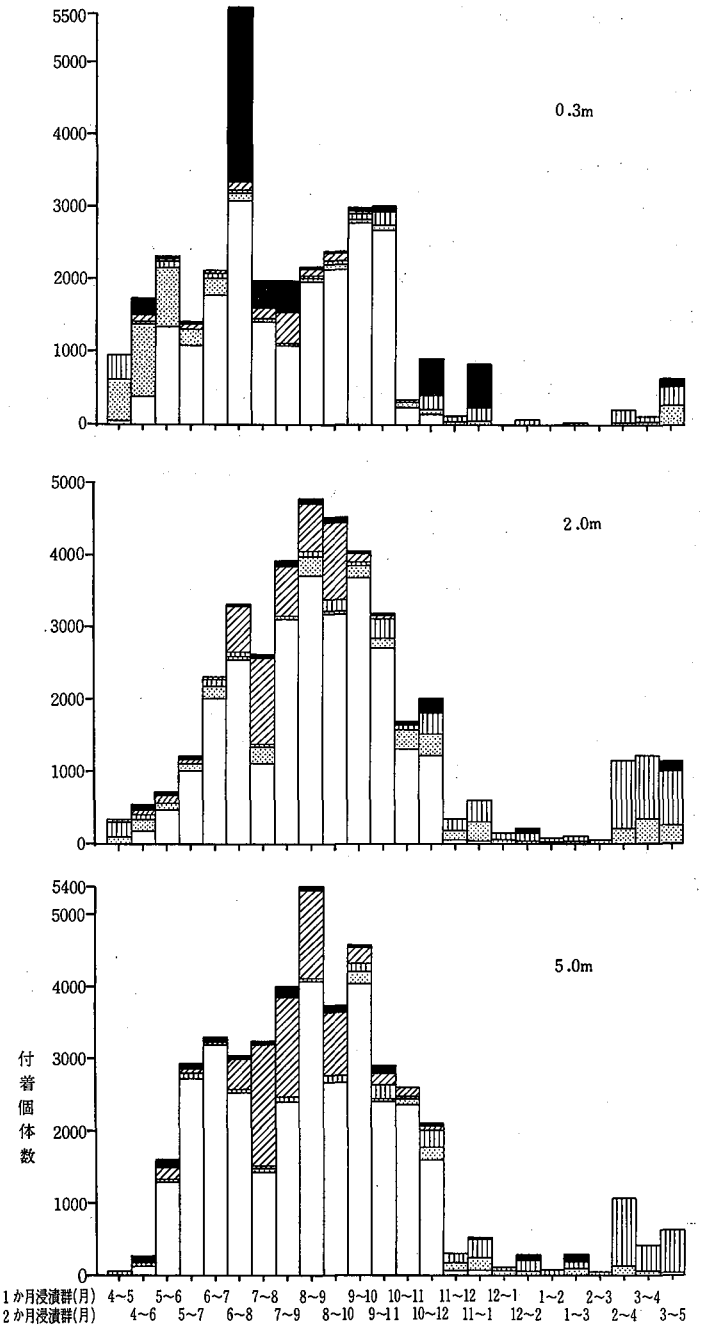
出現種類数の季節的な傾向は，各層とも夏季に最も多く，冬季に最も少なくなる。春季から夏季にかけての各層の出現種類数の増加は，0.3m層が特に著しい増加を示さないのに対し2.0m，5.0m層は急激な増加を示しており，5.0m層では8～9月の1か月間に25種の生物が同一基盤上に出現している。夏季から秋季にかけては各層とも出現種類数が減少し，冬季に入ると若干の苔虫類の付着がみられるだけとなる。このうち特に0.3m層では12～1月にわずか1種が出現するのみで，2～3月には全く生物の出現がみられない。各層の最少および最多出現種類数は1か月浸漬群では0.3m層が0，11，2.0m層が3，17，5.0m層が5，25種で，深くなるにしたがって出現種類数が増加する傾向を示しており，2か月浸漬群においても同様の傾向が認められた。

2)　付着個体数

各月の総付着個体数の季節的な変化は，春季から夏季にかけて増加し，夏季に最大となり，夏季から秋季にかけて減少しつつ冬季に最も少なくなる傾向を示し，前述の出現種類数の季節的変化と類似した傾向を示している。これを層別についてみると，まず0.3m層では春季4月中旬から6月中旬までの総付着個体数が他層に比べて多い傾向にあるが，それ以後6月中旬から9月中旬に至る間は他層にみられるような著しい付着個体数の増加がなく，2か月浸漬群の6～8月の基盤に限ってのみ特に著しい増加が示されるなどの特徴を示している。春季の付着個体数が他層より多い点は，この時期に付着盛期を持つウズマキゴカイが他層よりもこの層により多く付着したことによるものである。また，6月中旬から9月中旬の間における付着個体数の停滞は，この時期に付着盛期を持つカサネカンザシとサラサフジツボが他層ほど顕著に出現しなかったことに起因しており，2か月浸漬群の6～8月のみにみられる付着個体数の増加はホトトギスの夥しい付着によるものである。これに対し，2.0m層と5.0m層はともに夏季8月中旬から9月中旬までを頂点に，初夏にあたる6月中旬頃から秋季11月中旬頃まで著しく高い付着個体数の山が認められる。この期間に示された個体数の著しい増大は，主として5月中旬から10月中旬頃までほぼ一定し



第2図　出現種類数の季節的変化
A，1か月浸漬群　B，2か月浸漬群
○0.3m　△2.0m　□5.0m



第3図　付着個体数の季節的変化

て旺盛な付着力を示すカサネカンザシと，夏季におけるサラサフジツボの著しい増加が加わって示されたものである。

種類別にみた季節的変化の特徴的なものとしては，上記の他に各層とも春秋の２季におけるフサコケムシ，ホソフサコケムシ，チゴケムシ，コブコケムシ，コブヒラコケムシの苔虫類５種およびホヤ類の付着と，春季から夏季にかけてのヨーロッパフジツボ，夏季の斧足類の付着などがあげられる。また，0.3ｍ層では２か月浸漬群の４～６月の基盤にムラサキイガイが著しく多く付着していることも特徴的である。春季３月中旬から５月中旬にはコブコケムシ，フサコケムシ，ホソフサコケムシが，ホヤ類のネンエキボヤ，イタボヤ，シロボヤなどともにこの時期に最も多く付着し，フサコケムシ，ホソフサコケムシは各層間で付着個体数に大きな差はないが，コブコケムシは0.3m層よりも2.0ｍ，5.0ｍ層に付着が多い。また，ネンエキボヤ，イタボヤ，シロボヤなどのホヤ類も0.3m層に比べ5.0m層に付着が多い。チゴケムシ，コブヒラコケムシはともに各層間で付着個体数に差がなく，チゴケムシは春季に，コブヒラコケムシは2.0ｍ，5.0m層では秋季に，0.3ｍ層では春季に幾分多く付着する。初夏にかけてはヨーロッパフジツボが増加し始め，夏季には0.3m層でシロスジフジツボと，5.0ｍ層でサンカクフジツボの付着が多くなる。また，この時期の基盤には斧足類の付着も多く，0.3m層ではマガキが，5.0m層ではアコヤガイなどの付着が多くみられる。

以上の経過から，周年にわたる付着相の遷移を概観すると各層の付着相はそれぞれ数量的な多寡の違いがあっても，冬季12～３月を除いた春季４月から冬季11月に至る期間は，この時期に継続的な付着を示すカサネカンザシとウズマキゴカイに季節によって次のような種類の生物が消長することによって変化する。すなわち春季は５種の苔虫類とホヤ類が，初夏から夏季にはフジツボ類と斧足類が，秋季には苔虫類，フジツボ類と若干のホヤ類が混在する形で示される。また，冬季の付着相は0.3m層に比べ，わずかに水温の高い2.0ｍ，5.0ｍ層で少数の苔虫類の付着がみられるにすぎない。

第１表　1958年と1967年の調査方法の違い

	期　間	基　盤	垂下層 m	水温 ℃	塩素量 ‰
河原飯島（1958）	7月10日～8月7日（29日）	コンクリートブロック 20 × 20 厚さ 1.5 cm	0.5	27.1	15.67
			2.0	26.1	17.76
			3.5	24.1*	18.36*
			5.0		
山村（1967）	7月14日～8月12日（30日）	コンクリートブロック 10×10×4 cm	0.3	30.0	15.62
			2.0	29.0	16.33
			5.0	27.1	17.29

＊　4.0m の観測値

4. 1958年の調査との比較

1958年7月から8月にかけて本調査と同一地点で河原・飯島[4]が表層域から5.0m層域に至る付着生物相の垂直分布調査を行なっているが，その調査基盤，調査層などが本調査のそれと非常に類似しているので，同時期における両調査結果を比較して詳細な検討を行なった。両調査の調査方法，調査結果ならびに優占種の垂下層別に占める付着個体数の割合はそれぞれ第1表から第3表に示した。

第2表　1958年と1967年との調査結果の比較（7～8月）
出現した生物の種類と個体数

種類＼深度・個体数%	0.5m 個体数	0.5m %	2.0m 個体数	2.0m %	3.5m 個体数	3.5m %	5.0m 個体数	5.0m %	計
1958（河原・飯島）*									
トゲヒラコケムシ	0		0		1.7	0.07	0.3	0.02	2.0
ホソフサコケムシ	6.3	0.09	9.0	0.17	2.3	0.09	2.7	0.18	20.3
フサコケムシ	0.3	0.03	0		0		3.3	0.22	3.6
コブヒラコケムシ	0		0		0.3	0.01	0		0.3
チゴケムシ	136.0	1.84	302.0	5.55	199.3	7.82	56.3	3.76	693.6
Holoporella sp ?	0		2.7	0.05	7.7	0.30	2.3	0.15	12.7
コブコケムシ	10.7	0.14	39.0	0.72	7.3	0.29	2.3	0.15	59.3
ハグルマクダコケムシ ?	0		0.7	0.03	1.7	0.07	0.3	0.02	2.7
マガキ	0.3	0.03	0		0		0		0.3
ウズマキゴカイ	7206.3	97.41	4812.3	88.37	1715.3	67.31	480.3	32.07	14214.2
カサネカンザシ	10.0	0.14	45.7	0.84	23.0	0.90	5.7	0.38	84.4
イバラカンザシ	0		0.7	0.03	1.0	0.04	7	0.05	2.4
ヤツコカンザシ	9.7	0.13	3.3	0.06	0		0		13.0
シライトゴカイ	0		0		1.0	0.04	0		1.0
サンカクフジツボ	0		0		2.7	0.11	6.0	0.40	8.7
シロスジフジツボ	1.0	0.01	0.3	0.01	0		0		1.3
サラサフジツボ	17.0	0.23	230.0	4.22	585.0	22.96	937.3	62.59	1769.3
計	7397.6		5445.7		2548.3		1497.5		16889.1
1967（山村）									
フサコケムシ	3†	0.20†	0				3	0.07	6
ホソフサコケムシ	0		1	0.05			7	0.02	8
チゴケムシ	0		8	0.30			2	0.06	10
コブヒラコケムシ	0		5	0.19			7	0.02	12
コブコケムシ	0		15	0.58			15	0.46	30
キイコケムシ	0		3	0.10			4	0.12	7
シロアミコケムシ	0		1	0.05			2	0.06	3
ホンダワラコケムシ	0		0				3	0.09	3
カサネカンザシ	1407	71.97	1296	49.96			1446	44.43	4149
ウズマキゴカイ	38	1.97	233	8.89			42	1.29	313
サラサフジツボ	69	3.52	763	29.42			1364	41.91	2196
ヨーロッパフジツボ	8	0.41	45	1.73			93	2.86	146
タテジマフジツボ	16	0.82	25	0.96			17	0.52	58
シロスジフジツボ	45	2.30	6	0.23			0		51
サンカクフジツボ	0		1	0.05			7	0.22	8
ミサキケツボカイメン	0		1	0.05			0		1
マガキ	9	0.46	2	0.08			2	0.06	13
アコヤガイ	1	0.03	2	0.07			1	0.03	4
ホトトギス	330	16.87	15	0.58			9	0.28	354
フジツボ幼体	29	1.48	172	6.63			230	7.17	431
計	1955		2594				3254		7803

数値は付着基盤400 cm² 内の個体数を示す
* 付着基盤Ⅰ，Ⅱ，Ⅲの付着個体数を平均した値
† 0.3m

第3表　主要付着生物種の深度別出現割合

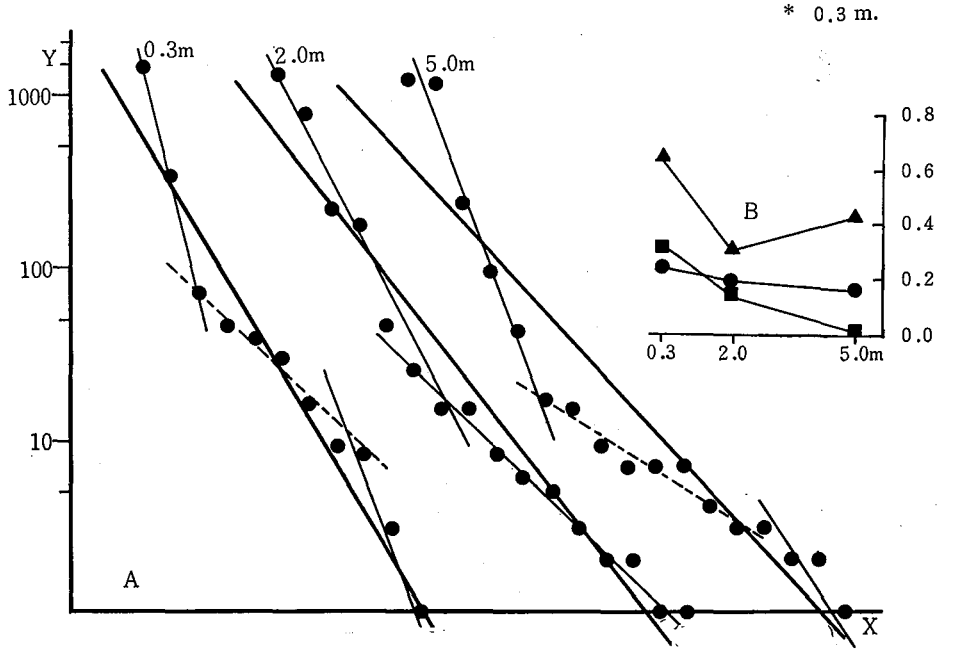
1958（河原・飯島）*				1967（山村）			
種類＼深度	0.5m	2.0m	5.0m	種類＼深度	0.3m	2.0m	5.0m
チゴケムシ	27.5%	61.1%	11.4%	ホトトギス	93.2%	4.2%	2.6%
コブコケムシ	20.6	75.0	4.4	ヨーロッパフジツボ	5.5	30.8	63.7
ウズマキゴカイ	57.7	38.5	3.8	ウズマキゴカイ	12.1	74.4	13.5
カサネカンザシ	16.3	74.4	9.3	カサネカンザシ	33.9	31.2	34.2
サラサフジツボ	1.4	19.4	79.2	サラサフジツボ	3.1	34.7	62.2
				タテジマフジツボ	27.6	43.1	29.3

*　河原・飯島（1958）より改変。

第4表　log y ＋ax＝b における a の値

区分＼深度	1958（河原） 全種類群	優占種群	中位種群	劣位種群	1967（山村） 全種類群	優占種群	中位種群	劣位種群
0.5m	0.389	0.942	0.301	0.090	0.258*	0.649*	0.328*	0.146*
2.0	0.389	0.618	0.325	—	0.202	0.314	0.149	—
3.5	0.282	0.556	0.177	—	—	—	—	—
5.0	0.291	0.750	0.169	0.094	0.167	0.424	0.009	0.096

*　0.3 m.



第4図　出現した種類の順位と個体数の関係を示す回帰曲線（1967年7～8月）

A：X，種類の順位，Y，個体数，
B：log y＋ax＝b における a の値

●…全種類群　　太線は全種類群
▲…優占種類群　　細線は優占種および劣位種群
■…少数出現種類群　　細破線は中位種群

第2，第3表の結果からみると，両調査の間には，各層別にみた総付着個体数の違いと群集構造における優占種，座着性多毛類の著しい変化が顕著に現れている。さらにこれを細かく検討すると，両調査の出現種類数は1958年の17種に対し，本調査では19種と出現種類数に大きな違いがなく，また，両調査の間には11種の生物が共通して出現している。しかし，総付着個体数は層別にみると1958年が0.5m層7,398，2.0m層5,446，5.0m層1,498個体に対し，本調査はそれぞれ1,955，2,594，3,254個体で，表層域の著しい減少と逆に下層域での増加が認められる。一方，群集構造における種類別付着個体数での優占種は，1958年がウズマキゴカイ（各層に占める割合，32.1～97.4%），チゴケムシ（1.8～7.8%），サラサフジツボ（0.2～62.6%）の3種に対し，本調査では，カサネカンザシ(44.4～72.0%)，サラサフジツボ（3.5～41.9%），ホトトギス（0.3～16.9%），ウズマキゴカイ（1.3～8.9%），ヨーロッパフジツボ（0.4～2.9%）と変化している。また，優占種における深度別の出現率（第3表）では，1958年時の優占種ウズマキゴカイが表層域に最も多く出現し，深くなるにしたがって減少する傾向にあるのに比べ，本調査における優占種カサネカンザシは各層間でほぼ変らない出現の傾向を示している。

河原・飯島[4]はさらにこれらの群集構造を解析するため元村[10]の群集における種の順位と個体数の関係を示す回帰曲線，$\log y+ax=b$（ただし，yは個体数，xは順位，a，bは恒数）にもとづいてaの値を算出し，詳細な検討を加えているので，本調査もこれにしたがってaの値を算出して両調査の比較，検討を試みた（第4図，第4表）。なお，河原らはこの方法を用いた中で，群集構造の優占順位を 1.優占種群，2.中位種群，3.劣位種群の3群に区分しており，本報もこれにしたがって区分した。この結果，群集の純粋度を示す系数であるaの値を比較すると，1958年は0.5m層0.389，2.0m層0.389，5.0m層0.291に対し，本調査の処理結果はそれぞれ0.258，0.202，0.167で1958年に比べ各深度ともaの値が小さく，全体的に群集構造がより複雑になってきていることを示している。これを各層別の傾向としてみると，1958年の群集構造における水深2.0m以浅と3.5m以深との間にみられた顕著な変化，すなわち表層の方が下層よりも群集構造がより単純である傾向が本調査の結果からも認められた。

考　　察

1967年4月から1968年5月に至るまでの期間，真珠養殖垂下層の0.3m，2.0m，5.0mのそれぞれ異なる深度の付着生物相の季節的な消長について調査した。この結果，付着した生物の出現種類数と付着個体数はともに2.0m，5.0m層に多く，0.3m層に特に少なかった。各層の出現種類数では，3層間に出現した計45種にのぼる生物のうち半数以上にあたる27種の生物が0.3m層から5.0m層まで共通した付着層を持ち，このうちの12種が主要付着生物として付着個体数の上で優勢であることは，付着生物相が非常に多様性に富み，幅広い分布層を持っていることを示すものといえよう。

各層の付着相を季節的にみると，2.0m，5.0m層は夏季を頂点に春季から夏季に向かって増加し，夏季から冬季にかけて減少する正規分布の形をとるが，0.3m層では夏季における増加が停滞を示し，冬季に至っては全く生物の付着が途絶する。こうした0.3m層と

2.0m，5.0m層の付着相の違いは0.3m層が他層に比べて環境要因，特に水温の影響をより強く受けることによるものと思われる。

1958年の河原・飯島[4]の調査結果と本調査の結果を詳細に比較，検討した結果，表層域での著しい付着個体数の減少と下層域での増加，最優占種および優占種の変移が顕著に認められ，また群集構造の複雑化がより進んできていることが指摘される。付着個体数が表層域で減少し，下層域で増加している事実は，主として両調査における最優占種の交替に起因したもので，表層域での減少は，従来この域で夥しい付着を示していたウズマキゴカイが極端に減少したことによるものであり，下層域での増加は，本調査において各層で変らぬ付着分布を示したカサネカンザシに加えて，従来もこの域で優勢な付着を示していたサラサフジツボがより以上多く付着したことにもとずいている。最優占種，優占種の各層間における付着分布の違いについて，河原・飯島[4]の調査では，ウズマキゴカイとチゴケムシによって代表され，著しく付着個体数の多い表層域と，サラサフジツボに代表され，付着種は多いが個体数の少ない下層域とに区分されているが本調査では次のように変ってきている。すなわち，全層は最優占種カサネカンザシによって代表され，表層ではこの種についでホトトギスが優占種となっており，2.0m層ではサラサフジツボ，ウズマキゴカイが，5.0m層ではサラサフジツボとヨーロッパフジツボが，それぞれ優占種である形に変っている。こうした優占種の変移の傾向は単に夏季1か月間の比較だけでなく，従来英虞湾で行なわれた調査（第5表）の優占種の比較からも顕著に示されている。

カサネカンザシの優勢な付着は既に1950年に長崎港で行なった河原[6]の調査を初め，全国各地の調査[8]でも優占種として報告があり，本調査後の1969年には広島湾のカキ養殖場で異常発生したこの種の夥しい群体が，養殖中のカキに重大な被害をもたらしている[1]。したがって，各地の真珠養殖漁場においても，その動向に充分注目する必要があろう。

この他，従来から真珠養殖漁場において貝に最も著しい被害を与える種として指摘されてきたサラサフジツボが，今回の調査でも変らぬ優勢な付着を示し，また，初夏にはシロボヤ，春季にはムラサキイガイもかなりの付着個体数を示している。

苔虫類では，従来からの優占種であるフサコケムシ，チゴケムシ，トゲヒラコケムシな

第5表　過去に英虞湾で行なわれた調査の優占種

調査者	調査年月日	場所	基盤	水深m	最優占種%	優占種%	
馬渡 小林	1952年6月 ～1953年5月	浜島	スライドグラス	1.5	ウズマキゴカイ 54.8	サラサフジツボ 17.6	複合ボヤ 11.3
				3.0	ウズマキゴカイ 57.9	サラサフジツボ 23.5	複合ボヤ 8.1
河原 飯島	1958年7月10日 ～8月7日	多徳島	コンクリートブロック	0.5	ウズマキゴカイ 97.4	チゴケムシ 1.8	サラサフジツボ 0.2
				2.0	ウズマキゴカイ 88.4	チゴケムシ 5.6	サラサフジツボ 4.2
				3.5	ウズマキゴカイ 67.3	サラサフジツボ 23.0	チゴケムシ 7.8
				5.0	サラサフジツボ 62.6	ウズマキゴカイ 32.1	チゴケムシ 3.8
河原	1958年6月18日 ～10月15日	英虞湾全域	コンクリートブロック	2,0	ウズマキゴカイ 64.8～99.1	サラサフジツボ 0～28.0	チゴケムシ 0～1.9

どに加え，本調査ではコブコケムシが特に著しい増加を示し，さらに夏季には新たにホンダワラコケムシの付着がみられている。コブコケムシは，1個体が比較的小型ながら，瘤状で付着基盤に対する固着力がすこぶる強く，特に養殖籠の網目などに付着すると除去が容易でない。一方，ホンダワラコケムシは1952年の湾口部浜島における馬渡・小林[9]の調査でその存在が確認されているが，その後の分布や発生面での生態学的な研究は全く行なわれていない。しかし，著者の観察では近年になって，夏季に湾内の枝湾や湾奥部の真珠養殖漁場で全長1m以上に成長した群体がしばしば見受けられており，湾口部の入江にあたる御座浦では秋季に夥しい数の群体が繁殖しているのを確認している。こうしたことから，この種は湾内で広範囲に繁殖し，付着量も年次的に増大してきているものと思われる。この種の群体は藻状を呈し，密集して巨大に成長する[7]ため，当然のこととして海水の流れを阻止し，養殖中のアコヤガイに悪影響を与えることが考えられ，今後の生態的な調査が必要であると考えられる。

以上の結果から英虞湾の真珠養殖垂下層の付着生物相は群集構造の複雑化とともに従来からの優占種に加えて，カサネカンザシやコブコケムシ，ヨーロッパフジツボなどが優勢してきており汚損性の面でもより複雑化してきている傾向にある。

なお，1か月間浸漬群と2か月間浸漬群における出現種類数と総付着個体数は，各層とも浸漬期間の長短による大きな差がみられなかった。しかし，季節的にみると，出現種類数は総体に2か月浸漬群にいくらか多くなる傾向にあるが，付着個体数は時期的に異なる傾向を示し，付着数量の少ない時期には，2か月浸漬群にいくらか多く，付着数量の多い時期にはほとんど差がみられなかった。このことは付着生物によって付着基盤の被覆がある程度進むと，その後の付着個体数の増加が停滞することを示しており，一定面積の基盤に対する付着数の増加には限界があることを示すものと理解される。

要　　約

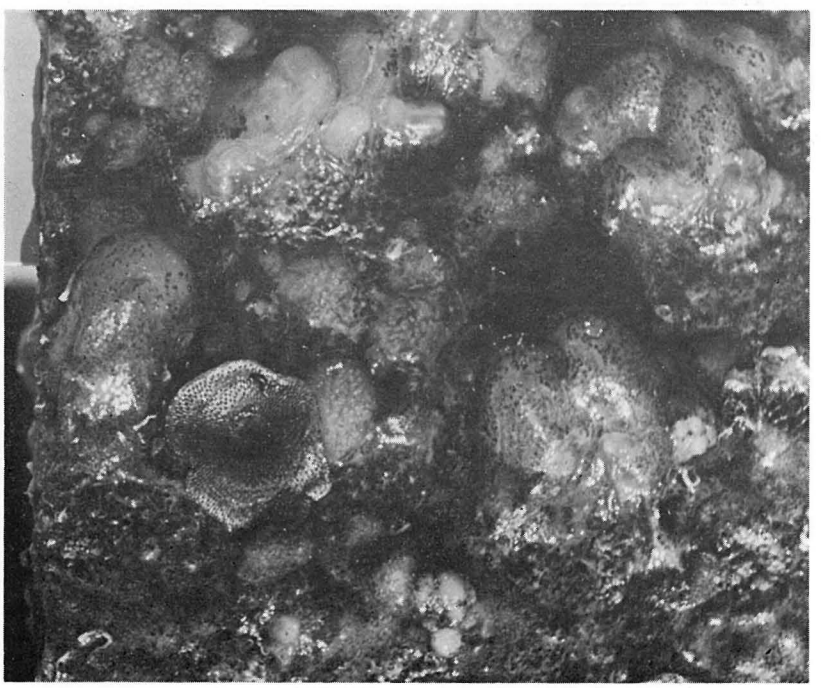
1. 英虞湾多徳島地先の深度別（0.3m，2.0m，5.0m）付着生物相の季節的変化を調査した。
2. 各層の出現種類数と総付着個体数はともに表層に最も少なく，2.0m，5.0m層と深くなるにしたがって増加する傾向にある。
3. 各層に出現した生物は45種にのぼり，このうちの27種が各層に共通して出現し，主要付着生物の12種がこれに含まれるという幅広い付着分布を示した。
4. 各層の付着盛期はいずれも春季から秋季の間にあり，特に2.0m，5.0m層はこの期間に著しい付着個体数の増加が示される。
5. 各層の最優占種はカサネカンザシで，表層ではこの種についでウズマキゴカイ，ホトトギスが，2.0m層ではウズマキゴカイ，サラサフジツボ，コブコケムシが，5.0m層ではサラサフジツボ，コブコケムシが優占種として出現した。
6. 今回の調査で従来からの優占種であるウズマキゴカイ，サラサフジツボに加え，カサネカンザシ，ヨーロッパフジツボ，コブコケムシが優占種として出現してきた。また，付着個体数は少ないが苔虫類では最も大型のホンダワラコケムシの出現が注目される。

7. 1958年の調査を含めて従来の調査を比較，検討した結果，表層域での総付着個体数の減少，下層域での増加と優占種の変移が指摘され，群集構造での種間の複雑化が進んできていることが判明した。
8. 1か月間浸漬と2か月間浸漬の浸漬期間の異なる付着基盤を調査した結果，生物の出現種類数と付着個体数は，浸漬期間に相当して増加するのではなく，1か月間の付着基盤の被覆の程度によって左右され，季節的に異なる傾向を示した。

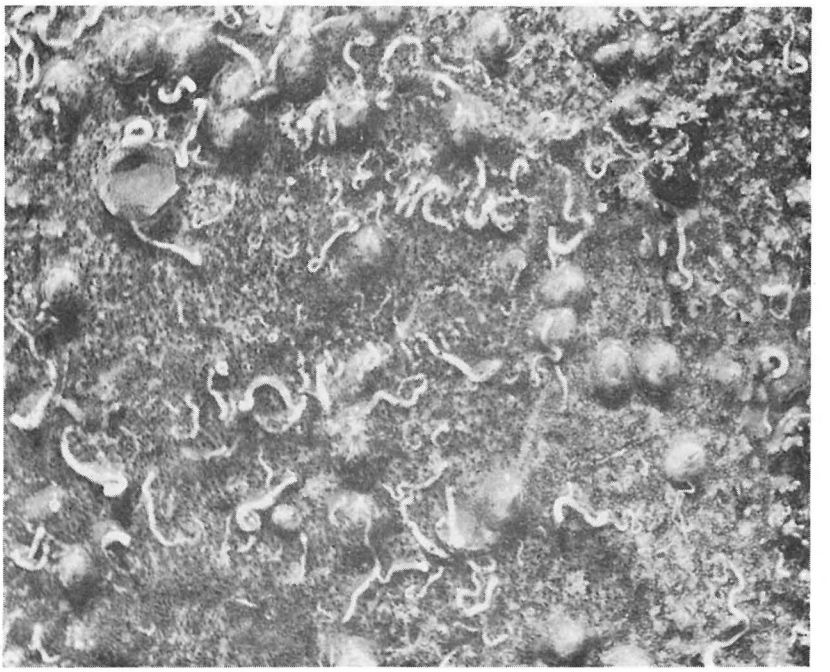
文　献

1. 荒川好満・溝上昭男・堀田正勝　1970. カサネカンザシ（多毛類）の異常発生とそのカキへの影響について. 南西海区貝類情報　6：36—44.
2. 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.
3. 河原辰夫　1958. 海中における付着生物の生態. 真珠研究会伊勢部会会報　2(11)：4—8.
4. Kawahara, T. and Iijima, H. 1960. On the constitution of marine fouling communities at various depths in Ago Bay. Rep. Fac. Fish. Mie Univ. 3(3) : 582—594.
5. Kawahara, T. 1961. Regional differences in the composition of fouling communities in Ago Bay. Rep. Fac. Fish. Mie Univ. 4 (1) : 65—80.
6. ———— 1969. Studies on the marine fouling communities. IV. Differences in the constitution of fouling communities according to localities. a. Nagasaki Harbor. Rep. Fac. Fish. Mie Univ. 6 (3) : 109—130.
7. 馬渡静夫　1965. 日本動物図鑑（上）. 北隆館　594.
8. ———— 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—122.
9. Mawatari, S. and Kobayashi, S 1954. Seasonal settlement of animal fouling organisms in Ago Bay, Middle part of Japan. Mis. Rep. Res. Inst. Nat. Resources. 35 : 37—47.
10. 元村　勲　1932. 群集の統計的取扱いに就いて. 動物学雑誌 44(528)：379—383.
11. 山村　豊・桑谷幸正・西飯　保　1969. 真珠養殖漁場における付着生物の生態学的研究. 1. 英虞湾の真珠養殖垂下層における付着生物相の季節的変化について. 国立真珠研報　14：1836—1861.

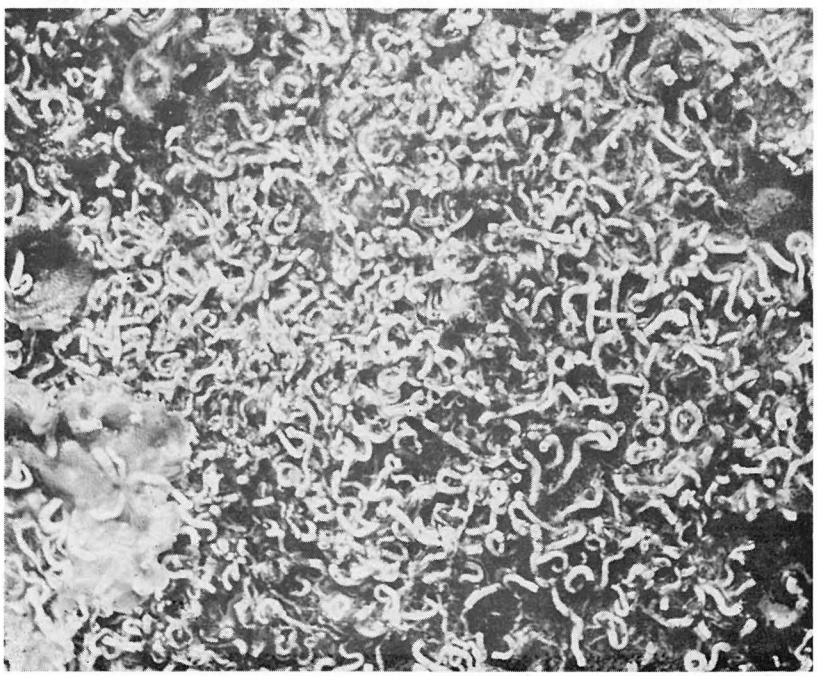
1．1968年3～5月（2か月間浸漬）コブコケムシ群集（2.0m）



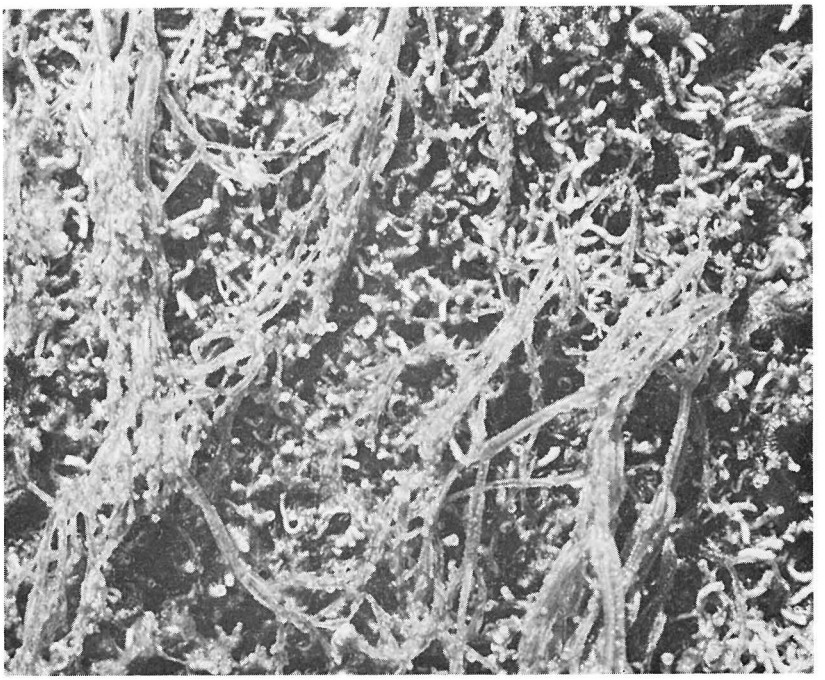
2．1967年4～6月（2か月間浸漬）シロボヤ，ユーレイボヤ，複合ボヤ群集（5.0m）



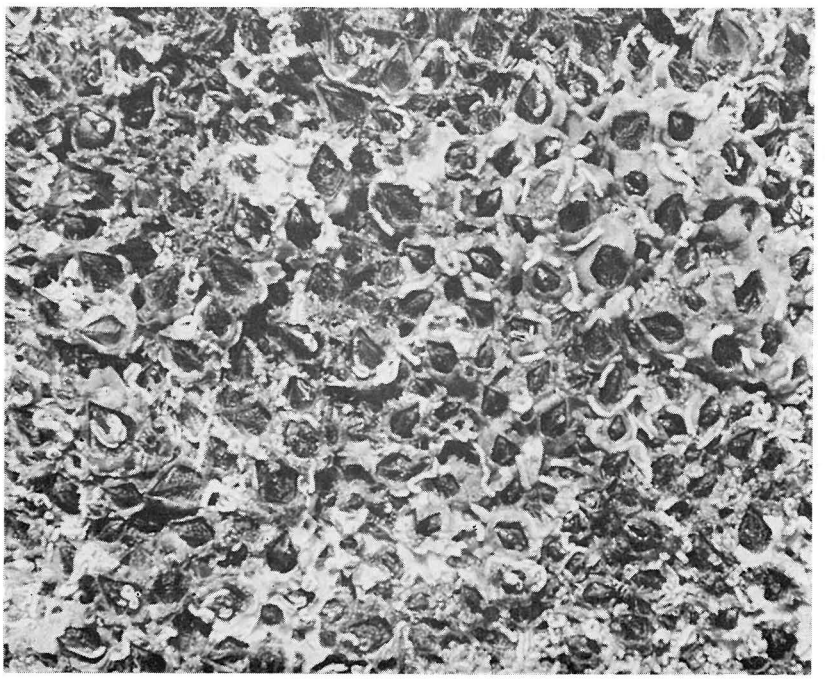
3. 1967年5～6月（1か月間浸漬）ヨーロッパフジツボ群集（2.0m）



4. 1967年6～7月（1か月間浸漬）カサネカンザシ群集（5.0m）



5.　1967年6～8月（2か月間浸漬）ホンダワラコケムシ（5.0m）



6.　1967年7～9月（2か月間浸漬）サラサフジツボ群集（5.0m）

付表 1. 0.3 m 層における種類別付着個体数

		4-5	4-6	5-6	5-7	6-7	6-8	7-8	7-9	8-9	8-10	9-10	9-11	10-11	10-12	11-12	11-1	12-1	12-2	1-2	1-3	2-3	2-4	3-4	3-5	1か月浸漬合計	2か月浸漬合計	総計
1. カサネカンザシ	*Hydroides norvegica* Gunnerus	25	353	1346	1079	1771	3072	1407	1081	1963	2137	2777	2672	249	120	11	7								1	9549	10522	20071
2. ウズマキゴカイ	*Dexiospira foraminosus* (Bush)	551	963	820	233	250	104	38	23	38	55	47	64	52	54	15	27		6	1			24	27	256	1836	809	3648
3. ヒトエカンザシ	*Serpula vermicularis* Linnaeus								1	1	1															1	2	3
4. ヤッコカンザシ	*Pomatoleios kraussii* (Baird)				1	1	3	3	25	5	3															6	32	38
5. フサコケムシ	*Bugula neritina* (Linné)	279	1		1		31			22		2	5	9	20	13	14			5			9			333	81	414
6. ホソフサコケムシ	*Tricellaria occidentalis* (Trask)	54									3	15	14	15	53	27	29				4		33	19	39	130	175	305
7. チゴケムシ	*Dakaria subovoidea* (D'Oribigny)	7	11	107	27	63	13				11	9	8	1	2	1	2							5	21	193	95	288
8. コブヒラコケムシ	*Schizoporella unicornis* (Johnston)	1	7								1		8		18	17	17			1			7	8	168	27	226	253
9. コブコケムシ	*Celleporina costazii* (Audouin)	5			1						29	67	161	9	96	33	144	3	43	3	12		138	57	35	177	659	836
10. キイコケムシ	*Schizoporella argentea* (Hincks)		5		2								1				1							1	6	1	15	16
11. ホウキコケムシ	*Crisulipora occidentalis* Robertson				1																					0	1	1
12. トゲヒラコケムシ	*Electra tenella* Levinsen														3		1									0	4	4
13. サラサフジツボ	*Balanus variegatus tesselatus* Utinomi				7	17	92	69	268	43	33	26	11													155	411	566
14. ヨーロッパフジツボ	*Balanus improvisus* Darwin	15	61	23	33		6	8	23	4	7	5	4												1	55	135	190
15. タテジマフジツボ	*Balanus amphitrite amphitrite* Darwin		1			6	16	16	87	65	54	1		11	9											99	167	266
16. シロスジフジツボ	*Balanus albicostatus albicostatus* Pilsbry		6	4	3		1	45	12	1																50	22	72
17. シロボヤ	*Styela plicate* (Lesueur)		23	19	2				1																	19	26	45
18. ベニボヤ	*Herdmania momus* (Savigny)										6															0	6	6
19. ネンエキボヤ*	*Leptoclinum mitsukurii* (Oka)		+	−	− − −	− − −					− − −	− − −																
20. イタボヤ*	*Botrylloides violaceus* Oka		− −	− − −	− −							− − −	− − −															
21. キクイタボヤ*	*Botryllus tuberatus* Ritter et Forsyth		− − −																									
22. ミサキケツボカイメン	*Sycon misakiensis* Hozawa		1		2						2															0	5	5
23. マガキ	*Crassostrea gigas* (Thunberg)						9	9	12	1	2															10	23	33
24. アコヤガイ	*Pinctada fucata* (Gould)							1	4																	1	4	5
25. ホトトギス	*Musculus senhousia* (Benson)						2336	330	399	6	5															336	2740	3076
26. ムラサキイガイ	*Mytilus edulis* Linné		294	1	6	1																	1		96	2	397	399
27. ナミマガシワ	*Anomia chinensis* Philippi								2		1															0	3	3
28. 巻貝	Gastropoda										6														1	0	7	7
29. フクロノリ	*Colpomenia sinuosa* Derbes et Solier												47		517		596									0	1160	1160
30. カゴメノリ	*Hydroclathrus clathratus* Howe												5		12											0	17	17
フジツボ幼体	Young Barnacles							29		4	3	3	1													36	4	40
合計		937	1726	2320	1398	2109	5683	1955	1938	2153	2359	2952	3001	346	904	117	838	3	49	10	16	0	212	117	624	13019	18748	31767

* 基面に対する被覆の程度を＋，－で表示した（以下各表とも同じ）。

付表 2. 2.0 m層における種類別付着個体数

		4-5	4-6	5-6	5-7	6-7	6-8	7-8	7-9	8-9	8-10	9-10	9-11	10-11	10-12	11-12	11-1	12-1	12-2	1-2	1-3	2-3	2-4	3-4	3-5	1か月浸漬合計	2か月浸漬合計	総合計
1. カサネカンザシ	*Hydroides norvegica* Gunnerus	2	164	456	900	1979	2553	1296	3078	3713	3175	3660	2672	1321	1188	44	28	4								12475	13758	26233
2. ウズマキゴカイ	*Dexiospira foraminosus* (Bush)	78	139	79	85	169	53	233	21	255	25	184	144	268	307	115	262	42	33	16	25	31	196	298	231	1768	1521	3289
3. ヒトエカンザシ	*Serpula vermicularis* Linnaeus						1		8																	0	9	9
4. ヤッコカンザシ	*Pomatoleios kraussii* (Baird)								3																	0	3	3
5. フサコケムシ	*Bugula neritina* (Linné)	36					1		34	52	72			13	49	64	23	17	3	25	3	2	19	19	46	228	250	478
6. ホソフサコケムシ	*Tricellaria occidentalis* (Trask)	23					1	1			8	1	6	13	55	30	15	6	3	7	16		256	224	33	305	393	698
7. チゴケムシ	*Dakaria subovoidea* (D'oribigny)	65	22		38	78	47	8	1	11	7	20	20	4	4	2	1	2	3				1	15	10	205	154	359
8. コブヒラコケムシ	*Schizoporella unicornis* (Johnston)	8	1			3		5		1	17	1	11	16	30	21	29		1				24	13	29	68	142	210
9. コブコケムシ	*Celleporina costazii* (Audouin)	102	18			1	5	15		5	53	29	195	19	164	51	243	50	88	18	31		637	625	651	915	2085	3000
10. キイコケムシ	*Schizoporella argentea* (Hincks)		34		2		3	3	5		3		7		4	1	10						1	3	10	7	79	86
11. ホウキコケムシ	*Crisulipora occidentalis* Robertson												3													0	3	3
12. トゲヒラコケムシ	*Electra tenella* Levinsen									1	1				3		2									1	6	7
13. シロアミコケムシ	*Conopeum reticulum* (Linnaeus)							1																		1	0	1
14. モングチコケムシ	*Cryptosula pallasiana* (Moll)										1								1							0	2	2
15. チビオフクロコケムシ	*Bowerbankia caudata* Hincks								26	2	23															2	49	51
16. サラサフジツボ	*Balanus variegatus tesselatus* Utinomi				4	35	251	763	593	403	989	76	43		3											1277	1883	3160
17. ヨーロッパフジツボ	*Balanus improvisus* Darwin	19	56	125	33		5	45	33	6	10	21	10		1											216	148	364
18. タテジマフジツボ	*Balauus amphitrite amphitrite* Darwin					4	6	25	30	38	25	3	1	4	11											74	73	147
19. シロスジフジツボ	*Balanus albicostatus albicostatus* Darwin			1	7			6																		7	0	7
20. サンカクフジツボ	*Balanus trigonus* Darwin	1	5	7	7			1	2		2	2	3													11	19	30
21. シロボヤ	*Styela plicate* (Lesueur)		16	8		15	10		1																	23	34	57
22. ベニボヤ	*Herdmania momus* (Savigny)										55															0	55	55
23. ユーレイボヤ	*Ciona intestinalis* (Linné)		6	39																						39	6	45
24. マメボヤ	*Perophora japonica* Oka																								38	0	38	38
25. ネンエキボヤ*	*Leptoclinum mitsukurii* (Oka)		---	++	---	---						---	---										---	---	++			
26. イタボヤ*	*Botrylloides violaceus* Oka		--	---	--	---						---													---			
27. キクイタボヤ*	*Botryllus tuberatus* Ritter et Forsyth		---																									
28. ミナミシモフリボヤ	*Amaroucium multiplicatum* (Sluiter)																					---						
29. ミサキケツボカイメン	*Sycon misakiensis* Hozawa				4			1		1	1		9													2	14	16
30. 白色の海綿(未同定)	Sponge				5																					0	5	5
31. ベニクダウミヒドラ	*Tubularia mesembryanthemum* Allman																				8					0	8	8
32. マガキ	*Crassostrea gigas* (Thunberg)						2	2	1	2																4	3	7
33. アコヤガイ	*Pinctada fucata* (Gould)							2		1	3															3	3	6
34. ホトトギス	*Musculus senhousia* (Benson)						8	15	21	1	11															16	40	56
35. ムラサキイガイ	*Mytilus edulis* Linne	2	76		3	2																				4	79	83
36. ヒオウギ	*Chlamys* (*Mimachlamys*) *nobilis* (Reeve)										2	4														4	2	6
37. ナツメガイ	*Bulla vernicosa* Gould								2																	0	2	2
38. 巻貝	others Gastropoda								8	42	22		1													42	31	73
39. フクロノリ	*Colpomenia sinuosa* Derbes et Solier												30		182		6		77				4		93	0	392	392
40. カゴメノリ	*Hydroclathrus clathratus* Howe														4											0	4	4
フジツボ幼体	Young Barnacles						189	172	9	225	12	10	1													407	211	618
合　計		336	537	715	1088	2286	3135	2594	3876	4759	4517	4011	3156	1658	2005	328	619	121	209	66	83	33	1138	1197	1141	18104	21504	39608

付表 3. 5.0 m 層における種類別付着個体数

		4–5	4–6	5–6	5–7	6–7	6–8	7–8	7–9	8–9	8–10	9–10	9–11	10–11	10–12	11–12	11–1	12–1	12–2	1–2	1–3	2–3	2–4	3–4	3–5	1か月浸漬合計	2か月浸漬合計	総合計
1. カサネカンザシ	*Hydroides norvegica* Gunnerus	2	141	1325	2753	3230	2537	1446	2422	4085	2659	4028	2386	2373	1604	61	60									16550	14562	31112
2. ウズマキゴカイ	*Dexiospira foraminosus* (Bush)	11	14	21		6		42	6	26		152	33	91	153	108	163	51	45	8	79	42	117	49	31	607	641	1248
3. ヒトエカンザシ	*Serpula vermicularis* Linnaeus				2				3	1																1	5	6
4. ヤッコカンザシ	*Pomatoleios kraussii* (Baird)				1					1																1	1	2
5. シライトゴカイ	*Salmacina dysteri* (Huxley)								---																---			
6. フサコケムシ	*Bugula neritina* (Linné)	12	1			6		3	8	35	44	15	11	3	26	24	31	8	6	6	11	1	10	25	45	138	193	331
7. ホソフサコケムシ	*Tricellaria occidentalis* (Trask)	4					1	7	16	11	26	22	11	4	26	10	13	3	6	15	36	1	96	54	14	131	245	376
8. チゴケムシ	*Dakaria subovoidea* (D'oribigny)	16	13	1	58	20	22	2	4	6	5	11	15	5	5	2					2	1	1	6	18	70	143	213
9. コブヒラコケムシ	*Schizoporella unicornis* (Johnston)	4						7	1	7	1	6	10	5	18	12	21		1	1	1		13	1	18	43	84	127
10. コブコケムシ	*Celleporina costazii* (Audouin)	8	16		1	1	1	15	28	12	14	56	131	22	150	54	208	35	122	39	47		828	285	504	527	2050	2577
11. キイコケムシ	*Schizoporella argentea* (Hincks)		14		6	4	1	4	11	5	1	3	9		8		9	1	1		3		4	2	4	19	71	90
12. ホウキコケムシ	*Crisulipora occidentalis* Robertson												1		3											0	4	4
13. トゲヒラコケムシ	*Electra tenella* Levinsen								1	3	3				2			1								4	6	10
14. シロアミコケムシ	*Conopeum reticulum* (Linnaeus)							2																		2	0	2
15. モングチコケムシ	*Cryptosula pallasiana* (Moll)																		1							0	1	1
16. チビオフクロコケムシ	*Bowerbankia caudata* Hincks								14	23	2															23	16	39
17. ホンダワラコケムシ	*Zoobotryon pellucidum* Ehrenberg						9	3		1																4	9	13
18. サラサフジツボ	*Balanus variegatus tesselatus* Utinomi				40	32	201	1364	1296	897	837	212	147	34	34											2539	2555	5094
19. ヨーロッパフジツボ	*Balanus improvisus* Darwin	1	21	127	29	2	4	93	57	14	15	36	22	2	2											275	150	425
20. タテジマフジツボ	*Balanus amphitrite amphitrite* Darwin					2	2	17	25	34	40	5	1	61	33											119	101	220
21. シロスジフジツボ	*Balanus albicostatus albicostatus* Darwin											1														1	0	1
22. サンカクフジツボ	*Balanus trigonus* Darwin		4	5	9		1	7	5	1	8	3	7													16	34	50
23. シロボヤ	*Styela plicate* (Lesueur)		10	4	35	7	7		3	1			87													12	142	154
24. ベニボヤ	*Herdmania momus* (Savigny)										65		1													0	66	66
25. ユーレイボヤ	*Ciona intestinalis* (Linné)		17	98																					9	98	26	124
26. マメボヤ	*Perophora japonica* Oka																								3	0	3	3
27. ネンエキボヤ*	*Leptoclinum mitsukurii* (Oka)		++	−	---	---	---																--	--	+++			
28. イタボヤ*	*Botrylloides violaceus* Oka		---		---	---																						
29. キクイタボヤ*	*Botryllus tuberatus* Ritter et Forsyth		---										---															
30. ミナミシモフリボヤ	*Amaroucium multiplicatum* (Sluiter)												---															
31. ミサキケツボカイメン	*Sycon misakiensis* Hozawa								1	26	1	4	5		1											30	8	38
32. 白色の海綿(未同定)	Sponge				1																					0	1	1
33. ベニクダウミヒドラ	*Tubularia mesembryanthemum* Allman																19	1	72	9	99	1				11	190	201
34. マガキ	*Crassostrea gigas* (Thunberg)							2	3	2	1															4	4	8
35. アコヤガイ	*Pinctada fucata* (Gould)						1	1	16	4	2															5	19	24
36. ホトトギス	*Musculus senhousia* (Benson)					12		9	62	1	9															22	71	93
37. ムラサキイガイ	*Mytilus edulis* Linné		11	1			1																			1	19	20
38. ヒオウギ	*Chlamys* (*Mimachlamys*) *nobilis* (Leeve)				7				1	3	2	1	1													4	4	8
39. ヒバリガイ	*Modiolus agripetus* (Iredale)						1			2	3															2	4	6
40. アオリガイ	*Malleus* sp.								7																	0	7	7
41. 巻貝	Gastropoda						1		16	19	1	2													2	21	20	41
42. フクロノリ	*Colpomenia sinuosa* Derbes et Solier														58				27						2	0	87	87
フジツボ幼体	Young Barnacles						257	230	15	188	2	4	2	18												440	276	716
合　計		58	262	1582	2942	3322	3047	3254	4021	5408	3741	4561	2880	2618	2123	271	5241	100	281	78	278	46	1069	422	650	21720	21818	43538

Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography,
Special Number (Prof. Uda's Commemorative Papers), 1969

真珠漁場の水温と真珠の成長ならびに光沢について*

和田浩爾**

Relations between Growth of Pearls and Water Temperature

Koji WADA**

Abstract: Relation between growth and luster of pearls and water temperature of a pearl farm in Ago Bay, Mie Prefecture, is dealt with in this paper discussing from the biomineralogical viewpoint.

The growth of pearls appears to be governed by water temperature as shown in Fig. 1. The relation between growth of pearl and temperature in Fig. 1 will be summarized as follows: (1) When the temperature goes down less than about 12°C the weight of pearls does not increase but finally decrease. (2) The growth rate of pearls is maximum in September but the average temperature maximizes in August. (3) The growth rate of pearls is usually larger in the period after breeding till hibernation than in the period during main breeding after hibernation at same temperatures.

The superficial and laminar structures of pearls which affect the luster depend on crystal growth. Crystal growth of the pearl mineral may be controlled by the metabolism of pearl materials which varies with physiologic conditions of oysters and environmental condition.

1. まえがき

一般に，真珠漁場に関する問題のとりあげかたは，漁場の海況を述べ，真珠の品質と環境とを直結した関係でとらえながら養殖学の立場から論ずることになる。こうした立場にたつと，海況の季節的変化にともなう真珠の品質の変化や漁場別の海況の特性と真珠の品質との関係などは現象論的にしか理解できないのではなかろうか。しかし，貝の石灰代謝の生理を解き明かし，アコヤガイが環境との交渉においてあらわす石灰代謝の質的ならびに量的特徴をおさえることができたら，われわれは真珠漁場を生物科学的に，しかも立体的に解析できる。

ところで，真珠は他の水産物とは養殖の目的が全く異なるから，収獲物の単純な増量，歩留だけで養殖の成績を評価できない一面をもっている。たとえば，歩留がよくても真珠の品質が宝石としてよくなければ，最終的な成績はわるくなる。もし，宝石として最高の品質のものが挿核数の10%もできれば，歩留がわるくても真珠養殖の経営は成り立つ。

したがって，漁場環境を真珠の品質の立場から認識しようとすると，環境との交渉であらわれる石灰代謝の量的あるいは質的変化が真珠の品質にどう反映されるかという問題をとりあげる必要がある。すなわち，蛋白資源の増養殖を目的とした水産物とは異なった側面一生物系における鉱物化，特に結晶成長と物性との関係を明らかにするという意味あいにおいて一も加えて環境を認識しなければならない。

生物系における鉱物化を解明しようとする学問分野は生鉱物学とよばれている。私は真珠の鉱物化と品質との関係をこれまでに明らかにし，現在この種の研究の結果を真珠養殖へ展開するよう努力している。ここに真珠の漁場環境特に水温の季節変化と真珠の品質との関係で得られた結果に生鉱物学の立場で考察を加えて報告する。

本文に入るに先だち，学生時代から種々の御指導と御助言を下さった宇田道隆先生の御退官にあたり，先生の今後の御活躍を願って，謹んで小論をおおくりします。なお，本文の御校閲を下さった池末弥所長ならびに真珠の光沢量の測定に御協力下さった東京真珠検査所木村銀司技官に深謝いたします。

* 昭和43年11月1日受理。
国立真珠研究所業績 No. 176.
** 国立真珠研究所 National Pearl Research Laboratory, Mie, 517-05 Japan.

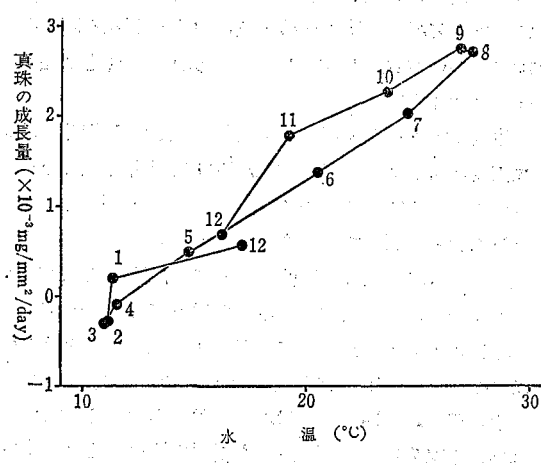
2. 実験材料ならびに方法

実験はアコヤガイの3年貝の生殖腺中に，常法にしたがって石灰核を一個あて挿入しておこなった。核入れは1964年6月30日と7月1日の2日間におこない，手術貝は三重県英虞湾多徳島にある当研究所試験漁場で養成された。使用した核には正確に 157mg，158mg，159mg，160mgの重さのものを選び，手術貝は核の重さごとに区分して養成された。実験材料は核入れして6カ月目から毎月 50～100 個体ずつ採集し，真珠層真珠についてのみ秤量した。

真珠の光沢量の測定は東芝製ＰＧ－１型球面光沢計をもちいて，全実験期間にわたって選びだした100個の真珠についておこなった。測定した真珠を光沢量が20%以上，20～15%，15%以下の三つに区分して集め，残りの真珠の光沢量は肉眼的にこれと比較して決めた。その信頼度を知るために，光沢量を肉眼で決めた真珠を無作為に50個選びだし，同球面光沢計で測定した結果，肉眼で決めた光沢量は±３%の誤差以内で信頼できることを確かめた。

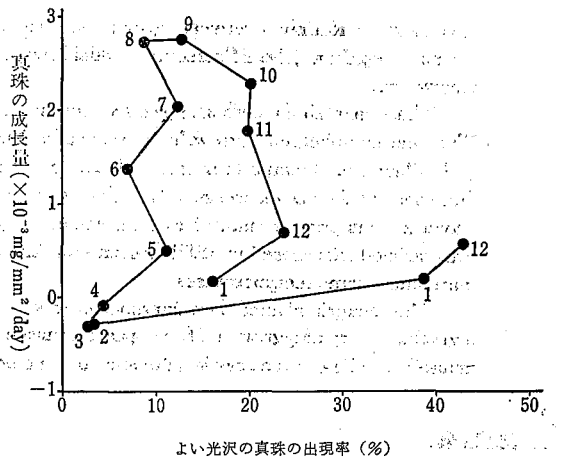
3. 結　　果

第１図は月別の平均水温（多徳島漁場の養殖深度にあたる２m層の水温で，毎日11時30分から12時の間に測定した）と真珠の増重量（$\times 10^{-3}$ mg/mm²/day）との関係で，真珠の成長について三つの明白な事実を示している。第一は，水温が12°Ｃ～13°Ｃ以下になると，真珠はやがて全く成長しなくなり，遂には減量する。第二は，真珠の増重量は９月に最大を示し，漁場の平均水温は８月に最大を示す。第三は，増重率が上昇する６月から８月の真珠の増重量は増重率が下降する10月から11月のそれと同水温で比較して通常小さい。



第１図　月別の平均水温と真珠の成長量。グラフ中の数字は月。

第２図は月別の真珠の増重量（$\times 10^{-3}$mg/mm²/day）とよい光沢の真珠（光沢量が20%以上のもの）の出現率との関係を示したものであり。よい光沢の真珠の出現率は真珠の減量期にあたる２月から４月に最低で，そののち最大の増重量を示す９月まで増重量に関係なく７～12%の間にある。よい光沢の真珠の出現率は真珠の増重量が下降する10月から20%以上に達し，そののち増加しつづけて12月に最大を示すが，真珠の増量がほとんどみられなくなる１月から２月にかけて急速に減少する。



第２図　真珠の成長量とよい光沢の真珠の出現率。グラフ中の数字は月。

重量が減少し，光沢が悪くなる２月から４月の真珠を電子顕微鏡で観察すると，真珠の表面は溶解して通常結晶の成長は全くみられない。増重率が下降し，光沢がよくなる10月から12月にかけては結晶はよく発達した平らな面からなっている。増重率が上昇する５月から８月にかけては結晶は盛んに成長しているが，結晶面に腐蝕像が屢々みられる。真珠の成長がほとんどおわる１月には非常に小さい結晶が下に横たわる結晶の縁に成長していたり，それが溶解していたりする。

4. 考　　察

真珠の光沢量は真珠の表面や極く表層の組織構造によって主に決定される（和田 1959，1961）。貝の石灰代謝がどんな状態であるかが真珠の表面における結晶核の生成率や結晶の成長速度を変え，あるいは既存の結晶を溶解し，石灰沈着量と組織構造とに敏感に影響する（和田 1959，1961，1968）。もし石灰代謝量が石灰沈着量とほ

ぼ平行して変動すると仮定すると，貝の石灰代謝量は季節という時間的な広がりと漁場という平面的な広がりの中で主に水温と関連して変動するから，真珠の増重量（渡部 1952）や光沢量は環境によって一義的に決定されるかのようにみえる。

今回得られた結果からもわかるように，貝の石灰代謝量は漁場の水温と関連して季節的に変化する傾向を示す。しかし，石灰代謝量が上昇する6月から8月の石灰沈着量は石灰代謝量が下降する10月から11月のそれに比べて同水温で通常小さい。また，真珠の光沢量は真珠表面の結晶の成長や溶解などと関連して季節的に変化するが，第1図と第2図との比較からわかるように漁場の水温と直接の因果関係をもっているとは思えない。

真珠の光沢量は真珠の組織構造によって決まり，組織構造は貝の石灰代謝と因果関係があるのに，貝の石灰代謝に影響している漁場の水温や貝の石灰代謝量が真珠の光沢量と因果関係をもたないという矛盾に直面する。この矛盾を解釈するためには，真珠や貝殻が形成される過程には全く異なる次の二つの過程が含まれていることを認識し，これらの過程に環境がどのように干渉するかを理解しなければならない。

第一は真珠袋あるいは外套膜の細胞の分泌機能によって結晶の母液—細胞外に放出された分泌液—がつくられる過程である。この分泌機能の質的ならびに量的な調整は真珠や貝殻の形成に関与する細胞で営まれる糖代謝の変化であり，中間代謝産物であるピルビン酸の TCA 回路へのとり入れとミトコンドリア電子伝達系による酸化還元反応を基盤としているであろう。代謝系から生じた CO_2 の一部は炭酸脱水酵素の触媒作用により加速的に真珠や貝殻の形成に必要な大部分の CO_3 を供給し，細胞呼吸と共役して生じた ATP は真珠や貝殻の形成に必要なエネルギー源となる（和田 1969）。

第二はこの母液から結晶が晶出する過程である。細胞の分泌機能によって規定された晶出条件のもとではあるが，結晶化はその晶出条件のもとで熱力学的に合理的にすすむと考えられる。

細胞の分泌機能にはアコヤガイという種としての質的ならびに量的特徴が認められるだけでなく，同じ種類の環境変化にたいして種としての質的ならびに量的特徴も生じている。また，貝の生殖，成長，冬眠などの内的変化は環境に追従したかたちで一年周期でくりかえされる。したがって，環境変化とともにこの内的変化は貝の石灰代謝を調整する場所—Ca を吸収する組織，真珠の有機基質の代謝に必要な餌の摂取にあたる細胞や器官，これらの運搬にあたる細胞や器官，真珠や貝殻をつくる細胞—に質的あるいは量的にどのように影響をおよぼすかが問題となる。

全く同じ晶出条件からは類似した結晶の成長がおこることが期待されるのに，よく類似した石灰沈着速度や漁場の水温のもとで異なった結晶の成長像があらわれるということは，結晶成長にとってはある時間内における石灰代謝量が同じであるかどうかということよりも，同じ石灰沈着量を生じた時間内で貝の石灰代謝がどんな状態でおこなわれていたかが問題となることを意味しているであろう。生物系における結晶成長は細胞の営みによってつくられた溶液で，しかも細胞の営みによって真珠物質が供給される系でおこる。生物が異なる生理状態であれば，同じ種類の環境が作用しても石灰代謝は全く異なった反応をする可能性があるから，石灰沈着量が同じであったとしても晶出条件が同じであるとは限らない。

したがって，真珠の光沢量が結晶の成長像と関連して変化するのに，見掛けの石灰沈着速度や漁場の水温と直接の因果関係を求め難いのは当然と思われる。すなわち結晶の成長像，漁場の水温変化と石灰沈着量との関係などを考慮すると，冬眠覚醒ののち生殖行為が終るまでの貝の石灰代謝は不安定であり，そののち冬眠に入るまで貝の石灰代謝は安定した状態でおこなわれているであろう。貝の石灰代謝が不安定な状態であれば，分泌液の $CaCO_3$ の活動度濃度も不安定に変動し，結果的に結晶の成長は変動し，不均一となり，そこには不規則な層が形成されるに違いない。

要　約

1）アコヤガイは水温が 12°C～13°C 以下になるとやがて石灰代謝がとまり，成長していた結晶が溶解するため真珠は減量する。この時期の真珠の光沢は非常に悪い。

2）冬眠覚醒ののち生殖が終る頃まで石灰代謝は不安定で，不規則な層が形成されやすいので真珠の光沢はあまりよくない。

3）生殖ののち冬眠にはいるまでの石灰代謝は安定しており，規則的な層が形成されるので真珠の光沢は非常によくなる。

文　献

和田浩爾（1959）：国立真珠研報，5，381—394。
——　（1961）：同報，6，586—606。
——　（1968）：同報，13，1561—1596。
——　（1969）：「硬組織研究」医歯薬出版，399—430。
渡部哲光（1952）：真珠の研究，2（4），21—34。

頁	行
1957	上 3
	上10
1961	下 5
1971	Fig. 1
1977	Fig. 1
1991	Fig. 1
1994	上 9
1995	上10
1995	Fig. 1
1997	Fig. 4
2003	Fig. 4
2008	上 1
2013	下 1
2015	下21
2028	脚注
2045	下 1

(4)-Y

nm		Au.	nm		Au.
350			40		
60			50		
70			60		
80			70		

なお，和田，阪口の文中“卵”はすべて卵に訂正します。

国立真珠研究所報告16 正 誤 表

頁	行	誤	正
1957	上 3	中央がやや	中央かやや
	上10	扁在	偏在
1961	下 5	単位鉱物板	単位鉱物薄板
1971	Fig. 18	移植片給与 No. w 8	移植片給与体 No. w 8
1977	Fig. 24	□, 技術者A女;	■, 技術者A女;
		■, 技術者B女。	□, 技術者B女。
1991	Fig. 37	Freguency	Frequency
1994	上 9	貝殻の真珠表面に	貝殻の真珠層表面に
1995	上10	求ると	求めると
1995	Fig. 39	真珠の直経	真珠の直径
1997	Fig. 40	(最小直経／最大直経)	(最小直径／最大直径)
2003	Fig. 46	CaCO	$CaCO_3$
2008	上 1	その素材を	その素材は
2013	下 3	コンキリオン	コンキオリン
2015	下22	生閉物	生鉱物
2028	脚注	summary, p. 2028–2037.	summary, p. 2035.
2045	下 3	項点	頂点

なお，和田，阪口の文中 "卵" はすべて卵に訂正します。

昭和47年3月1日 印刷
昭和47年3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 林 知夫
印刷者 山形健雄

大阪市東住吉区桑津町4—58
印刷所 アテネ出版印刷株式会社

Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

16

March 1972

CONTENTS

Wada, K. Relation between calcium metabolism of pearl sac and pearl quality 1949

Sakaguchi, S. Studies on a trematode genus *Proctoeces* Parasitic in pearl oyster, *Pinctada fucata*-III
On the adult trematode, *Proctoeces ostreae* Fujita in Dollfus, 1925, found in the black porgy, *Mylio macrocephalus*, from Tanabe Bay··· 2028

Yamamura, Y. Ecological studies of marine fouling communities in pearl culture ground
II. Seasonal changes in the constitution of marine fouling communities at various depths in Ago Bay 2038

The originals published in other journals

Wada, K. Relation between growth of pearls and water temperature

National Pearl Research Laboratory
Kashikojima, Ago-cho, Shima-gun
Mie Prefecture, Japan