

# 国立真珠研究所報告

12

昭和42年(1967)11月

---

Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

12

November 1967

# 国立真珠研究所報告 12 (1967)



## 内 容

- 澤田保夫・谷口宮三郎 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究  
IV. 老化漁場における底質の性状とその改良法の一例について……………1379
- 桑谷幸正・西飯 保 水槽飼育アコヤガイの成長におよぼす米粉末投与量の影響について……………1409
- 蓮 尾 真 澄 母貝仕立てに要する期間の差異が真珠品質におよぼす影響……………1432
- 阪 口 清 次 アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究  
VI. メタセルカリアの最終宿主への人工感染実験……………1445
- 真珠養殖漁場における水中障害物の爆破除去に関する研究 (第1報) ……1455
- 若園吉一・中野雅司 I. 水中爆破に関する研究—水中爆破の一事例
- 若園吉一・小川輝繁 II. 水中爆破に関する研究—水中爆破に伴なう水中衝撃圧および震動について
- 澤田保夫・水本三朗・阪口清次・関 政夫  
III. 水中爆破の水産生物におよぼす影響

## 学会誌発表論文

- 和 田 浩 爾 軟体動物の石灰化組織の鈣物化に関する研究—XIV  
コンキオリンの形成と鈣物化過程におけるアミノ酸組成の変化 (英文)
- 植 本 東 彦 仕立て作業及び挿核手術がアコヤガイの生理状態に及ぼす影響
- 和 田 浩 爾 軟体動物の石灰化組織の鈣物化に関する研究—XV  
カルサイト殻を生成する *extrapallial fluid* のアミノ酸組成について (英文)
- 和 田 浩 爾 軟体動物の石灰化組織の鈣物化に関する研究—XVI  
外套膜の内外面に分泌された粘液物質のアミノ酸組成の比較 (英文)

# 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究

## IV. 老化漁場における底質の性状とその改良方法の一例について\*, \*\*

澤田保夫・谷口宮三郎

国立真珠研究所

真珠養殖漁場の老化現象は漁場内におけるアコヤガイを中心とした物質循環の異常によるもので、その異常は人為的な過密養殖の結果として起こる底泥の悪化である。老化漁場では漁場の地形的条件によって、悪化した底泥の流出や稀釈が充分に行なわれないために環境水の溶存酸素量の低下や硫化水素の溶出が現われるものである。前報<sup>1)</sup>では英虞湾でも特に漁場の老化現象が顕著に現われている立神浦最奥部と比較的良好な漁場である多徳島地先の環境水や底泥中の諸化学成分の季節的变化と両地点の比較を同時に実施した。この結果、底泥中の有機物量・過マンガン酸カリ消費量および全硫化物量等が老化漁場では非老化漁場に比べると多量に認められ、それらの量の分布は底泥の上層部に多いことを認めた。

英虞湾のような漁場の老化現象が強く現われている地域では、この現象に起因する真珠の生産性の低下やアコヤガイの異常大量斃死の発生による大きな被害を受けており、老化漁場の改良対策は重要な問題の一つとなっているが、真珠漁場の開拓が西日本全域に行なわれた現在においては、漁場環境の管理面から将来考えなければならないことは各真珠漁場の密殖化と老化防止の問題であろう。

著者らは、前報にひきつづき立神浦内において漁場底泥の悪化の場を検討すると共にその季節的な消長を追究し、さらに、漁場老化の改良法の一例として実施されている底泥の耕耘効果を検討したので、その結果を報告する。

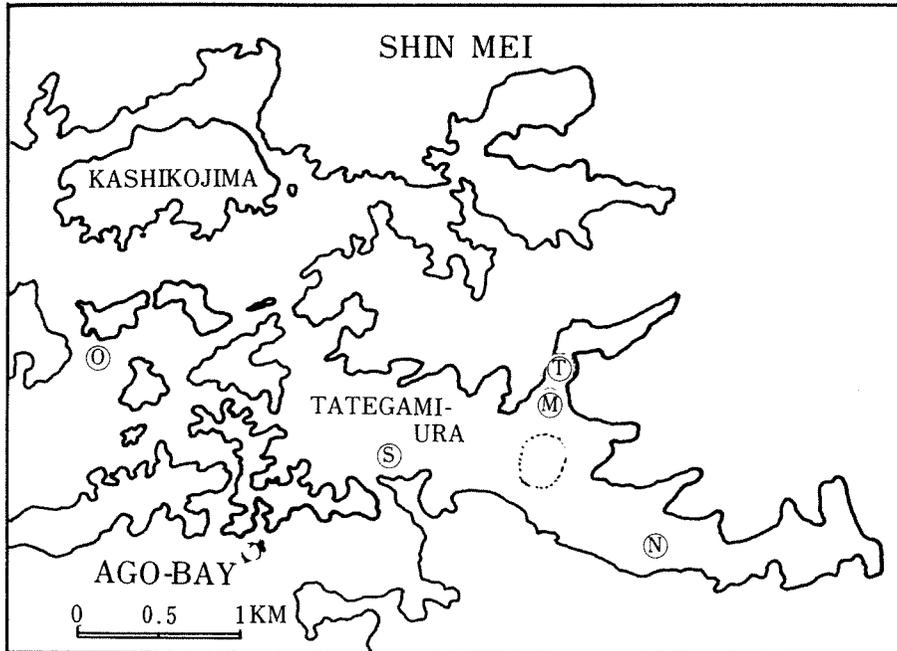
なお、この研究の一部は水産庁の実施している浅海漁場開発事業調査の研究費によるものである。

### 観測地点および分析方法

観測地点として選んだ地域は、前報と同様に英虞湾の枝湾として最奥部に位置する立神

\* Yasuo Sawada and Miyasaburo Taniguchi. The oceanographical studies on the pearl culture ground, IV. On the seasonal changes of bottom condition and the improvement method of bottom mud in the superan nuated pearl farm. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 12: 1379—1408. 1967.

\*\* 国立真珠研究所業績 No. 159 (国立真珠研究所報告12: 1379—1408. 昭和42年11月)



第1図 立神浦観測点附近略図

浦である。この枝湾の特徴は前報に述べたとおりであるが、第1図に点線で示したように中央部に大きな暗礁が存在し、この暗礁を境として湾口部と湾奥部では環境に差のあることが考えられるので、これを区別して観測するために湾口部に観測点S、湾奥部に観測点Nおよび暗礁の北部の浦に観測点M・Tを選んだ。また、観測点M・Tの間は約400mの距離であるが、M点は1965年の初めに耕耘作業による漁場改良が図られた地域であり、その効果を比較検討する目的で未耕耘地域のT点を選んだ。

観測は前報の1964年の観測にひきつづき1965年5月から1967年2月まで原則として月1回行なったが、異常環境の発生する可能性が強い初夏から秋季にかけては海況や底泥の化学成分の変動を考慮して適宜観測間隔を変更した。

観測諸項目は前報とほぼ同様である。すなわち、北原式B号採水器を用いて採取した試料は常法によって塩素量・溶存酸素量および過マンガン酸カリ消費量を測定し、水温はサーミスター水温計を用いて測定した。

底泥の採取はNauman採泥器を用いて採泥し、これを上層部から0~0.5cm・0.5~3.5cm・3.5~6.5cmの3層に分離した後各泥層について有機物量・過マンガン酸カリ消費量・全硫化物量・溶存酸素消費量を求めた。分析方法はすべて前報と同様であるが、過マンガン酸カリ消費量は消費された $\text{KMnO}_4$ のmg数で表わした。

## 観測結果

## A. 海況

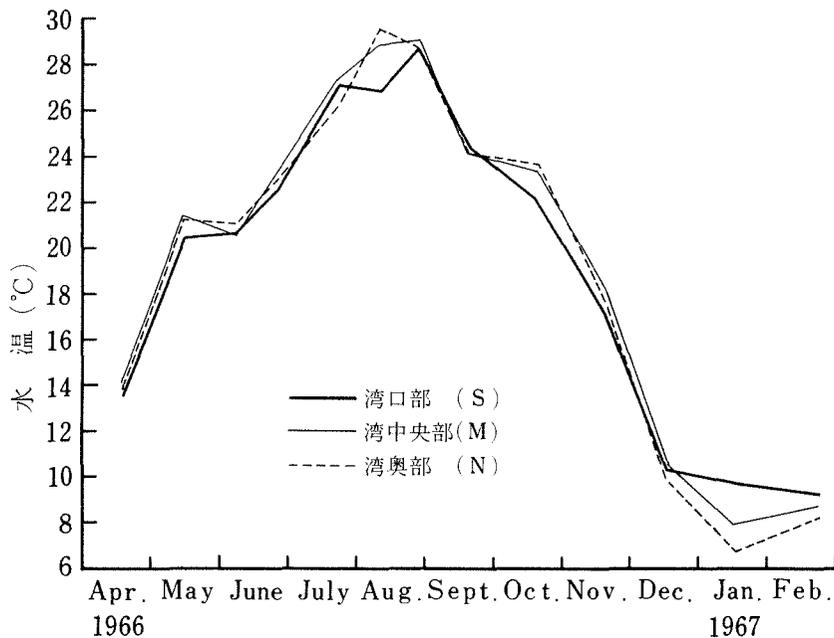
## 1. 水温

立神浦の水温は、6月頃から成層が現われて7月から8月には2~3mの水深に顕著な成層が認められる。この時期の立神浦奥部(N)では水深が約6mであるが、表層の水温が28.9°Cと上昇しているのにくらべ底層では21.8°Cと約7°Cも低い値を示し、成層附近では水深が1m下るごとに約2°Cの水温低下が認められる。この成層は9月になって台風の影響を受ける時期になると次第に消滅する。

真珠養殖は一般に水深2m前後で行なわれるが、立神浦における水深2m層の水温の季節変化を示すと第2図のようになる。湾口部(S)にくらべて湾奥部(M・N)の水温は、冬季を除いては8月に約1°C高い水温が続くのみでその他の時期は湾口部と湾奥部の間には真珠養殖に支障をきたす程顕著な水温差は認められない。

## 2. 塩素量

1966年春季から秋季にわたっては表層近くはたびたび降雨による塩素量の低下が認めら

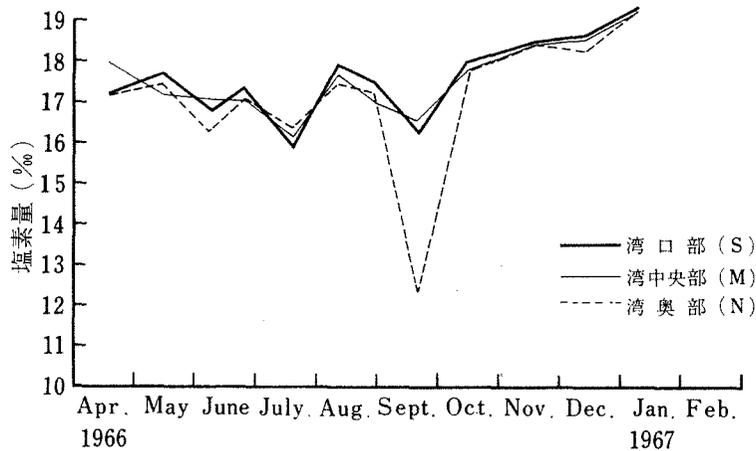


第2図 立神浦における2m層の水温の季節変化

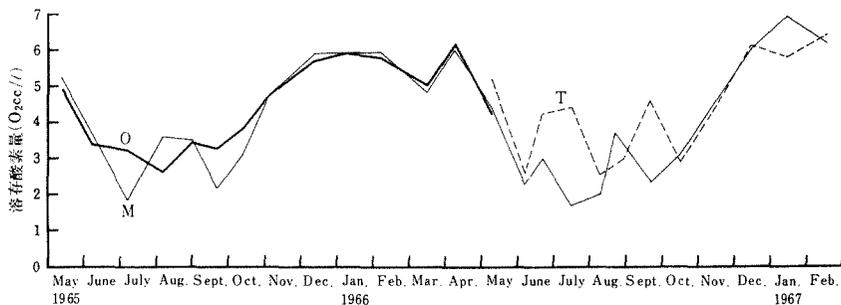
れたが、全観測期間のうち2m層の水深に降雨の影響が強く現われたのは9月中旬の湾奥部のみで、その他は常に16~18%を示した。第3図はこの様子を示したものであるが、9月20日にみられる湾奥部の塩素量の低下を除いては3観測点のいずれも同じような経過を示しているが、湾口部のS点が僅かに塩素量の高いのが認められる。

### 3. 溶存酸素量

老化漁場においてアコヤガイの生育に関係が深くしかも季節的変動の激しいのは底層附近の溶存酸素量である。第4・5図に示したように1965年の観測はO・M2点で行なわれたが、M点の水深は8m前後と比較的水深が浅いのに上下水の混合が少なく、底泥の分解の進行する7月と9月はO点にくらべると底層附近の溶存酸素量は極度に低下し、2cc/l前後の貧酸素状態を示している。また、1966~1967年の観測でも立神浦のS・T・M・N4点はいずれも夏季には2cc/l前後の低い溶存酸素量を示している。このような底層あるいは底層附近の貧酸素状態が上層部に与える影響を図示したのが第6・7図である。第6図は立神浦奥部のN点の底層と2m層の溶存酸素量の季節変化を示したものであ

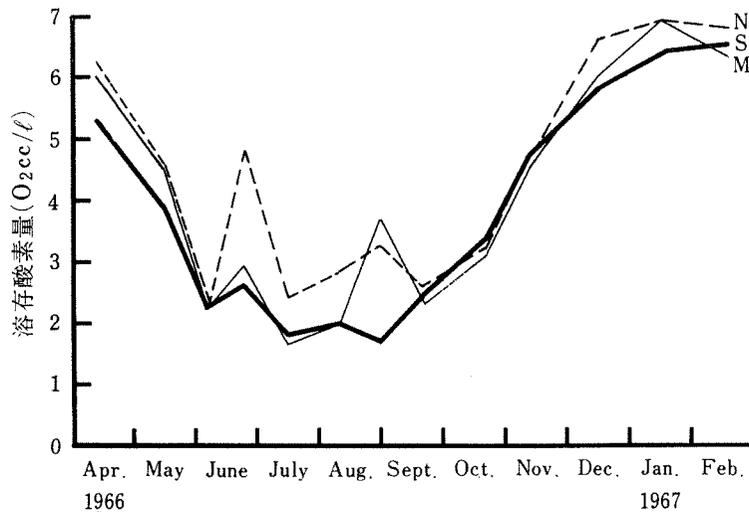


第3図 立神浦における2m層の塩素量の季節変化

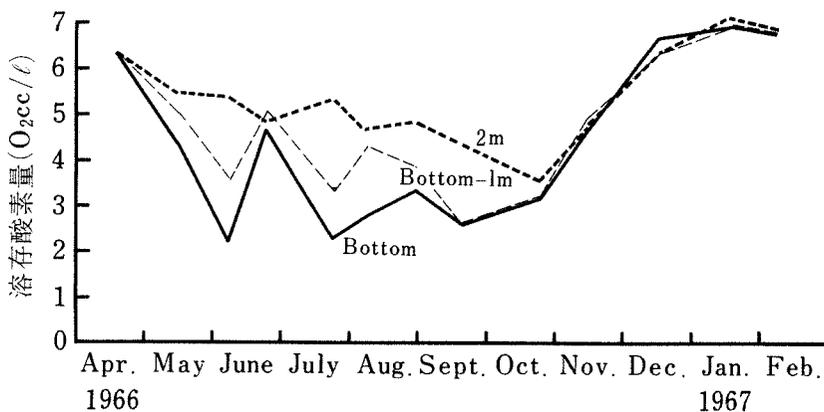


第4図 多徳島・立神浦の底層の溶存酸素量の季節変化

るが、水深が6m前後の浅いこの海域で成層の発達する時期には底層附近の貧酸素状態が上層部の2m層に影響しやすく、アコヤガイの垂下層が2mよりも深い場合には環境水の悪化による危険性が絶えず存在することが認められる。しかしながら第6図のように2m層の溶存酸素量に極端な低下が認められなかったのは、すでに発表<sup>2)</sup>したように1966年の春季から秋季にかけての立神浦の海域は良好な環境下にあったためである。第7図は湾口部のS点の溶存酸素量の季節変化であるが、この海域は水深が約11mという深さでありしかも湾口部に位置するために比較的海水の交流が良いので、第6図で認められたような2m層の溶存酸素量と底層のそれとの近似はなく明瞭に区別されその上大きな変動が認められない。



第5図 立神浦の底層の溶存酸素量の季節変化

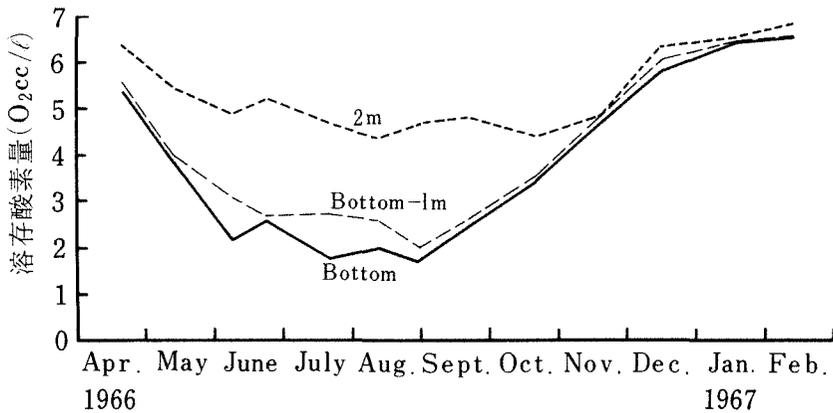


第6図 立神浦奥部の溶存酸素量の季節変化

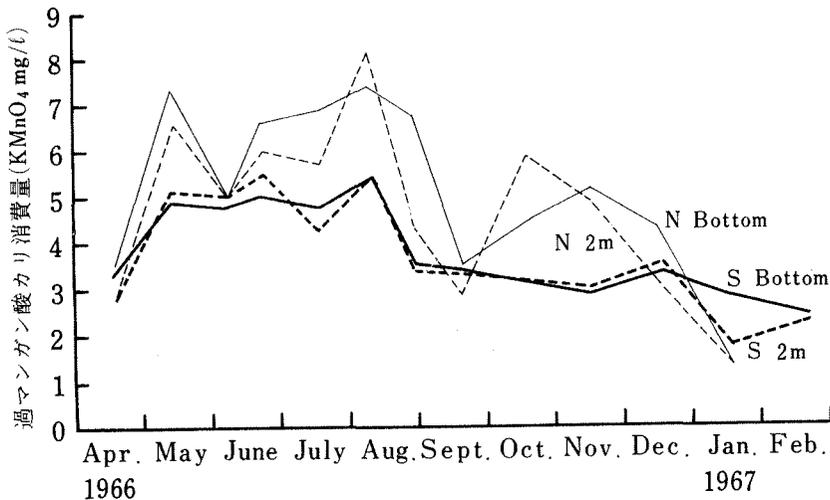
また、真珠養殖漁場としては比較的密殖化されていない O 点を除いては、立神浦の S・M・N各海域は密殖地域であるので、いずれも底層附近の溶存酸素量は底泥中の有機物の分解等に消費されて貧酸素状態を示しているが、第6・7図でも明らかなように漁場老化の起こる条件の一つとしては底層部の影響がアコヤガイの垂下層に及びやすい 10m 以下の比較的浅い水深の海域であることが明らかである。

4. 過マンガン酸カリ消費量

過マンガン酸カリの反応は有機物の種類によって異なるものであり、さらに反応温度<sup>3)</sup>や酸性側で反応が行なわれるかアルカリ側で反応が行なわれるかによってもその反応が異なるので、過マンガン酸カリ消費量の化学的な意味は問題である。しかし、この値の大きい時は有機物の多い汚濁した水であることは確かである。



第7図 立神浦湾口部の溶存酸素量の季節変化



第8図 立神浦の湾口部と湾奥部の過マンガン酸カリ消費量(海水)の季節変化

第8図は立神浦の湾口部と湾奥部の海水の過マンガン酸カリ消費量の季節変化を示したものである。春季から秋季にかけての湾口部の海水の過マンガン酸カリ消費量は湾奥部に比べると常に低い値を示し、底層と2m層の値の差は小さく5月から8月にかけては約5mg/ℓとやや高い値を示すが、その他は3~4mg/ℓの値を示しており全期を通じて過マンガン酸カリ消費量の変動は少ない。これに反して湾奥部の過マンガン酸カリ消費量は底層も2m層も2~8mg/ℓという大きな変動を示し、6月上旬・9月中旬の2回には湾口部の過マンガン酸カリ消費量とほとんど同じ値まで低下するが、その他は湾口部に比べて汚濁した水であることを示している。

## B. 底 泥

### 1. 老化漁場と非老化漁場の底泥の諸成分の比較

前報では、老化漁場である立神浦最奥部の底泥と非老化漁場と考えられる多徳島との底泥の諸成分を比較したが、ひきつづき本報では多徳島(O)と立神浦(S・T・N)の4点の底泥の諸成分を比較した。結果は第9~23図に示した。

底泥中の有機物量は非老化漁場である多徳島と老化漁場である立神浦(T)では明らかに差異が認められる。第9図の点線で示したように底泥の0.5~3.5cm層の有機物量は、多徳島では30~40mg/gという値を示すのにくらべて立神浦(T)の方は50~60mg/gという高い値を示している。また、その季節的消長をみると、底泥の表層部の0~0.5cm層では有機物量は夏季に増大する傾向を示すが、その値の変動は大きく非常に不安定な状態にあることが認められる。

第12~14図は立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の有機物量を比較したものであるが、前述のようにこの湾は中央部に巨大な暗礁が存在しこれを境として湾口部と湾奥部の環境が区別されるが、底泥においても諸成分の差異が明らかに認められた。すなわち、湾奥部のN点の底泥の有機物量は第9図に示されたT点と同様に高い値を示したが、湾口部のS点の底泥は泥層0~0.5cmが40~50mg/g(第12図)・0.5~3.5cmが30~40mg/gという有機物量で多徳島の底泥と近似した値を示しており、漁場老化による底泥の悪化が湾口部までは及んでいないことが認められた。同様の現象は底泥の過マンガン酸カリ消費量(第10, 15~17図)・全硫化物量(第18~20図)・溶存酸素消費量(第11, 21~23図)においても認められる。また、底泥中の有機物量はその供給源は主として真珠養殖期間中(普通英虞湾では4月から11月まで)に海底に落下するアコヤガイの排泄物や附着生物の残骸であり、これらは海底で微生物その他の作用によって分解されるものと考えられる。しかし、第12図および第28図で認められるように底泥の表層部の有機物量が除々に増加しているのは、底泥中で分解される以上に有機物が蓄積することを示しており、このような漁場は年々老化の度合いが進んでいるものと考えられることができる。

底泥の過マンガン酸カリ消費量は顕著な季節変化が認められ、水温の上昇する初夏から秋季には高い値を示し冬季には減少する傾向がある。底泥の0~0.5cmの浮泥層は有機物量でも認められたように不安定な層であり過マンガン酸カリ消費量も値の変動が大きく、その季節的消長を論じるには複雑すぎるので適当でないが、0.5~3.5cm層あるいはそれ以下の層では有機物量と密接な関係を持って変化しているのが認められる。(第13・16図、第14・17図)。

底泥中の全硫化物量は第18~20図に示したように、真珠養殖の盛んになる5月から10月は

底泥中に多量に蓄積されるのが認められる。この値は7～8月には最高値を示し、立神浦N点では底泥の表層部で1.2mg/gという高い値に達している。しかしながら、N点においてはこの値を除いては底泥の表層部でも0.8mg/gという全硫化物量を示しているのにくらべ、前年度の結果では観測地点がN点より湾奥部にあったとこの分析した泥層が0～4cmという深度まで取られたにも拘らず常に0.8mg/gという高い値を示した。また、第5図にも示したように、底層附近の溶存酸素量が極端に低下しなかったこと等からみても1966年の立神浦は、比較的良好な海況下にあったものといえよう。

底泥の溶存酸素消費量は、立神浦湾奥部のように泥中に多量の硫化物の存在する地域ではその酸化のために大きな減少値を示すが、泥中の溶存酸素を消費する要素はこの他に多く存在するので、底泥の硫化物量と溶存酸素消費量は必ずしも平行関係にあるとは限らない。しかし、共に底層附近の環境水の溶存酸素を消費する原因となることは確かである。第21～24図に立神浦S点とN点の溶存酸素消費量の季節的消長を示したが、湾奥部の底泥の方が常に大きな値を示すことが認められた。

## 2. 老化漁場における底泥の深度別による諸成分の比較

多徳島(O)や立神浦湾口部(S)の底泥の諸成分は季節的変動が比較的小さく、また泥層の上下における諸成分の量差があまり認められない。しかし、立神浦湾奥部のT点やN点では、底泥中の有機物量や過マンガン酸カリ消費量あるいは全硫化物量の季節的消長が激しく、しかも泥層の上下ではその量差の大きいのが認められる。第24～27図は立神浦N点の底泥を0～0.5cm・0.5～3.5cm・3.5～6.5cmの泥層別にみた諸成分の季節変化を示したものである。底泥の有機物量は第24図でも明らかのように、表層の0～0.5cmの浮泥層は70～80mg/gという高い値を示し、その上非常に不安定な季節的消長が認められるが、下層部になると急激に値が減少し安定した季節的变化を示している。また、過マンガン酸カリ消費量や全硫化物量の変化は、やや乱れた値ではあるが全体として有機物量と同様の消長を示しているのが認められる。これらのことから、老化漁場においては地域的な差はあるにしても、底泥の悪化は夏季に急激に進むにも拘らずそれが底泥の極く上層部に起こるものであると考えられる。

## 3. 底泥の耕耘作業による老化漁場の改良

老化漁場の底泥の改良法には底泥の浚渫や耕耘が考えられる。この耕耘作業の小規模な例として、動力船を用いて桁網等で海底を曳きまわし底泥を攪拌する方法が英虞湾の一部で行なわれている。たまたま立神浦でもM点において1965年のはじめにこの方法による耕耘作業が行なわれたので、その効果を検討するためにM点から約400m離れた未耕耘漁場のT点を比較点として底泥の諸成分の消長を1965年5月から1967年2月まで追究した。耕耘が行なわれた1965年の5月から冬季にかけては、底泥の有機物量(第28～30図)・過マンガン酸カリ消費量(第31～33図)・全硫化物量(第34～36図)は未耕耘漁場にくらべるといづれも低い値を示し、耕耘作業による底泥の改良効果が顕著に認められた。この現象は、1965年の冬期には一応認められなくなるが、翌年の春には再び現われそれが夏季まで続いている。しかしここで注意すべきことは、耕耘作業が行なわれた1965年の夏季からはM点附近は真珠養殖漁場としてほとんど使用されなかったことで、1966年の夏季にお

る兩地点の底泥の諸成分の差異は、耕耘作業による底泥改良効果と漁場の使用中止による効果とが重なって現われたものと考えられ、底泥の耕耘効果が翌年にまで及ぶということは確認できなかった。

## 考 察

漁場老化の発生条件は、英虞湾の諸枝湾において認められるように、第1に地形的なものに起因する枝湾内の海水交流の悪さである。これは夏季に起こりがちな底層附近の貧酸素状態の環境水が停滞し、この影響が遂にアコヤガイの垂下層に達するためである。たとえば、枝湾の湾口部が極端に狭くなっているとか、あるいは暗礁のような水中障害物の存在のために湾内の海水特に底層水の交流が阻止されているところに漁場老化は発生しやすい。また、地形的にはそれ程上記の条件を満足していない漁場でも、湾口部に過密に設置されている養殖筏から垂下されている開放式養殖や何段にも連なって垂下された養殖籠は海水交流を妨げる条件となるであろう。

第2は漁場の水深が比較的浅いということである。水深が10m以上もある漁場では、たとえ真珠の生産性の低下が起こることがあっても、立神型の異常斃死発生<sup>4)</sup>という被害の起こった例はない。これは、底層部に発生しやすい異常環境が、上層部のアコヤガイの垂下層に影響を与えるまでに稀釈あるいは流出するためと考えられる。

第3は漁場に特有な養殖収容密度を超過した時に起こる異常環境水の発生である。第1、第2等の条件によって漁場には特有の養殖収容密度が定まるものと考えられる。現在いろいろの立場からその規準算定の方法が研究されているが、一般に漁場の面積からみてそれ程密殖でないと考えられるところでも、アコヤガイの排泄物や附着生物の残骸が流出しにくく周辺に落下し蓄積しやすいところでは底泥は悪化する一方であり、その漁場の水深が浅い場合には、貝の垂下層の環境水へその影響が現われやすい。底泥や環境水の悪化の機構については現在のところ全く解明されたとはいえないが、漁場の底泥中に蓄積された有機物が水温の上昇する初夏から秋季にかけて泥中のバクテリアなどによって盛んに分解され、この分解のために環境水中の溶存酸素が消費されるものと考えられる。英虞湾のような比較的流速の小さい漁場では、この時期には2~3mの水深に強い成層が現われて上下水の混合を妨げるために、成層以下への酸素の補給がほとんど行なわれなくなる。このため水深の浅い海域では底泥の分解・その他のために底層附近の環境水中の溶存酸素は消費されるだけで補給がなく、夏季には本研究でも観察したように常に貧酸素状態を呈するものである。また底泥中の有機物が腐敗分解した場合には、分解産物として発生した $H_2S$ は一応底泥中のFeなどの金属元素と化合し硫化物を形成するが、生成した硫化物は接している底層水の溶存酸素を消費して酸化されていく。したがって、底泥中のFeなどの金属の塩類は、有機物の分解から環境水の貧酸素状態の形成にいたる一連の化学反応中におけるいわば貯水池的な役割を果しているものと考えられるが、この収容力以上に多量の $H_2S$ が生成するような分解が底泥中に起こった場合には、生成した $H_2S$ は硫化物を通らずに直接底層あるいはその上層部の溶存酸素を消費し尽し、環境水の無酸素化の形成を促し、さらに環境水への $H_2S$ の出現という現象を発生させるものと考えられる。これが真珠養殖漁場の老化現象であり、極端な場合には立神型異常斃死の発生となるものである。

真珠養殖漁場では、漁場が真珠養殖に使用されている限りは底泥への有機物の蓄積は避けることができないものであり、本研究における22カ月にわたる立神浦T点の観測結果でも、明らかに底泥の有機物量の増加することが認められた。したがって湾奥部の漁場では、漁場の底泥へ何らかの手段を加えない限りは年々老化の度合いが進むことは明瞭である。

漁場老化の改良手段として考えられる方法は多く、先ず第1は直接漁場底泥に改良工事を行なう方法である。これには、浚渫による悪化底泥の除去や耕耘作業による底泥攪拌あるいは最近研究されている爆薬を利用した耕耘等の方法と、酸化鉄を多量に含んだ赤土等の客土や石灰などの投入によって底泥を還元状態から酸化状態に変える化学的方法、およびこれらを併用する方法がある。化学的改良法については未だ詳細な研究が行なわれていないのでここでは省略するが、浚渫による方法については本研究で明らかのように、漁場底泥の除去に必要な泥層は極く上層部であり、立神浦の例では底泥の5cm以深では良好な漁場と大差のないことが認められる。したがって、浚渫では底泥を深く取り除くことは不必要であり、現在一般に用いられている工法では、いたずらに底泥を深く取り除くだけでなく、かえって海底に凹凸を作り死水の形成を誘発する危険性がある。したがってこの方法による改良工事には、経済効果をも考慮して今後底泥を広く浅く浚渫できるような採泥器の開発が必要であろう。また、耕耘作業による底泥改良工事については、小規模ではあるが桁網を利用して海底を曳きまわす方法でも底泥中の有機物量や過マンガン酸カリ消費量・全硫化物量が明らかに減少し、その効果の持続が少なくとも1年以上続いたことから、底泥を浅く耕耘するだけでも十分にその効果のあることが認められる。

第2は地形的な原因による老化漁場の改良法である。すなわち、枝湾内に存在する暗礁等の水中障害物を除去することによって内部の漁場の底層水の交流をよくし、底層附近の貧酸素状態になった環境水の交換を図ることである。この方法の一つとして爆薬による水中障害物の除去法が検討されており<sup>5)</sup> その効果が期待されている。しかし、老化漁場については単に悪化した底泥の改良法だけでなく、地形的なものや養殖密度の面をも併せて考慮した改良手段を加えない限りは真珠の生産性の向上は望めないものと考えられる。

## 要 約

真珠養殖漁場の老化現象を解明するために、英虞湾多徳島と立神浦の海水および底泥の諸成分の季節変化を追究し、併せて老化漁場の改良方法の一つとして実施されている底泥の耕耘効果を検討した。

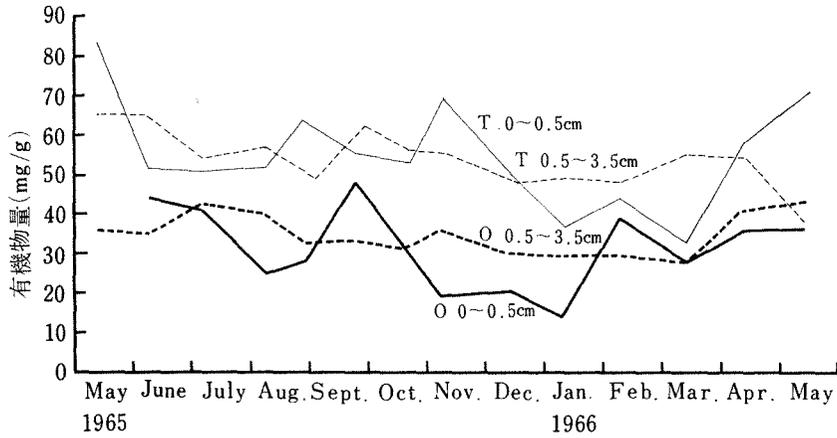
1. 老化漁場の底層附近の環境水は夏季には常に貧酸素状態で過マンガン酸カリ消費量も大きく、その影響がアコヤガイの垂下層に及びやすいことを認めた。

2. 底泥の有機物量・過マンガン酸カリ消費量・全硫化物量・溶存酸素消費量は非老化漁場に比べると老化漁場では高い値を示し、特に底泥の上層部にこの傾向が強いことから、漁場老化の主原因は底泥の悪化であり、その強く現われる場所は底泥の極く表層部であることを推定した。

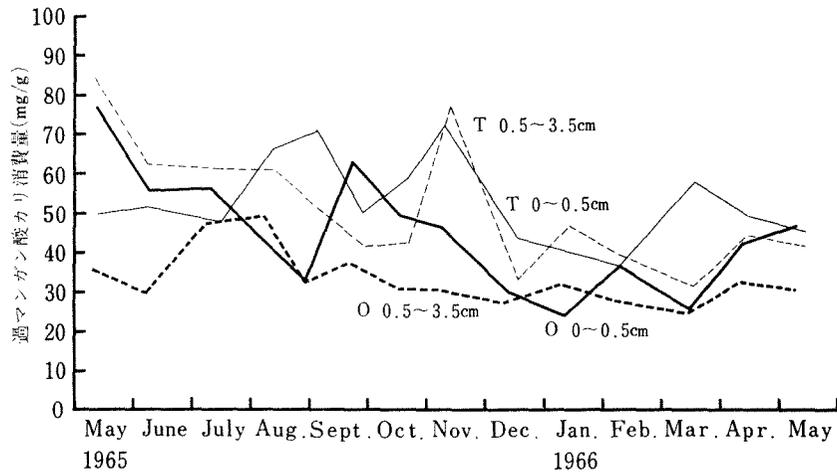
3. 漁場老化の改良法として実施されている底泥の耕耘作業は、小規模なものでもその効果が期待でき少なくとも1カ年以上効果が持続することを認めた。

## 文 献

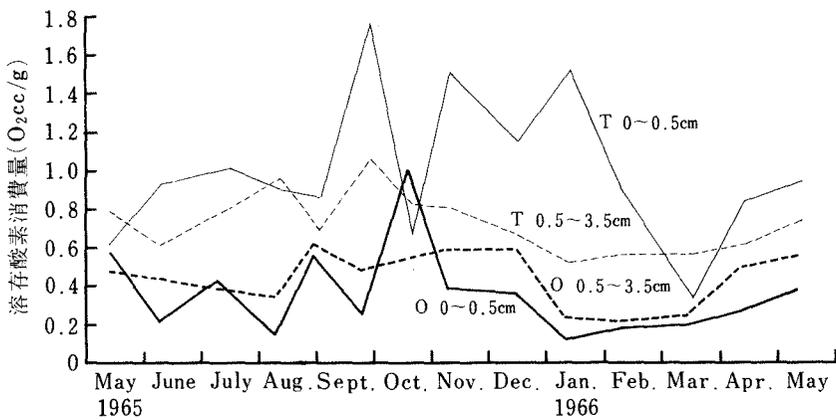
- 1) 澤田保夫・谷口宮三郎 1965. 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究 III. 老化漁場における海水ならびに底質の性状の季節変化について. 国立真珠研報10: 1213—1227.
- 2) 上野福三・澤田保夫 1967. 真珠漁場の老化と物質循環の異常—IV. 良好年(1966年)の海況. 日本水産学会年会(昭42).
- 3) 新田忠雄 1954. 工場廃水に関する研究第2報(5) 廃水分析方法に関する研究. 内海区水研報告第6号: 73—74.
- 4) 澤田保夫・丹下孚・関政夫 1958. 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究 I. 1958年7月英虞湾立神浦における真珠貝異常斃死漁場の観測結果について. 国立真珠研報 4: 347—355.
- 5) 国立真珠研究所・京都大学工学部資源工学教室 1967. 真珠養殖漁場における水中障害物の爆破除去に関する研究(第1報). 国立真珠研報12: 1455—1487.



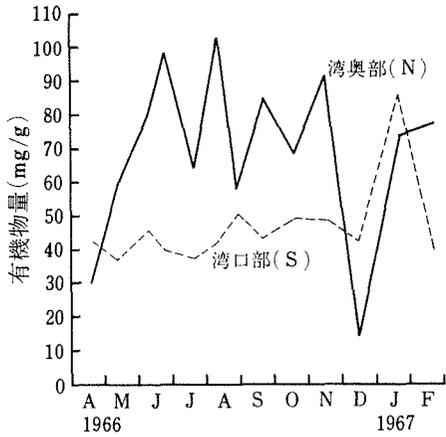
第9図 多徳島 (O) と立神浦 (T) の底泥の有機物量の季節変化



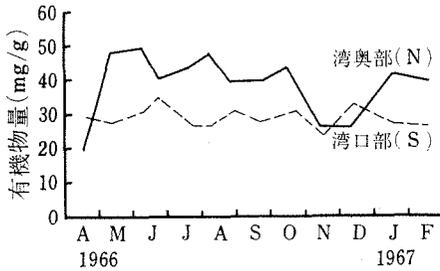
第10図 多徳島 (O) と立神浦 (T) の底泥の過マンガン酸カリ消費量の季節変化



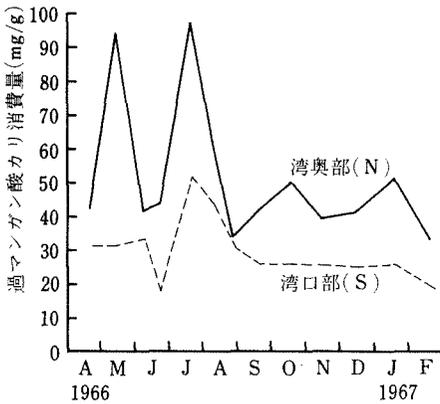
第11図 多徳島 (O) と立神浦 (T) の底泥の溶存酸素消費量の季節変化



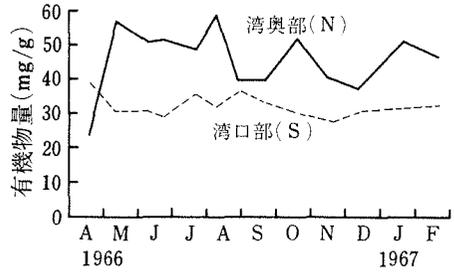
第12図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の有機物量の季節変化 (泥層 0~0.5cm)



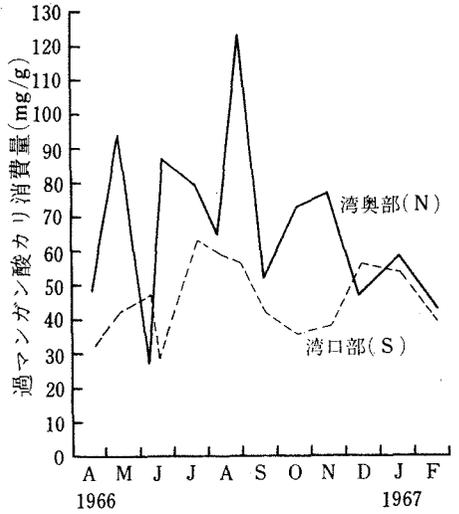
第14図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の有機物量の季節変化 (泥層 3.5~6.5cm)



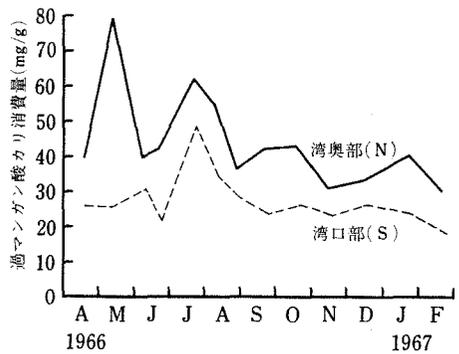
第16図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の過マンガン酸カリ消費量の季節変化 (泥層 0.5~0.5cm)



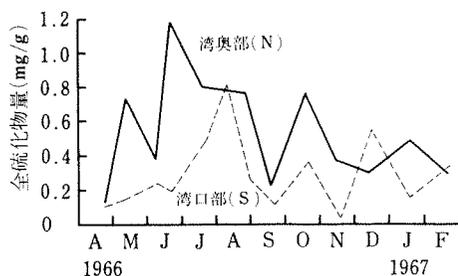
第13図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の有機物量の季節変化 (泥層 0.5~3.5cm)



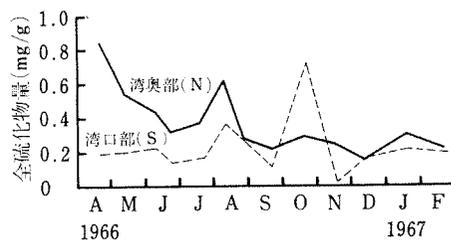
第15図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の過マンガン酸カリ消費量の季節変化 (泥層 0~0.5cm)



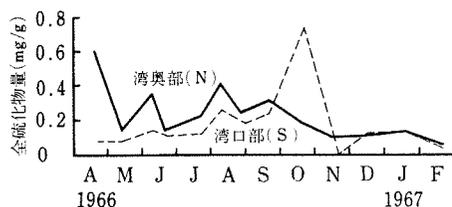
第17図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の過マンガン酸カリ消費量の季節変化 (泥層 3.5~6.5cm)



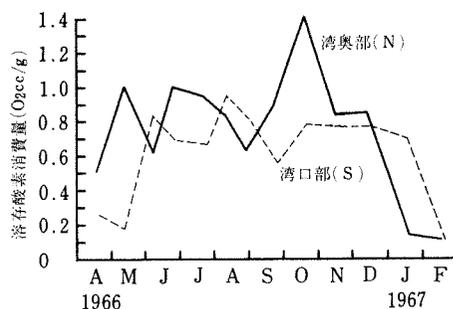
第18図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の全硫化物量の季節変化(泥層 0~0.5cm)



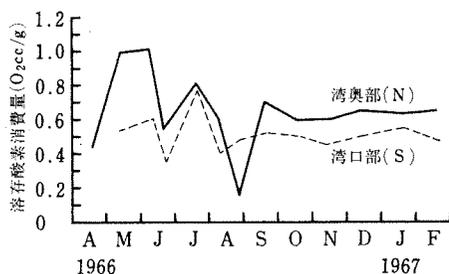
第19図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の全硫化物量の季節変化(泥層 0.5~3.5cm)



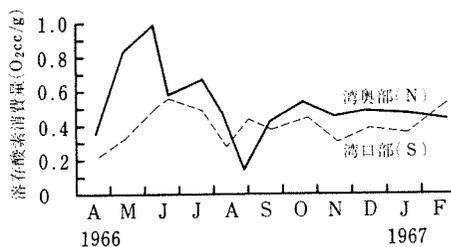
第20図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の全硫化物量の季節変化(泥層 3.5~6.5cm)



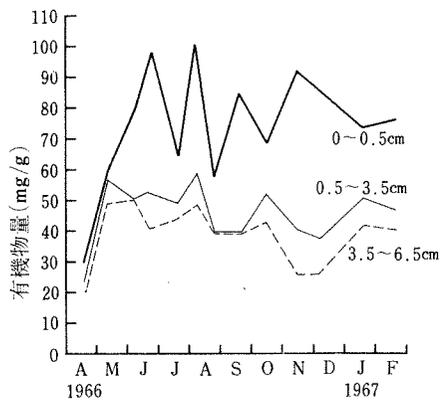
第21図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の溶解酸素消費量の季節変化(泥層 0~0.5cm)



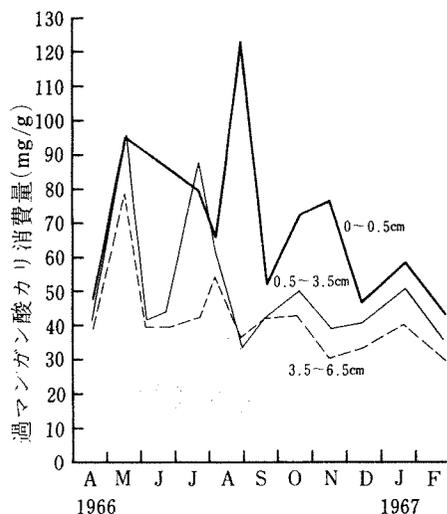
第22図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の溶解酸素消費量の季節変化(泥層 0.5~3.5cm)



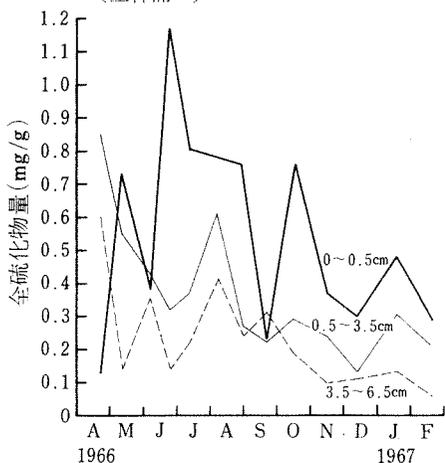
第23図 立神浦の湾口部と湾奥部の底泥の溶解酸素消費量の季節変化(泥層 3.5~6.5cm)



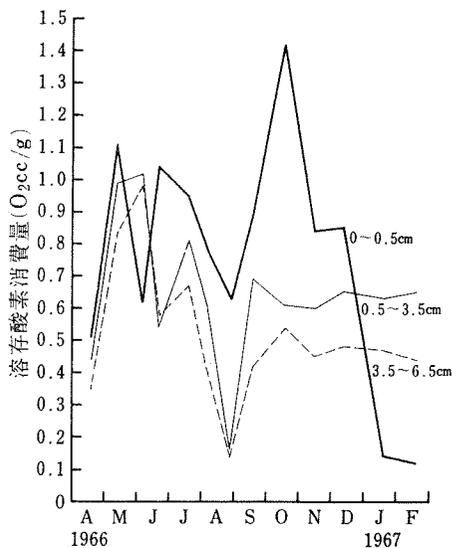
第24図 底泥の深度別による有機物量の変化 (立神浦N)



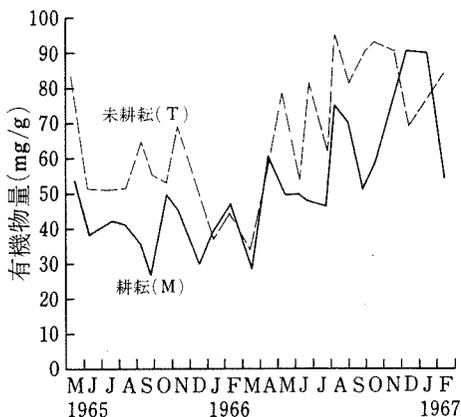
第25図 底泥の深度別による過マンガン酸カリ消費量の変化 (立神浦N)



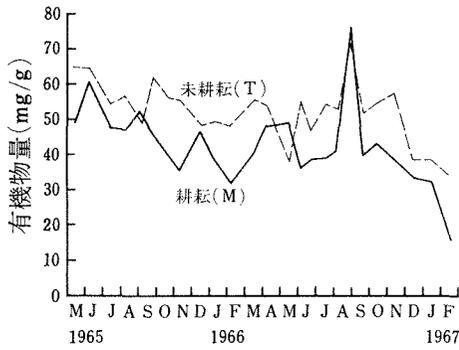
第26図 底泥の深度別による全硫化物量の変化 (立神浦N)



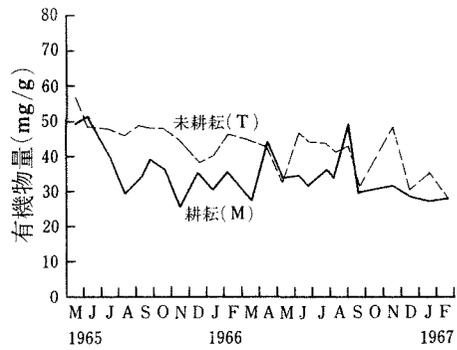
第27図 底泥の深度別による溶存酸素消費量の変化 (立神浦N)



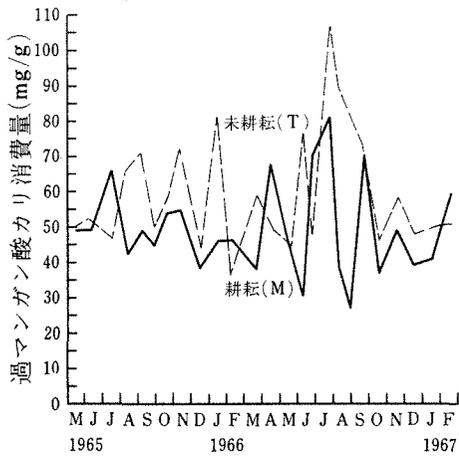
第28図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の有機物量の比較(泥層 0~0.5cm)



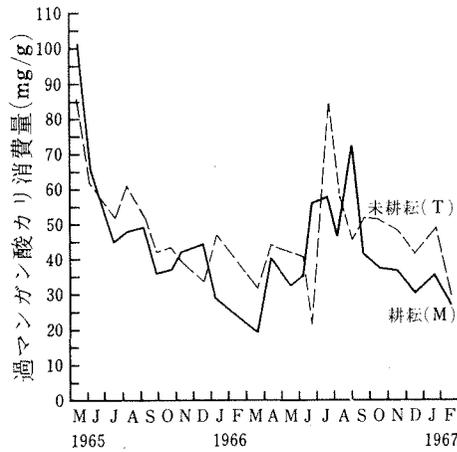
第29図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の有機物量の比較 (泥層 0.5~3.5 cm)



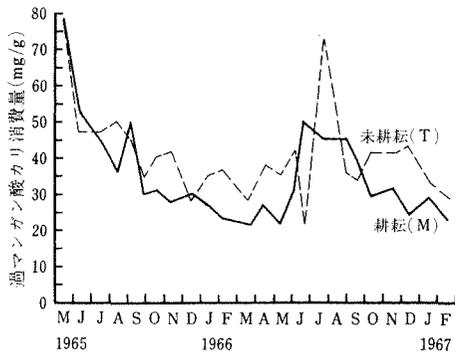
第30図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の有機物量の比較 (泥層 3.5~6.5 cm)



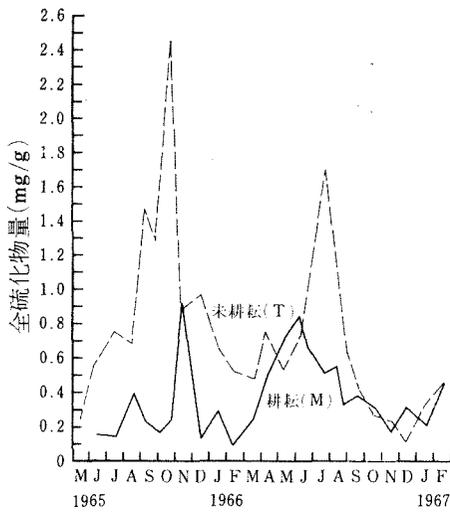
第31図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の過マンガン酸カリ消費量の比較 (泥層 0~0.5cm)



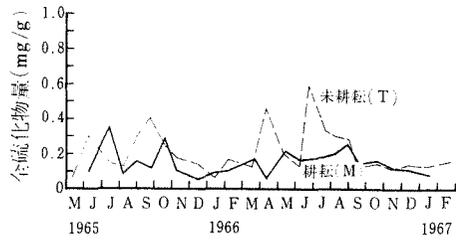
第32図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の過マンガン酸カリ消費量の比較 (泥層 0.5~3.5cm)



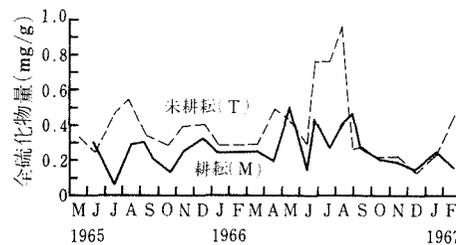
第33図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の過マンガン酸カリ消費量の比較 (泥層 3.5~6.5cm)



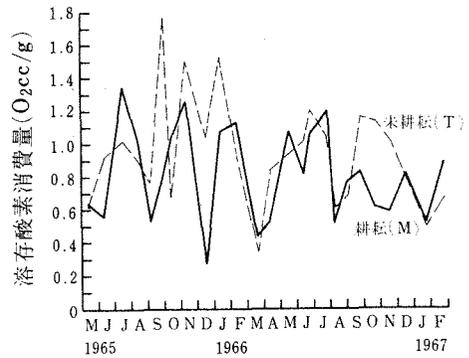
第34図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の全硫化物量の比較(泥層 0~0.5 cm)



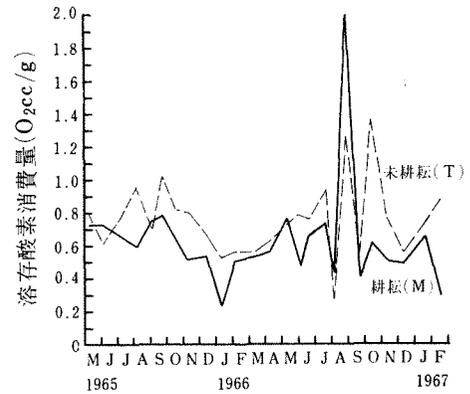
第35図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の全硫化物量の比較(泥層 0.5~3.5 cm)



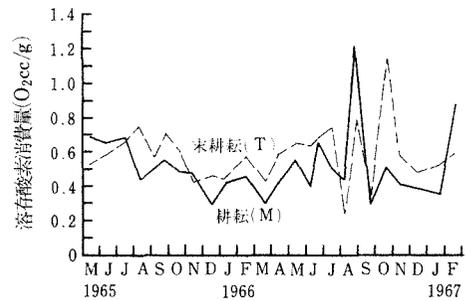
第36図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の全硫化物量の比較(泥層 3.5~6.5 cm)



第37図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の溶存酸素消費量の比較(泥層 0~0.5 cm)



第38図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の溶存酸素消費量の比較(泥層 0.5~3.5 cm)



第39図 立神浦における耕耘・未耕耘地域の底泥の溶存酸素消費量の比較(泥層 3.5~6.5 cm)

第 1 表 観 測 結 果 (水温°C)

地 点	多 德 島 (O)														立 神 浦 (M)															
	年 月 日	水 層 m	0	1	2	3	4	5	8	10	13	15	B-3	B-2	B-1	B	水深	年 月 日	水 層 m	0	1	2	3	4	5	B-3	B-2	B-1	B	水深
1965	5.11	19.3	18.4	17.6	16.6										15.1	15.1	19.0	5.13	—	18.3	17.9	17.6	17.1				17.1	16.3	16.3	6.8
	6.7	23.6	23.4	23.0	22.6									19.3	19.3	19.3	19.8	6.9	23.5	23.3	23.5	23.3	22.4	22.0		21.5	21.3	20.7	7.8	
	7.6	24.6	24.9	24.4	23.9	23.5	23.0	22.2	21.4	21.2	20.6	20.5	20.4	20.3	20.3	20.8		7.15	29.3	28.5	27.2	25.4			23.7	23.1	22.4	21.3	7.0	
	8.9	28.9	28.8	28.5	27.8	27.1	26.6	24.7	22.3	21.8	21.6	21.6	21.4	21.4	21.4	19.3		8.11	29.5	29.4	29.4	29.1			27.1	26.4	25.3	24.5	7.0	
	8.31	26.1	26.1	26.0	25.9	25.6	25.2	25.0	24.3				24.2	23.4	23.4	22.8	18.4	9.3	26.1	26.1	26.0	26.3			26.3	26.2	25.8	25.0	7.0	
	9.24	22.8	23.4	23.6	23.7	23.8	23.8	23.9	23.6				23.4	23.2	23.2	23.2	16.0	9.27	24.0	24.1	24.4	24.7	24.9		24.8	24.7	24.5	24.3	7.5	
	10.18	19.6	20.0	20.3	20.3	20.6	20.7	20.6	20.8	20.9			20.8	20.8	20.8	21.0	18.4	10.20	19.0	19.1	19.2	19.2			20.3	20.5	20.7	21.1	7.5	
	11.8	19.3	19.4	19.3	19.4	19.4	19.3	19.3	19.3				19.3	19.3	19.4	19.4	16.5	11.10	18.5	18.6	18.6	18.6	18.5		18.6	18.7	18.7	19.1	8.0	
	12.15	12.6	12.6	12.8	12.8	13.0	13.1	13.1	13.1				13.1	13.3	13.3	13.3	18.5	12.15	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.0	12.1	12.2	12.2	12.4	8.8	
1966	1.10	8.5	8.5	9.0	9.2	9.5	9.5	9.8	10.2	10.4			10.5	10.5	10.5	17.5	1.12	8.8	8.8	8.8	8.9	9.2		9.4	9.5	9.6	9.8	9.0		
	2.7	12.1	12.0	11.8	11.9	11.8	11.8	11.6	11.5	11.3	11.5		11.5	11.5	11.6	18.3	2.9	8.8	8.8	8.8	9.0	9.2	9.5		9.6	9.8	9.8	8.0		
	3.14	14.1	13.9	13.9	13.9	14.0	14.1	14.1	14.1	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3	14.3	19.8	3.17	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9		14.1	14.2	14.3	8.1		
	4.11	12.4	12.6	12.8	13.4	13.6	13.5	13.5	13.5	13.6			13.6	13.3	13.3	19.0	4.13	14.0	14.0	14.3	14.3	14.1	14.0		13.9	13.9	13.8	9.0		
	5.10	20.3	19.8	19.4	18.8	18.5	17.9	17.5	17.4	17.4	17.4		17.4	17.3	17.3	18.8	5.12	22.2	21.8	21.4	20.4	18.9	18.6		18.2	17.9	17.9	8.2		
																	6.9	22.5	21.9	20.6	20.0	20.0	19.6		19.4	19.4	19.4	8.7		
																	6.22	25.2	24.6	23.5	23.2	22.8	22.2		21.8	21.4	21.3	8.5		
																	7.19	29.6	29.4	27.3	25.5	24.0	23.2		22.9	22.3	22.2	7.7		
																	8.9	30.1	30.0	28.9	27.5	27.8	25.9		25.4	23.7	23.2	8.8		
																	8.29	28.2	28.6	29.1	28.8	27.9			27.4	27.2	27.1	7.7		
																	9.20	23.5	23.0	24.2	24.7	24.9	24.9		25.0	25.1	25.2	8.2		
																	10.17	20.2	22.6	23.3	23.3	23.2	23.4		23.1	23.1	23.1	8.8		
																	11.15	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2		18.2	18.3	18.7	8.5		
																	12.13	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.5		10.6	10.6	10.9	9.0		
1967	1.17	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0										1.17	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0		8.0	8.0	8.3	8.2		
	2.20	8.9	8.8	8.7	8.5	8.4	8.4										2.20	8.9	8.8	8.7	8.5	8.4	8.4		8.4	8.3	8.3	8.5		

地点 年月日	立 神 浦 (T)									立 神 浦 (N)									立 神 浦 (S)														
	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1	B	水深	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1	B	水深	水層 m	0	1	2	3	4	5	8	B-2	B-1	B	水深	
1966										1966	4.18	13.9	13.9	13.9	13.9		13.8	13.8	13.8	6.0	1966	4.19	13.5	13.4	13.5	13.5	13.4	14.2		14.4	14.4	14.4	11.0
5.12	21.4	21.7	21.5	20.8			19.8	19.1	18.9	5.5	5.13	21.3	21.9	21.2	20.2		19.4	18.8	18.1	6.1	5.13	20.6	20.6	20.5	19.3	18.6	18.1	17.3	17.3	17.3	17.3	11.0	
6. 8	24.8	24.1	21.3	20.8			20.2	20.2	20.1	5.9	6. 8	23.8	23.0	21.1	20.4		20.2	20.2	19.7	6.1	6. 9	22.5	22.1	20.7	20.2	19.7	19.6	19.3	19.2	19.2	19.2	11.0	
6.23	20.5	23.9	22.9	22.3	21.9	21.4	21.2	21.2	6.7	6.22	24.1	24.0	23.0	22.5	21.9	21.1	21.4	21.1	6.8	6.23	24.7	23.8	22.5	22.2	21.5	21.1	20.3	20.2	20.1	20.1	11.0		
7.21	29.7	30.3	29.0	27.0			25.4	24.5	23.5	6.0	7.19	28.9	28.4	26.2	24.7		23.2	22.0	21.8	6.0	7.21	27.4	29.3	27.1	26.3	24.8	23.8	21.9	21.7	21.5	21.2	11.0	
8.11	29.6	29.6	27.9	25.9			24.5	23.7	22.9	6.2	8. 9	29.9	29.9	29.5	27.3		25.3	24.3	24.0	6.6	8.11	29.1	28.9	26.9	25.6	24.4	23.5		21.8	21.4	21.2	11.0	
8.31	27.8	28.8	29.5				28.8	28.0	27.5	5.5	8.29	27.4	28.0	28.6		27.7	27.8	26.7	5.8	8.31	27.4	28.0	28.7	28.1	27.5	27.3		25.2	25.0	25.0	10.6		
9.20	21.6	21.9	23.6	24.2			24.4	24.6	25.4	6.1	9.20	21.3	21.3	24.2	24.5		24.6	24.7	24.7	6.6	9.20	23.0	22.8	24.4	24.4	24.5	24.5	24.7	24.7	24.9	24.9	10.8	
10.19	21.6	22.6	23.5	23.5			23.4	23.2	23.0	6.3	10.17	19.3	23.8	23.7	23.5	23.2	23.6	23.5	23.2	6.8	10.19	21.9	21.9	22.1	22.2	22.6	22.6	22.7	22.8	22.7	22.7	11.5	
11.18	16.9	17.1	17.2	17.2			17.2	17.2	17.2	6.0	11.15	17.3	17.5	17.6	17.6		17.6	17.5	17.7	6.0	11.18	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2		17.2	17.2	17.2	10.0	
12.15	9.3	9.3	9.3	9.3			9.4	9.4	9.5	6.5	12.13	9.9	9.9	9.9	9.9		9.9	10.0	10.3	5.3	12.15	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3		10.4	10.4	10.5	10.8	
1967										1967	1.18	6.7	6.7	6.7	6.7		6.7	6.7	7.2	6.2	1967	1.18	10.0	9.9	9.7	9.7	9.6	9.6		8.6	8.6	8.7	10.4
1.17	7.4	7.4	7.3	7.1	7.0	6.9	6.8	6.8	6.7	2.20	8.3	8.2	8.2	8.1		8.0	7.9	7.9	6.0	2.22	9.3	9.2	9.3	9.7	9.7	9.7		9.7	9.7	9.7	11.7		

第 2 表 観 測 結 果 (塩素量%)

地 点	多 德 島 (O)														立 神 浦 (M)																		
	水層 m	0	1	2	3	4	5	8	10	13	15	B-3	B-2	B-1	B	水深	水層 m	0	1	2	3	4	5	B-3	B-2	B-1	B	水深					
1965	5.11	16.17	17.32	17.71	18.45									18.98	18.98	19.0	5.13	17.34	17.42	17.89	18.25	18.50			18.54	18.64	18.69	6.8					
	6. 7	16.10	17.47	17.57	—								18.54	18.55	18.47	19.8	6. 9	16.84	16.97	17.20	17.76	18.14	18.50		18.25	18.25	18.25	7.8					
	7. 6	7.66	12.25	16.16	17.33	18.21	18.25	18.77	18.87	18.93	18.89	—	18.96	18.98	18.98	20.8	7.15	11.24	14.11	16.70	18.09			18.40	18.59	18.63	18.71	7.0					
	8. 9	17.76	17.79	18.01	18.40	—	18.57	18.67	18.84	18.90	18.98	18.98	19.01	19.03	19.03	19.3	8.11	18.08	18.08	18.08	18.15			18.41	18.49	18.52	18.56	7.0					
	8.31	18.37	18.40	18.42	18.47	18.59	18.67	18.70	18.77				18.77	18.88	18.88	18.88	18.4	9. 3	18.14	18.14	18.15	18.28			18.53	18.59	18.63	18.70	7.0				
	9.24	—	—	16.99	17.39	17.68	17.80	18.18	18.33				18.38	18.40	18.48	18.50	16.0	9.27	15.75	15.95	16.67	17.38	17.64		17.82	17.98	18.15	18.24	7.5				
	10.18	18.15	18.17	18.22	18.25	18.35	18.37	18.40	18.44	18.63			18.64	18.64	18.68	18.71	18.4	10.20	17.75	17.76	17.76	17.82			18.19	18.19	18.39	18.53	7.5				
	11. 8	18.44	18.45	18.45	18.45	18.45	18.45	18.48	18.48				18.48	18.48	18.48	18.48	16.5	11.10	18.19	18.20	18.22	18.22	18.23		18.24	18.26	18.27	18.29	8.0				
	12.15	18.58	18.58	18.59	18.59	18.59	18.59	18.60	18.60	18.60			18.60	18.60	18.60	18.60	18.5	12.15	18.25	18.25	18.25	18.25	18.25	18.26	18.38	18.38	18.38	18.40	8.8				
1966	1.10	18.03	18.07	18.21	18.31	18.40	18.45	18.52	18.64	18.68			18.68	18.69	18.69	17.5	1.12	18.01	18.02	18.04	18.04	18.22	18.23		18.33	18.36	18.44	9.0					
	2. 7	19.09	19.11	19.11	19.11	19.11	19.11	18.11	19.11	19.11	19.11		19.11	19.11	19.11	18.3	2. 9	18.81	18.81	18.83	18.87	18.91	18.92		18.94	18.96	18.97	8.0					
	3.14	17.97	18.05	18.20	18.34	18.37	18.54	18.73	18.77	18.83	18.83	18.83	18.86	18.87	18.87	19.8	3.17	18.30	18.30	18.30	18.31	18.39	18.44		18.55	18.58	18.68	8.1					
	4.11	17.76	17.85	17.97	18.32	18.53	18.64	18.79	18.79	18.79	18.79		18.79	18.79	18.79	19.0	4.13	17.09	17.57	17.98	18.25	18.49	18.54		18.63	18.63	18.65	9.0					
	5.10	16.49	16.95	17.42	17.97	18.17	18.40	18.62	18.68	18.69	18.69		18.69	18.70	18.70	18.8	5.12	16.10	16.82	17.17	17.76	18.25	18.31		18.44	18.52	18.53	8.2					
																	6. 9	14.55	15.81	17.05	18.06	18.08	18.36		18.45	18.45	18.48	8.7					
																	6.22	16.30	16.52	17.04	17.09	17.57	17.78		17.91	17.99	18.05	8.5					
																	7.19	11.04	13.05	16.14	17.50	18.04	18.30		18.35	18.41	18.47	7.7					
																	8. 9	17.28	17.30	17.67	17.96	18.05	18.19		18.38	18.44	18.53	8.8					
																	8.29	15.83	16.30	17.09	17.81	18.04			18.21	18.26	18.26	7.7					
																	9.20	12.95	13.52	16.56	17.62	17.72	18.00		18.16	18.27	18.33	8.2					
																	10.17	14.97	17.14	17.79	18.07	18.18	18.23		18.30	18.30	18.30	8.8					
																	11.15	18.36	18.42	18.49	18.54	18.54	18.54		18.54	18.54	18.57	8.5					
																	12.13	18.50	18.52	18.52	18.79	18.52	18.52		18.52	18.53	18.55	9.0					
																	1967	1.17	19.17	19.16	19.19	19.19	19.19	19.19		19.19	19.19	19.19		19.19	19.19	19.19	8.2
																	2.20	18.75	18.76	18.76	18.76	18.76	18.77		18.77	18.77	18.77	8.5					

地点 年月日	立 神 浦 (T)									立 神 浦 (N)										
	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1	B	水深	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1	B	水深
1966											1966									
5.12	16.61	16.90	17.16	17.68			18.01	18.25	18.31	5.5	4.18	17.25	17.28	17.28	17.28		17.28	17.29	17.33	6.0
6. 8	10.40	11.21	11.43	17.35			18.03	18.21	18.42	5.9	5.13	15.52	16.67	17.51	17.91		18.30	18.45	18.50	6.1
6.23	16.44	16.61	17.23	17.45	17.75		17.79	17.88	17.94	6.7	6. 8	8.42	10.88	16.43	17.19		17.95	18.24	18.36	6.1
7.21	12.36	14.94	15.44	17.02			17.62	17.95	18.08	6.0	6.22	16.10	16.47	17.16	17.19	17.24	17.63	17.82	17.89	6.8
8.11	17.71	17.75	17.90	18.19			18.26	18.38	18.46	6.2	7.19	12.08	13.62	16.44	17.36		17.88	18.27	18.36	6.0
8.31	16.01	16.45	17.38				18.01	18.16	18.21	5.5	8. 9	17.29	17.31	17.52	17.98		18.16	18.20	18.33	6.6
9.20	12.85	14.69	16.29	17.53			17.77	17.92	18.17	6.1	8.29	16.08	16.08	17.30			17.81	18.09	18.22	5.8
10.19	17.25	17.72	18.04	18.24			18.61	18.32	18.56	6.3	9.20	12.29	12.32	12.38	17.44		17.83	18.08	18.16	6.6
11.18	18.25	18.29	18.36	18.40			18.42	18.42	18.43	6.0	10.17	11.31	16.99	17.92	18.11	18.25	18.25	18.29	18.46	6.8
12.15	18.45	18.47	18.74	18.47			18.49	18.50	18.50	6.5	11.15	18.32	18.36	18.40	18.40		18.42	18.42	18.42	6.0
1967											12.13	18.26	18.27	18.27	18.27		18.29	18.29	18.39	5.3
1.17	19.11	19.15	19.15	19.15			19.15	19.15	19.15	6.7	1967	1.18	19.02	19.02	19.02		19.05	19.09	19.09	6.2
2.22	18.70	18.73	18.74	18.77			18.81	18.82	18.87	6.0	2.20	18.63	18.65	18.66	18.66		18.66	18.66	18.66	6.0

		立 神 浦 (S)										
年 月日	水層 m	0	1	2	3	4	5	8	B-2	B-1	B	水深
		1966	4.19	17.27	17.27	17.27	17.27	17.27	17.82		18.42	
	5.13	16.51	16.62	17.71	18.10	18.29	18.42	18.60	18.63	18.64	18.67	11.0
	6. 9	11.98	12.08	16.81	17.24	18.04	18.37	18.48	18.47	18.50	18.49	11.0
	6.23	16.36	16.40	17.44	17.52	17.70	17.91	18.20	18.20	18.20	18.21	11.0
	7.21	13.27	14.18	15.91	16.90	17.54	17.95	18.39	18.47	18.50	18.53	11.0
	8.11	17.60	17.64	17.97	18.07	18.25	18.33		18.59	18.63	18.65	11.0
	8.31	15.96	16.30	17.49	17.93	18.12	18.22		18.30	18.38	18.39	10.6
	9.20	11.49	12.85	16.21	17.67	17.74	17.80	18.26	18.29	18.39	18.44	10.8
	10.19	17.97	17.97	17.97	18.06	18.13	18.52	18.64	18.40	18.50	18.50	11.5
	11.18	18.42	18.45	18.46	18.46	18.46	18.46		18.46	18.47	18.47	10.0
	12.15	18.60	18.60	18.62	18.62	18.63	18.66		18.67	18.78	18.80	10.8
1967	1.18	19.28	19.29	19.29	19.29	19.29	19.29		19.29	19.29	19.29	10.4
	2.22	18.77	18.77	18.77	18.78	18.78	18.87		18.89	18.90	19.09	11.7

第 3 表 観 測 結 果 (溶存酸素量O<sub>2</sub>cc/ℓ)

地 点	多 徳 島 (O)														立 神 浦 (M)														
	水層 m	0	1	2	3	4	5	8	10	13	15	B-3	B-2	B-1	B	水深	年 月日	水層 m	0	1	2	3	4	5	B-3	B-2	B-1	B	水深
1965	5.11	5.30	5.35	5.43	5.52									4.75	4.91	19.0	1965	5.13	5.92	5.84	5.99	6.00	5.94			5.90	5.27	5.25	6.8
	6.7	5.21	5.14	5.39	5.38								3.60	3.58	3.38	19.8		6.9	5.17	5.17	5.47	5.28	5.10	5.07		4.88	4.84	3.74	7.8
	7.6	5.74	5.08	4.14	4.04	3.26	2.74	2.64	2.85	3.14	3.31	—	3.30	3.30	3.22	20.8		7.15	4.74	4.26	3.69	2.95			1.28	0.80	1.23	1.82	7.0
	8.9	4.37	4.38	4.44	4.58	—	4.89	5.37	2.77	2.49	2.50	2.61	2.52	2.64	2.63	19.3		8.11	4.63	4.55	4.58	4.75			4.98	5.01	4.70	3.55	7.0
	8.31	4.45	4.47	4.55	4.62	4.69	4.51	4.57	4.28			4.14	3.49	3.43	3.40	18.4		9.3	4.41	4.36	4.38	4.34			4.40	4.26	4.13	3.46	7.0
	9.24	5.15	5.24	5.20	5.07	5.01	4.94	4.10	3.87			3.67	3.65	3.50	3.30	16.0		9.27	5.74	5.74	5.68	6.05	6.06		6.04	5.68	4.19	2.15	7.5
	10.18	4.77	4.77	4.59	4.45	4.14	4.09	4.00	3.91	3.95		3.92	3.94	3.88	3.77	18.4		10.20	4.88	4.92	4.95	4.80			3.58	3.82	2.80	3.17	7.5
	11.8	4.84	4.93	4.91	4.87	4.90	4.85	4.85	4.73			4.72	4.72	4.71	4.74	16.5		11.10	4.85	4.82	4.83	4.84	4.81		4.84	4.81	4.76	4.78	8.0
	12.15	5.74	5.85	5.72	5.64	5.67	5.75	5.56	5.59	5.60		5.60	5.53	5.55	5.65	18.5		12.15	6.09	6.12	6.12	6.12	6.13	6.05	6.02	5.91	5.87	5.82	8.8
1966	1.10	5.84	6.42	6.27	6.16	6.12	6.11	6.03	5.86	5.98		5.98	5.90	5.86	17.5	1966	1.12	6.41	6.43	6.41	6.38	6.29		6.30	5.90	5.71	5.89	9.0	
	2.7	5.72	5.81	5.80	5.79	5.78	5.79	5.78	5.84	5.80	5.86		5.80	5.82	5.80	18.3		2.9	6.23	6.24	6.23	6.11	5.94	5.75		6.02	6.17	5.94	8.0
	3.14	5.89	5.80	5.72	5.72	5.67	5.52	5.54	5.27	5.23	5.18	5.19	5.00	4.99	5.01	19.8		3.17	5.45	5.25	5.33	5.32	5.30	5.28		5.19	5.08	4.81	8.1
	4.11	6.29	6.29	6.28	6.10	6.38	6.29	6.04	6.01	5.80	5.89		5.79	5.69	6.13	19.0		4.13	6.40	6.43	6.36	6.22	6.20	6.10		6.15	6.14	6.05	9.0
	5.10	5.05	5.13	5.06	5.12	5.08	4.92	4.64	4.51	4.41	4.30		4.27	4.20	4.19	18.8		5.12	5.04	5.08	5.15	5.37	5.22	4.99		4.73	4.48	4.37	8.2
																	6.9	5.87	5.23	4.85	4.33	4.20	3.68		3.30	3.03	2.29	8.7	
																	6.22	4.91	4.88	5.23	5.12	5.34	5.38		4.65	4.20	2.97	8.5	
																	7.19	4.59	5.39	5.08	5.05	4.26	3.27		2.75	1.77	1.66	7.7	
																	8.9	3.83	4.33	4.62	4.58	4.27	3.72		3.16	2.71	2.02	8.8	
																	8.29	4.77	4.81	4.89	4.57	4.50			4.37	4.22	3.72	7.7	
																	9.20	4.94	4.71	4.15	3.85	3.68	3.43		2.92	2.72	2.35	8.2	
																	10.17	4.80	4.35	4.15	3.89	3.69	3.49		3.23	3.15	3.11	8.8	
																	11.15	4.67	4.68	4.68	4.63	4.61	4.67		4.66	4.70	4.66	8.5	
																	12.13	6.20	6.31	6.23	6.23	6.17	6.24		6.14	6.13	6.01	9.0	
																	1967	1.17	6.70	6.97	6.95	6.90	6.96	6.57		6.87	6.95	6.93	8.2
																	2.20	6.61	6.64	6.56	6.67	6.21	6.53		6.53	7.12	6.24	8.5	

地点 年月日	立 神 浦 (T)									年 月日	立 神 浦 (N)									年 月日	立 神 浦 (S)														
	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1	B		水深	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1		B	水深	水層 m	0	1	2	3	4	5	8	B-2	B-1	B	水深	
1966											1966	4.18	6.26	6.23	6.23	6.26		6.27	6.27	6.29	6.0		1966	4.19	6.47	6.45	6.36	6.32	6.33	6.37		6.00	5.58	5.37	11.0
5.12	5.01	5.11	5.05	5.50		5.34	5.26	5.22	5.5		5.13	5.23	5.24	5.37	5.37		5.24	5.05	4.44	6.1		5.13	4.81	5.13	5.49	5.59	5.40	5.16	4.07	4.14	3.98	3.91	11.0		
6.8	6.20	6.87	5.16	4.28		3.94	3.19	2.54	5.9		6.8	6.06	6.29	5.29	4.61		4.45	3.56	2.22	6.1		6.9	5.77	5.79	4.88	4.69	4.37	4.26	3.23	3.13	3.07	2.23	11.0		
6.23	5.04	5.00	5.24	5.33	4.92	4.98	4.64	4.23	6.7		6.22	4.88	4.92	4.83	5.08	5.18	5.06	5.02	4.74	6.8		6.23	4.45	5.31	5.15	5.18	5.30	4.62	2.81	2.74	2.77	2.63	11.0		
7.21	4.67	4.93	4.94	5.20		5.12	5.06	4.38	6.0		7.19	5.64	5.51	5.28	4.90		4.46	3.29	2.34	6.0		7.21	4.34	4.49	4.69	4.45	4.35	4.28	3.52	3.23	2.64	1.80	11.0		
8.11	4.55	4.65	4.97	4.56		4.19	3.49	2.53	6.2		8.9	4.15	4.15	4.56	4.82		4.39	4.33	2.82	6.6		8.11	4.46	4.62	4.40	4.54	4.16	4.11		3.47	2.62	1.98	11.0		
8.31	4.71	4.83	4.90			4.90	3.95	3.06	5.5		8.29	4.68	4.69	4.75			4.66	3.86	3.27	5.8		8.31	4.65	4.65	4.73	4.60	4.48	4.39		2.30	2.02	1.71	10.6		
9.20	4.64	4.68	4.77	4.65		4.73	4.70	4.67	6.1		9.20	4.60	4.54	4.30	3.44		2.98	2.61	2.51	6.6		9.20	4.92	4.76	4.75	3.77	3.62	3.36	3.02	3.14	2.58	2.44	10.8		
10.19	4.89	4.79	4.43	4.22		3.48	2.99	2.97	6.3		10.17	4.94	4.07	3.53	3.07	3.13	3.14	3.23	3.19	6.8		10.19	4.43	4.41	4.36	4.23	4.22	3.98	3.73	3.54	3.54	3.42	11.5		
11.18	4.89	4.79	4.71	4.60		4.50	4.39	4.36	6.0		11.15	4.70	4.66	4.82	4.61		4.65	4.93	4.69	6.0		11.18	4.77	4.72	4.75	4.75	4.72	4.74		4.72	4.76	4.72	10.0		
12.15	6.40	6.38	6.32	6.22		6.20	6.20	6.11	6.5		12.13	6.40	6.40	6.31	6.37		6.36	6.32	6.64	5.3		12.15	6.23	6.24	6.25	6.21	6.15	6.20		6.14	5.97	5.80	10.8		
1967											1967	6.94	6.97	7.09	6.54		6.86	6.85	6.94	6.2		1967	6.54	6.38	6.43	6.35	6.41	6.23		6.35	6.44	6.42	10.4		
1.17	4.92	4.88	4.99	4.85	4.90	5.04	4.84	4.86	6.7		2.20	6.48	6.80	6.77	6.77		6.72	6.76	6.78	6.0		2.22	6.85	6.84	6.83	6.69	6.64	6.58		6.58	6.49	6.54	11.7		

第 4 表 観 測 結 果 (過マンガン酸カリ消費量  $\text{KMnO}_4$  mg/ℓ)

年 月日	水層 m	多 徳 島 (O)													立 神 浦 (M)																																									
		0	1	2	3	4	5	8	10	13	15	B-3	B-2	B-1	B	水深	0	1	2	3	4	5	B-3	B-2	B-1	B	水深																													
1965	5.11	1.76	2.02	1.82	1.77																							1965	5.13	2.82	2.71	3.06	2.93	2.65																						
	6. 7	3.78	4.10	3.60	2.59																								6. 9	4.26	3.25	3.28	2.84	2.89	2.82																					
	7. 6	8.70	4.60	2.63	3.76	—	2.25	2.41	2.05	1.79	2.82	1.67	—	1.86	2.09	20.8														7.15	4.05	3.20	3.33	4.32																						
	8. 9	2.26	2.93	2.91	2.55		3.14	2.46	3.32	3.45	2.47	1.96	2.52	2.53	1.04	19.3														8.11	3.65	3.79	3.25	3.68																						
	8.31	1.76	1.91	2.29	2.42	2.07	1.95	2.10	1.46	2.81		2.23	1.37	1.48	2.39	18.4															9. 3	4.36	2.84	3.14	2.87																					
	9.24	2.98	3.00	3.19	2.76	3.03	3.04	2.81	3.15		2.82	3.00	4.09	3.31	16.0															9.27	4.27	4.59	2.57	3.00	2.84																					
	10.18	1.75	0.88	1.20	0.94	1.68	1.36	1.29	1.05	2.11		1.98	1.51	2.52	2.21	18.4															10.20	4.13	3.88	3.51	3.41																					
	11. 8	3.21	3.49	3.17	3.38	3.81	3.30	3.50	3.08		2.39	3.61	3.01	3.71	16.5															11.10	3.75	3.68	3.68	3.21	3.38																					
	12.15	3.12	3.43	4.07	2.89	3.14	3.78	3.31	4.05	4.70		3.93	5.07	5.28	4.68	18.5															12.15	3.31	4.04	3.84	3.79	3.68	3.70	4.02	4.35	4.21	5.33	8.8														
1966	1.10	3.35	3.75	3.13	2.93	3.10	2.74	2.76	2.82	2.76																		1966	1.12	3.99	3.90	3.54	3.81	4.22																						
	2. 7	4.50	3.46	3.17	4.36	3.01	3.43	3.68	3.99	4.26	3.76																		2. 9	3.52	3.27	2.90	3.01	3.16	2.37																					
	3.14	4.90	4.86	5.11	5.14	4.13	4.19	4.79	4.71	3.81	4.06	3.74	5.31	5.26	4.51	19.8														3.17	4.77	4.11	4.34	4.54	4.51	3.77																				
	4.11	4.71	4.29	4.67	3.60	3.90	3.78	4.48	5.31	3.58	6.42																		4.13	5.49	3.23	3.84	5.35	3.66	3.58																					
	5.10	5.21	4.51	4.97	4.77	4.36	5.06	4.55	3.65	4.19	3.29																		5.12	6.23	6.05	5.58	6.39	5.61	5.45																					
																													6. 9	6.48	5.87	5.28	4.86	4.67	5.24																					
																													6.22	6.62	3.31	4.82	5.19	4.05	3.70																					
																													7.19	6.22	5.49	5.06	5.14	5.75	6.06																					
																													8. 9	7.82	7.93	7.57	8.19	7.60	7.74																					
																													8.29	3.58	3.20	3.70	3.69	2.52																						
																													9.20	4.66	4.40	5.65	4.17	5.42	3.61																					
																													10.17	3.79	2.85	2.87	2.59	2.70	2.82																					
																													11.15	3.94	4.04	4.41	3.59	3.67	4.19																					
																													12.13	3.86	3.74	3.32	4.26	3.94	4.02																					
																												1967	1.17	2.03	1.88	1.44	2.40	2.64	2.43																					
																													2.20	—	—	—	—	—	—																					

地点 年月日	立 神 浦 (T)									立 神 浦 (N)									立 神 浦 (S)															
	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1	B	水深	水層 m	0	1	2	3	4	B-2	B-1	B	水深	水層 m	0	1	2	3	4	5	8	B-2	B-1	B	水深		
1966										1966	4.18	3.54	3.43	2.79	2.31		3.04	3.56	3.55	6.0		1966	4.19	3.59	3.76	3.36	3.85	3.85	3.79		3.63	3.92	3.31	11.0
5.12	5.79	6.09	5.31	5.57		5.27	0.15	5.72	5.5	5.13	8.77	8.57	6.46	6.84		6.24	6.59	7.32	6.1	5.13	5.61	5.69	5.12	4.89	5.31	4.65	4.75	5.02	5.50	4.93	11.0			
6. 8	7.85	7.60	5.50	5.11		7.37	5.27	4.44	5.9	6. 8	6.27	8.05	5.08	4.67		4.45	4.92	5.04	6.1	6. 9	7.60	7.05	5.03	4.96	5.50	5.05	4.67	4.28	4.26	4.80	11.0			
6.23	6.56	6.31	5.75	6.20	6.01	6.82	6.81	7.42	6.7	6.22	6.85	5.99	5.95	5.66	5.87	6.22	5.97	6.62	6.8	6.23	5.27	5.98	5.52	5.10	4.45	5.99	5.68	6.00	6.15	5.69	11.0			
7.21	5.08	4.61	4.22	4.40		4.53	4.63	4.42	6.0	7.19	6.74	6.43	5.69	6.53		8.23	7.11	6.93	6.0	7.21	5.17	4.75	4.28	3.44	3.90	3.37	3.93	5.04	4.97	4.79	11.0			
8.11	4.79	5.26	5.08	4.47		3.85	4.34	4.29	6.2	8. 9	8.21	8.67	8.15	7.74		8.56	8.34	7.40	6.6	8.11	4.67	5.20	4.62	5.03	4.89	4.79		4.98	4.45	5.45	11.0			
8.31	3.90	3.64	3.06			2.97	3.55	3.88	5.5	8.29	5.76	5.11	4.38			4.23	5.00	6.80	5.8	8.31	4.31	3.96	3.36	3.08	3.61	3.62		3.44	3.45	3.53	10.6			
9.20	1.74	0.85	2.43	1.91		2.75	2.84	2.30	6.1	9.20	3.30	1.73	2.84	2.86		2.44	3.24	3.49	6.6	9.20				3.55	3.90	3.23	2.21	3.38	3.79	—	10.8			
10.19	2.49	2.60	2.22	1.98		2.34	2.55	2.97	6.3	10.17	6.48	3.81	5.81	5.60	4.01	3.62	3.15	4.04	6.8	10.19	2.16											11.5		
11.18	3.00	2.64	2.79	2.43		1.24	2.09	1.21	6.0	11.15	4.78	4.47	4.86	4.29		4.22	4.79	5.14	6.0	11.18	3.38	3.05	3.07	2.76	3.30	2.49		2.84	2.12	2.84	10.0			
12.15	3.58	3.51	3.57	3.53		3.52	3.98	3.58	6.5	12.13		6.64	3.06	4.71		4.18	4.36	4.32	5.3	12.15	3.87	3.71	3.65	3.34	3.64	3.21		3.64	2.90	3.34	10.8			
1967										1967	1.18		1.99	1.28	0.84		0.40	1.02	1.33	6.2	1967	1.18	1.06	0.61	1.79	2.61	2.31	3.02		2.61	3.00	2.82	10.4	
1.17	1.68	1.32	0.95	1.49	1.28	0.85	1.38	1.91	6.7	2.22									6.0	2.22	1.44	0.58	2.29	1.58	1.69	1.47		1.31	1.36	2.39	11.7			

第5表 底泥分析結果(有機物量 mg/g)

地点 年 泥 月日	多徳島 (O)			立神浦 (M)			立神浦 (T)			立神浦 (N)				立神浦 (S)					
	1	2	3	年 泥 月日	1	2	3	年 泥 月日	1	2	3	年 泥 月日	1	2	3	年 泥 月日	1	2	3
1965 5.11	—	36.2	44.4	1965 5.13	54.4	49.0	49.6	1965 5.13	83.3	65.0	57.0								
6.7	43.6	34.6	40.3	6.9	38.7	60.7	51.4	6.9	51.5	64.7	49.0								
7.6	41.0	42.5	39.2	7.15	42.6	47.6	39.4	7.15	50.8	54.3	47.7								
8.9	24.9	39.7	40.0	8.11	41.1	47.0	29.6	8.11	51.5	56.8	46.2								
8.31	28.3	32.5	30.2	9.3	36.1	51.6	34.3	9.3	64.7	49.2	49.0								
9.24	47.9	33.3	36.6	9.27	26.8	46.4	38.9	9.27	55.4	62.0	48.4								
10.18	—	31.5	42.0	10.20	49.7	40.8	35.6	10.20	53.1	56.4	48.0								
11.8	19.7	36.2	36.0	11.10	44.8	35.5	25.3	11.10	69.0	55.4	44.4								
12.13	20.6	30.0	30.1	12.15	29.2	47.2	36.5	12.15	50.2	48.2	38.5								
1966 1.10	13.8	29.6	25.3	1966 1.12	39.1	38.7	30.1	1966 1.12	36.8	49.3	40.6								
2.7	39.2	29.5	28.0	2.9	46.9	32.4	35.6	2.9	44.4	48.4	46.0								
3.14	28.4	27.4	24.1	3.17	28.0	40.8	27.7	3.17	33.3	55.4	44.6								
4.11	35.8	41.0	30.3	4.13	60.7	48.4	44.0	4.13	58.5	53.7	43.1	4.18	29.8	23.4	19.4	4.19	40.2	38.9	29.6
5.10	36.6	42.9	34.3	5.12	49.7	48.9	33.4	5.12	70.9	37.7	33.0	5.13	59.7	56.6	48.6	5.13	36.8	30.1	27.9
				6.9	49.9	36.7	34.6	6.8	53.5	56.1	46.9	6.8	79.8	50.3	49.9	6.9	45.2	30.5	31.3
				6.22	48.0	38.5	31.6	6.23	81.1	46.7	44.1	6.22	97.4	52.2	40.4	6.23	39.4	28.8	35.0
				7.19	46.5	39.3	36.2	7.21	61.9	54.1	43.8	7.19	64.4	48.7	44.2	7.21	37.0	35.3	26.8
				8.9	74.9	41.6	33.7	8.11	94.7	52.7	41.1	8.9	100.2	58.4	47.4	8.11	41.9	32.1	27.0
				8.29	70.1	75.8	48.8	8.31	81.2	71.7	43.0	8.29	57.7	39.6	38.9	8.31	49.9	36.2	30.7
				9.19	51.0	39.7	29.4	9.20	89.3	51.4	31.1	9.19	84.2	39.5	39.5	9.20	42.7	32.8	27.6
				10.17	58.4	43.6	30.5	10.19	93.2	54.7	39.8	10.17	68.1	51.7	42.9	10.19	49.0	30.0	30.6
				11.15	77.7	38.2	31.8	11.18	90.7	57.7	48.4	11.15	91.6	40.7	25.7	11.18	48.2	27.3	23.8
				12.13	90.4	33.3	28.7	12.15	69.0	37.9	30.4	12.13	13.9	37.4	25.7	12.15	40.2	30.7	32.4
				1967 1.17	89.5	32.3	27.3	1967 1.17	—	37.6	35.4	1967 1.18	73.1	50.6	41.3	1967 1.18	85.6	31.2	27.3
				2.20	54.0	16.7	28.1	2.22	83.6	34.5	27.7	2.20	75.2	46.4	39.8	2.22	39.4	32.5	26.3

第 6 表 底 泥 分 析 結 果 (過マンガンカリ消費量酸 KMnO<sub>4</sub> mg/g)

地 点	多 德 島 (O)			立 神 浦 (M)			立 神 浦 (T)			立 神 浦 (N)			立 神 浦 (S)										
	年 月日	泥 層	1	2	3	年 月日	泥 層	1	2	3	年 月日	泥 層	1	2	3	年 月日	泥 層	1	2	3			
1965	5.11	77.66	35.40	40.02	5.13	48.68	103.26	77.88	5.13	50.07	85.41	79.73											
	6.7	29.98	57.13	49.81	6.9	48.91	67.68	52.20	6.9	52.35	62.84	46.60											
	7.6	56.63	48.40	42.48	7.15	65.68	45.29	44.20	7.15	47.40	51.96	46.87											
	8.9	—	48.79	55.34	8.11	42.75	48.17	36.33	8.11	66.24	61.00	49.92											
	8.31	33.55	33.45	37.78	9.3	47.71	48.76	49.71	9.3	70.65	51.94	44.45											
	9.24	64.13	46.59	43.30	9.27	44.58	36.26	29.45	9.27	50.19	42.32	33.76											
	10.18	49.98	30.87	26.07	10.20	53.62	37.07	31.27	10.20	59.30	43.60	40.13											
	11.8	47.07	30.66	24.62	11.10	55.33	41.74	27.52	11.10	71.90	39.13	42.04											
	12.13	31.25	27.84	31.96	12.15	38.01	44.30	30.21	12.15	43.73	33.56	27.87											
1966	1.10	25.44	32.01	23.64	1.12	46.30	29.15	27.39	1.12	—	46.77	34.75											
	2.7	37.32	28.31	28.09	2.9	46.18	21.28	22.95	2.9	36.47	40.23	37.04											
	3.14	25.63	24.90	21.84	3.17	37.79	29.86	20.87	3.17	58.72	32.25	27.56											
	4.11	42.53	33.17	26.71	4.13	67.76	40.02	27.33	4.13	48.77	43.84	37.64	1966	4.18	47.87	42.38	39.66	1966	4.19	33.65	31.44	25.99	
	5.10	47.05	30.47	25.62	5.12	47.01	33.27	22.81	5.12	45.41	41.87	35.39	5.13	93.79	94.29	78.72	5.13	44.29	31.61	25.55			
					6.9	31.18	35.48	32.88	6.8	77.05	41.20	42.14	6.8	27.13	41.42	39.71	6.9	46.89	33.43	30.42			
					6.22	70.46	57.20	50.55	6.23	48.11	22.17	21.56	6.22	85.94	43.85	42.54	6.23	29.57	18.31	20.95			
					7.19	80.82	57.90	45.07	7.21	106.33	83.65	72.62	7.19	79.47	97.42	62.22	7.21	63.14	51.76	48.35			
					8.9	39.04	46.52	44.57	8.11	88.73	57.97	50.13	8.9	65.00	61.89	54.52	8.11	59.44	44.08	34.44			
					8.29	28.16	72.75	45.10	8.31	82.80	46.41	35.97	8.29	122.83	33.45	36.26	8.31	56.55	30.90	28.24			
					9.19	70.71	43.14	39.19	9.20	73.12	51.88	34.12	9.19	51.94	41.43	42.02	9.20	41.27	25.76	23.67			
					10.17	36.81	38.75	29.59	10.19	46.15	51.46	41.42	10.17	72.35	50.01	43.10	10.19	35.65	26.12	25.83			
					11.15	49.07	36.86	31.50	11.18	59.83	48.50	41.30	11.15	76.56	39.11	30.85	11.18	38.20	25.63	23.04			
					12.13	39.43	30.74	24.53	12.15	48.54	42.92	43.29	12.13	46.70	40.56	33.22	12.15	56.03	25.15	26.04			
				1967	1.17	41.18	35.34	29.62	1967	1.17	50.20	49.13	34.45	1967	1.18	58.56	50.67	39.90	1967	1.18	53.60	25.35	24.34
					2.20	59.61	26.88	22.95	2.22	50.65	30.17	29.40	2.20	43.03	33.93	29.90	2.22	38.86	18.76	17.94			

第 7 表 底 泥 分 析 結 果 (全硫化物量 mg/g)

地 点	多 德 島 (O)			立 神 浦 (M)			立 神 浦 (T)			立 神 浦 (N)			立 神 浦 (S)										
	年 月日	泥 層		年 月日	泥 層		年 月日	泥 層		年 月日	泥 層		年 月日	泥 層									
1965	5.11	0	0	0.12	1965	5.13	0	0	0	1965	5.13	0.24	0.35	0.06									
	6.7	0	0.08	0	6.9	0.16	0.31	0.10	6.9	0.56	0.24	0.30											
	7.6	0	0.31	0.14	7.15	0.12	0.04	0.35	7.15	0.75	0.45	0.15											
	8.9	0.04	0.09	0.15	8.11	0.39	0.28	0.09	8.11	0.68	0.54	0.12											
	8.31	0.05	0.27	0.14	9.3	0.21	0.30	0.16	9.3	1.47	0.35	0.31											
	9.24	0.10	0.20	0.22	9.27	0.16	0.20	0.11	9.27	1.26	0.31	0.41											
	10.18	0.01	0.52	0.41	10.20	0.23	0.12	0.29	10.20	2.44	0.18	0.26											
	11.8	0.03	0.34	0.10	11.10	0.91	0.25	0.10	11.10	0.85	0.39	0.18											
	12.13	0.11	0.45	0.63	12.15	0.11	0.32	0.07	12.15	0.97	0.40	0.14											
	1966	1.10	0	0.15	0.10	1966	1.12	0.29	0.23	0.09	1966	1.12	0.66	0.27	0.07								
		2.7	0	0.16	0.05	2.9	0.06	0.24	0.12	2.9	0.52	0.28	0.16										
		3.14	0	0.12	0.04	3.17	0.23	0.24	0.17	3.17	0.47	0.29	0.13										
4.11		0.14	0.13	0.14	4.13	0.50	0.18	0.07	4.13	0.75	0.48	0.46	1966	4.18	0.13	0.85	0.60	1966	4.19	0.10	0.19	0.08	
5.10		0.26	0.36	0.17	5.12	0.70	0.51	0.22	5.12	0.51	0.43	0.21	5.13	0.73	0.55	0.14	5.13	0.15	0.20	0.08			
					6.9	0.82	0.13	0.15	6.8	0.73	0.26	0.14	6.8	0.38	0.43	0.35	6.9	0.24	0.22	0.14			
					6.22	0.63	0.44	0.16	6.23	1.15	0.76	0.58	6.22	1.17	0.32	0.14	6.23	0.19	0.14	0.11			
					7.19	0.49	0.24	0.19	7.21	1.69	0.75	0.33	7.19	0.80	0.37	0.22	7.21	0.49	0.17	0.12			
					8.9	0.53	0.39	0.21	8.11	1.15	0.97	0.30	8.9	0.78	0.61	0.41	8.11	0.81	0.36	0.26			
					8.29	0.32	0.45	0.27	8.31	0.64	0.26	0.24	8.29	0.76	0.27	0.24	8.31	0.49	0.25	0.18			
					9.19	0.38	0.27	0.14	9.20	0.41	0.26	0.13	9.19	0.23	0.22	0.31	9.20	0.11	0.12	0.24			
					10.17	0.30	0.19	0.16	10.19	0.26	0.20	0.15	10.17	0.76	0.29	0.19	10.19	0.36	0.72	0.73			
				11.15	0.15	0.17	0.07	11.18	0.22	0.21	0.12	11.15	0.37	0.24	0.10	11.18	0.03	0.01	0				
				12.13	0.28	0.13	0.90	12.15	0.10	0.12	0.14	12.13	0.30	0.13	0.11	12.15	0.54	0.14	0.11				
				1967	1.17	0.18	0.24	0.08	1967	1.17	0.32	0.22	0.13	1967	1.18	0.48	0.30	0.13	1967	1.18	0.15	0.21	0.13
				2.20	0.43	0.14	—	2.22	0.46	0.45	0.16	2.20	0.29	0.21	0.06	2.22	0.33	0.19	0.05				

第 8 表 底 泥 分 析 結 果 (溶存酸素消費量 O<sub>2</sub>cc/l)

地 点	多 德 島 (O)			立 神 浦 (M)			立 神 浦 (T)			立 神 浦 (N)			立 神 浦 (S)							
	年 泥 月日	1	2	3	年 泥 月日	1	2	3	年 泥 月日	1	2	3	年 泥 月日	1	2	3				
1965	5.11	0.58	0.48	0.50	1965	5.13	0.64	0.73	0.69	1965	5.13	0.61	0.79	0.53						
	6. 7	0.21	0.44	0.47		6. 9	0.55	0.73	0.65		6. 9	0.93	0.61	0.49						
	7. 6	0.43	0.39	0.26		7.15	1.35	0.65	0.68		7.15	1.02	0.80	0.67						
	8. 9	0.15	0.34	0.29		8.11	1.03	0.60	0.44		8.11	0.90	0.96	0.75						
	8.31	0.56	0.62	0.39		9. 3	0.53	0.75	0.50		9. 3	0.86	0.70	0.56						
	9.24	0.26	0.49	0.35		9.27	0.77	0.77	0.56		9.27	1.76	1.06	0.71						
	10.18	1.00	0.54	0.46		10.20	1.04	0.62	0.49		10.20	0.67	0.82	0.61						
	11. 8	0.39	0.59	0.59		11.10	1.26	0.51	0.48		11.10	1.50	0.80	0.43						
	12.13	0.36	0.59	0.35		12.15	0.27	0.53	0.29		12.15	1.15	0.67	0.46						
1966	1.10	0.12	0.24	0.22	1966	1.12	1.07	0.23	0.42	1966	1.12	1.52	0.52	0.45						
	2. 7	0.18	0.22	0.23		2. 9	1.13	0.50	0.46		2. 9	0.92	0.56	0.56						
	3.14	0.30	0.35	0.28		3.17	0.42	0.54	0.30		3.17	0.34	0.56	0.42						
	4.11	0.27	0.50	0.42		4.13	0.53	0.57	0.42		4.13	0.84	0.62	0.58	1966	4.18	0.51	0.44	0.35	
	5.10	0.38	0.56	0.46		5.12	1.07	0.73	0.55		5.12	0.94	0.74	0.64		1966	4.19	0.26	—	0.22
						6. 9	0.81	0.47	0.39		6. 8	1.09	0.79	0.63		5.13	1.11	0.99	0.83	
						6.22	1.07	0.65	0.65		6.23	1.20	0.76	0.68		6. 8	0.62	1.02	0.98	
						7.19	1.20	0.74	0.49		7.21	1.04	0.94	0.73		6.22	1.04	0.54	0.58	
						8. 9	0.52	0.43	0.43		8.11	0.61	0.29	0.24		7.19	0.95	0.81	0.67	
						8.29	0.77	1.98	1.21		8.31	0.69	1.26	0.80		8. 9	0.84	0.59	0.47	
						9.19	0.83	0.40	0.28		9.20	1.16	0.57	0.35		8.29	0.63	0.16	0.14	
						10.17	0.61	0.61	0.51		10.19	1.13	1.36	1.13		9.19	0.89	0.69	0.42	
						11.15	0.59	0.50	0.40		11.18	1.01	0.76	0.57		10.17	1.41	0.61	0.54	
						12.13	0.80	0.49	0.38		12.15	0.81	0.57	0.48		11.15	0.84	0.60	0.45	
						1967	1.17	0.51	0.65	0.35	1967	1.17	0.50	0.73	0.51	12.13	0.85	0.65	0.48	
						2.20	0.89	0.29	0.87	1967	2.22	0.68	0.87	0.58	1967	1.18	0.14	0.63	0.47	
															1967	2.20	0.12	0.65	0.44	
															2.20	0.15	0.47	0.53		

# 水槽飼育アコヤガイの成長におよ ぼす米粉末投与量の影響について<sup>\*,\*\*</sup>

桑 谷 幸 正・西 飯 保

国立真珠研究所

前報<sup>1)</sup>では閉鎖循環濾過式水槽 (closed circulating system) を用い、貝の収容数をかえて実験期間内の水質の変化と貝の成長との関連について述べたが、水槽内飼育においては水質と同様に、投与餌料の種類およびその量についての研究が重要である。著者の1人桑谷は水槽内のアコヤガイに *Skeletonema costatum*<sup>2)</sup> および大豆・米・魚粉の磨砕懸濁液<sup>3)</sup> を与え、その成長からそれぞれの餌料効果の検討を試みた。結果としてそれらのうちでは良好な成長をもたらし、しかも飼育水の水質を悪化させることが少なく、入手および保存が容易であるところの米粉末が餌料として最も好適であると考え、その後の諸実験に使用してきた。今回は、同一条件のもとで飼育しているアコヤガイにそれぞれ異なった量の米粉末を投与し、餌料量と貝の成長との関係について検討を加えたのでその結果を報告する。

報告に先だち、本研究の機会を与えられた国立真珠研究所長 太田繁氏および英文の校閲をたまわったテキサス大学 Dr. G. Bevelander および中原皓博士に深謝する。

## 材料および方法

### 供 試 貝

満1年生アコヤガイの全数150個体中より、まず水中重量5.6~6.5gの範囲内にあるもの88個体を選び、ついで肉眼的に貝殻の成長が不良とみられるものおよび *Polydora* spp. の著しい侵蝕が認められるもの32個体を除き、残り56個について8個ずつの7群に分け各群の総水中重量ができるだけ均等になるようにした。

### 飼育装置および方法

スチロール製水槽 (25×25×30cm) 3個を1組として、餌料槽、飼育槽、濾過槽とし、送気により攪拌と餌料供給および濾過のための循環とを行なった (前報<sup>1)</sup> Fig. 1 参照)。餌料槽、飼育槽には約15ℓの海水を満し、飼育槽には供試貝を入れたビニール製の網籠を垂下し、濾過槽には約9ℓの海水と排水量6ℓ (重量約15kg) の1~5mm径の砂を入れ

\* Yukimasa Kuwatani and Tamotsu Nishii. Effect of the amount of rice powder supplied as the diet on the growth of Japanese pearl oyster in tank culture. With English summary, p. 1425. Bull. Natl. Pearl. Res. Lab. 12: 1409—1431, 1967.

\*\* 国立真珠研究所業績 No. 160. (国立真珠研究所報告12: 1409—1431, 昭和42年11月)

た。飼育水循環回路のうち餌料投与回路（餌料槽⇔飼育槽）は1日中休みなく作動しているが、濾過回路（濾過槽⇔飼育槽）は1日2回の餌料投与時間（8～12時および16～20時）には自動的に休止する。各回路の循環水量はいずれも毎分約0.5ℓであった。また1日1回（13時頃）15ℓの飼育水をほぼ水槽水と同温度に調節した新しい海水と交換した。餌料は精白米を1昼夜以上淡水中に浸漬し、その後、佐久間式ホモゲナイザーをもってその最大粒径が10 $\mu$ 以下（約30分間粉碎）になるように調製した。餌料の投与は1日2回とし、1日1貝当りの投与量はそれぞれ5, 10, 15, 20, 30, 40および50mgとした。

#### 実験期間および水質・貝成長度の調査

濾過砂の熟成：1966年9月12日に飼育装置を整備し、その後9月27日までの15日間、各組に1日当り貝生肉1gと澱粉1gとを磨砕して投入した。9月27日の水質分析の結果、各組の硝酸化性能にかなりの差異がみられたので、以後これらの投入を中止し各組飼育水を相互に循環させた。10月18日、いずれも“熟成”が認められたので以後毎日15ℓずつの換水を行ない同月24日に供試貝を収容した。

飼育実験の期間：10月24日から12月19日までの通算56日間で、その間1週間おきに計9回水質分析および貝の水中重量の測定を行なった。

水質分析：各測定日の投餌前（8～9時）に採水し、つぎの項目・方法に従って分析した。pH値；ガラス電極pH計を使用して測定した。アルカリ度；Dibromo-o-cresolsulphone phthalein (B.C.P.) を指示薬として N/100 塩酸により滴定した。C.O.D.；強アルカリ性下における過マンガン酸カリの酸素消費量を沃度法により滴定した。アンモニア-N；Witting の沈澱法を用い Nessler 試薬による呈色を光電光度計（波長 430m $\mu$  吸光度）により測定した。亜硝酸-N；Griess-Romijn 試薬を用い光電光度計（波長 500m $\mu$ ）により比色した。硝酸-N；ヒドラジンで亜硝酸に還元して比色定量する Strickland and Parsons<sup>4)</sup> の方法によった。比色は光電光度計（波長 530m $\mu$ ）を用いた。カルシウム；2-Hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphthylazo)-3-naphthoic Acid を指示薬として 0.01M の EDTA-2Na により滴定した。

供試貝の測定：各水質調査日ごとに水槽別貝群の全水中重量を測定し、その増加量を算出した。また飼育終了後、供試貝の全水中重量、貝殻水中重量、全湿重量、貝殻湿重量、肉質湿重量および肉質乾燥重量を測定した<sup>5,6)</sup>。さらに、肉質および貝殻重量の増減をより詳細に理解するために乾燥肉質の成分分析および貝殻真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率を調べた（調査、分析および計数方法については後述する）。

## 実験結果

### 飼育水の水質の変化

各測定日の水温、pH値、アルカリ度、C.O.D.、アンモニア-N、亜硝酸-N、硝酸-N およびカルシウムの測定値は Appendix Table I に示す。

1) 水温 (Fig. 1)：実験開始日には21.3～21.8°Cであったが、7日目には20.3～20.7°Cと約1°C下降し、その後1週間ごとに平均約0.5°Cずつ上昇し、56日目には23.9～24.3°Cを示した。各槽の較差は比較的少なく最大0.5°Cであるが、とくに投餌量5mg/day/oysterの群（以後5mg群と略称する、他の群も同様）の飼育水が期間中つねに最高の温

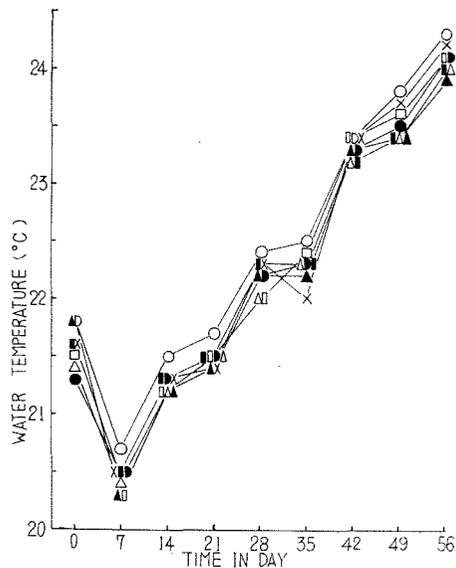


Fig. 1. Changes in temperature of the breeding water during the rearing period.

Open and solid circles, open and solid triangles, open and solid squares and cross marks show respective oyster groups on 5, 10, 15, 20, 30, 40 and 50 mg diet per oyster and day. The same marks are used in Figs. 1-8, 10, 14 and 18.

度を示した（これは恒温箱内の電熱部、ファンの位置から生じた偏差であると判断される）。

2) pH 値 (Fig. 2) : 全体的な傾向として前半期に凹部、後半期に凸部をもった横 S 字型曲線を示す。各槽相互の較差は少なく最大 0.08 であって、餌料投与量との間には何らの相関性も認められない。前報<sup>1)</sup>の飼育水の水質基準と対比するといずれも“貝体を維持し得る値”  $\geq 7.75$  より高く、“成長をもたらし得る値”  $\geq 7.95$  に対しては前半期一時的にそれ以下の値となったが後半期にはより高い値を示している。

3) アルカリ度 (Fig. 3) : 全体的な傾向は pH 値とほぼ同様である。また全期間を通じての各槽相互間の有意な較差は認められない。前報の水質基準“成長をもたらし得る値”  $\geq 1.45\text{mN}$  よりすべて高い値を示している。

4) C.O.D. (Fig. 4) : 各測定日ごとのそれらの値はかなりの巾をもって変動しているので、全般的な傾向をみるため 3 点移動平均の方法を用いて図示した。各飼育水は傾向的に大きく 2 つに区分される。1 つは 5, 10, 20mg の 3 群のそれで有機物の含有量は少なく、全体に 35~49 日目までは次第に減少して、以後やや増加している。他は 15, 30, 40, 50mg の 4 群のそれで有機物の含有量は多く、pH 値およびアルカリ度と同様に横 S 字型曲線をもって示される。餌料投与量と C.O.D. とはおおむね正の相関性を示すが、前半期には 30 mg 群の値が低く、後半期では 15mg 群の値が高いのが注目される。また、前報の水質基準“成長をもたらし得る値”  $\leq 2.04 \text{O}_2\text{mg}/\ell$  よりいずれも低い値を示している。

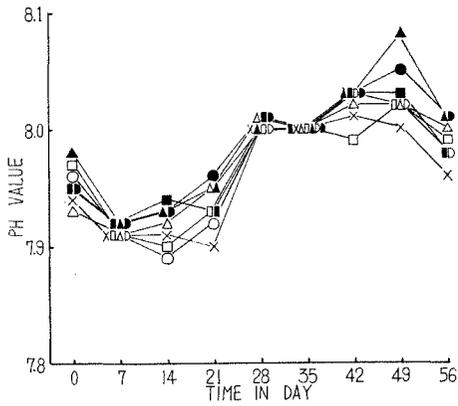


Fig. 2. Changes in pH-value of the breeding water.

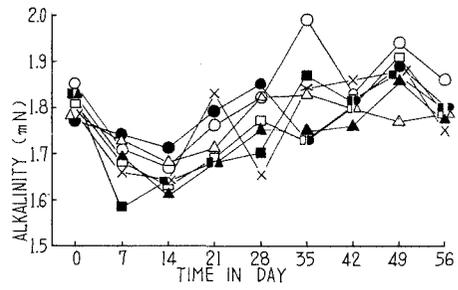


Fig. 3. Changes in Alkalinity of the breeding water.

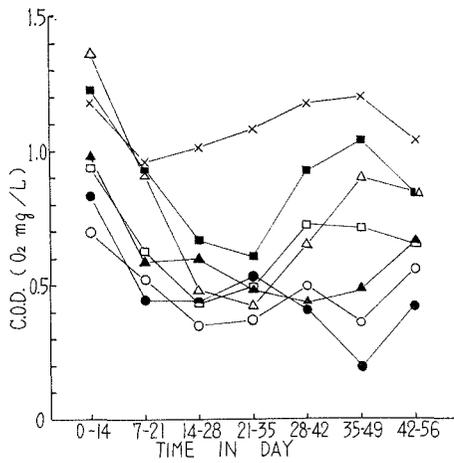


Fig. 4. Changes in C. O. D. of the breeding water.

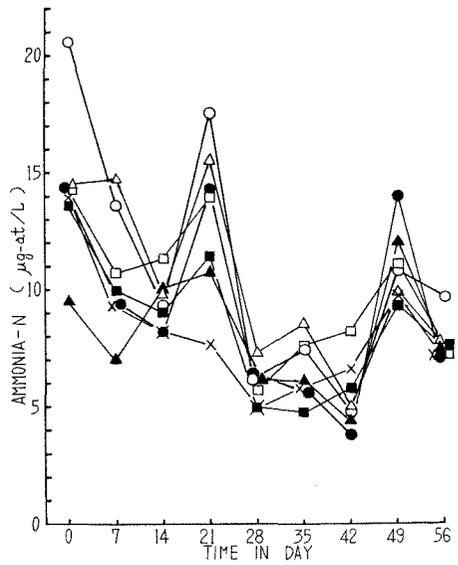


Fig. 5. Changes in Ammonia-N of the breeding water.

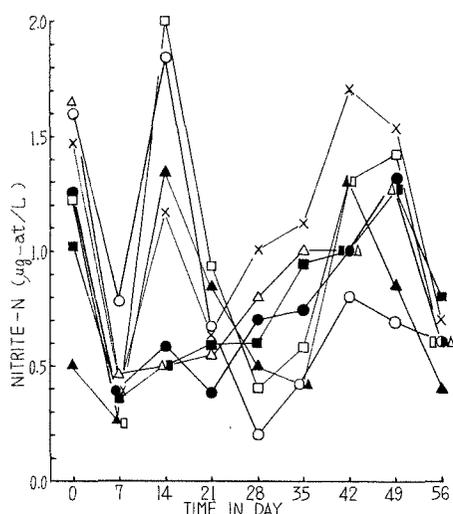


Fig. 6. Changes in Nitrite-N of the breeding water.

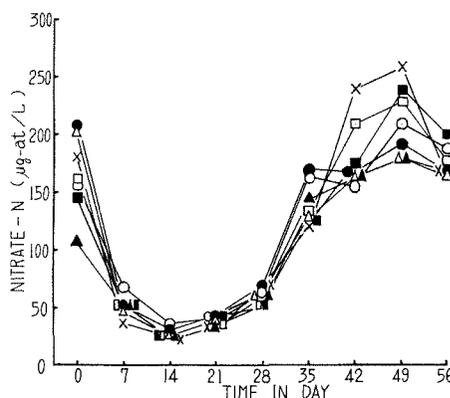


Fig. 7. Changes in Nitrate-N of the breeding water.

5) アンモニア-N (Fig. 5) : 21日目, 49日目の2回の peak を示し, 全般的には L 字型曲線を画いている。餌料投与量との間には相関性は認められない。前報の水質基準“貝体を維持し得る値”  $\leq 7.30\mu\text{g-at}/\ell$  と比較すると28~42日目に一部のものがそれ以下を示すほかはいずれもそれより高い値を示しており, 貝の代謝活力と濾過砂の硝酸化成能および飼育水の交換率などの相互関係についての問題を提起している。

6) 亜硝酸-N (Fig. 6) : アンモニア-N と同様, 14日目, 42~49日目の2回の peak を示している。餌料投与量との間に何らの相関性も認められない。前報の水質基準“貝体を維持=成長をもたらし得る値”  $\leq 1.27\mu\text{g-at}/\ell$  と比較すると peak 時には一部のものがそれ以上の値を示すが大部分はそれ以下の値となっている。

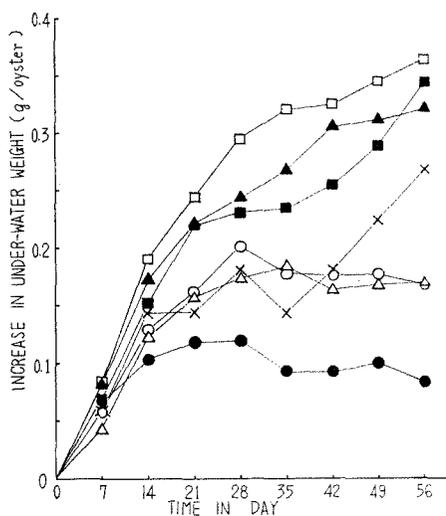
7) 硝酸-N (Fig. 7) : 全体的な傾向は pH 値, アルカリ度と全く同様な横 S 字型曲線を示す。各槽相互の較差は少なく, 餌料投与量との相関性は認められない。前報の水質基準“成長をもたらし得る値”  $\leq 3610\mu\text{g-at}/\ell$  と比較するとき, いずれも著しく低いのが注目される。

8) カルシウム : 実験期間中  $370\sim 420\text{mg}/\ell$  の範囲内にあり, 餌料投与量あるいはその他の水質要因との間に相関性をみいだすことはできない。

#### 各貝群の水中重量の変化

各測定日における各貝群の水中重量の貝 1 個当り累積増加量および 1 日当り増加量を水質諸要因の測定値とともに Appendix Table I に示す。

各貝群の水中重量の 1 個当り累積増加量を Fig. 8 および 9 に示す。投餌量 30mg 群は実験期間中その累積値において常に最も大きく, 20, 40mg の両群がこれにつき, これらの 3 群は実験終了時まで全く休止することなく成長を継続している。5, 10, 15mg の 3 群は, 相互間にはかなりの差がみられるが, 21~35日目の間に最大累積値を得, その後徐々に



ig. 8. Changes in cumulative increased weight of oyster during the rearing period. The weight of oyster was weighed in the sea water, the same also Fig. 9, 10, 15 and 17.

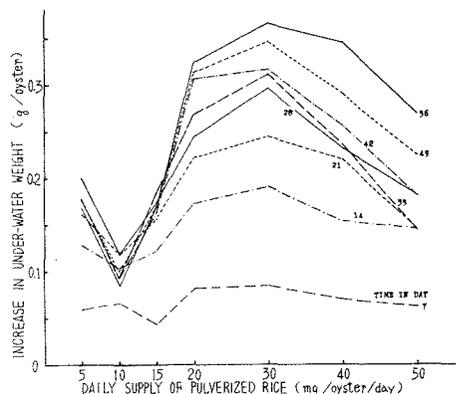


Fig. 9. Relation between the cummulative increased weight of oyster and the daily supply of rice powder as a diet.

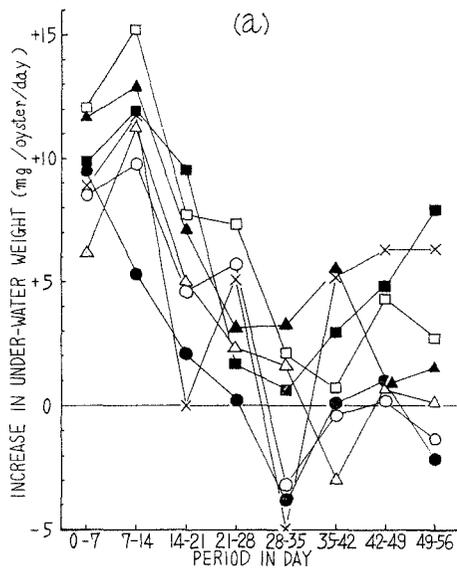
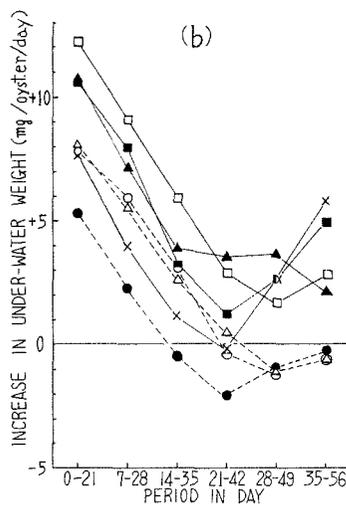


Fig. 10. (a); Changes in daily increased weight of oyster during the rearing period.



(b); Changes represented by the method of moving averages.

に減量している。50mg 群は前半期には 5, 15mg の両群とはほぼ同様に28日目に peak をもち35日目には著しい減量を示すが、その後20, 30, 40mg の3群と同等あるいはより以上の成長を示し、累積値では次第のそれらの各群に接近している。

各貝群の1個当たり日間増重量の変化を Fig. 10(a)に示し、また全体的な傾向をみるため3点移動平均の方法により Fig. 10(b)に示した。各群は0~21日目の間に前半期の peak を示し、その後次第に衰えて21~49日目で最低となり、のちふたたび増量の傾向がみられる。各群の成長を相互に比較すると餌料投与量の少ない 5, 10, 15mg の3群と投与量の多い 20, 30, 40mg の3群とは全期間を通じて明らかに区別される。50mg 群は実験前半期においては前の3群の中間に位置したが、後半期には著しい成長の伸びを示し、28~49日目には後の3群の中位に達し、35~56日目にはいずれの群より以上の成長を示した。後の3群に50mg 群を加えた4群の成長を相互に比較すると21~42日目以前においては $30 > 40 \approx 20 > 50 \text{mg}$ であり、それ以後においては $50 \approx 40 > 30 \approx 20 \text{mg}$ と全くその順位が入れかわっているのが注目される。

#### 各貝群の実験終了時における諸測定値

実験終了時における各貝群および海中で養殖していた対照群の諸測定値を Appendix Table II に示す。それぞれの平均値間の差を F 検定するとその結果は Table I に示すとおりであって、肉質湿重量および計算肉質水中重量においてのみ有意差が認められる。肉質湿重量では前述水中重量増加量の累積および日間増重量の最終1週間の結果のように5, 10, 15mg 群と20, 30, 40, 50mg 群とが区別され、計算肉質水中重量では期間を通じて最も成長のよかった30, 40mg と他の群とが区別され、両群と対照群との間に差は認められない。つまり、貝の成長および衰弱時にはまず肉質に顕著な変化があらわれるものと考えられ、この場合、肉質の湿重量と計算水中重量の結果を総合するとその順位は $40 \approx 30 >$

**Table 1.** Result of F-test for the significance of differences in means and standard deviations of whole, shell and meat weights among oyster groups on various quantities of diet. Figures show the groups by daily supply of diet and f shows a group of oyster cultured in the sea farm.

Weighed in the sea Water (Under-water weight)	
Whole weight	5 = 10 = 15 = 20 = 30 = 40 = 50 = f
Shell weight	5 = 10 = 15 = 20 = 30 = 40 = 50 = f
Meat weight	5 = 10 = 15 = 20 = 30 = 40 = 50 = f
Calculated meat weight*	5 = 10 = 15 = 20 = 50 $\ll$ 30 = 40 = f
Weighed in the air (Wet weight)	
Whole weight	5 = 10 = 15 = 20 = 30 = 40 = 50 = f
Shell weight	5 = 10 = 15 = 20 = 30 = 40 = 50 = f
Meat weight	5 = 10 = 15 $\ll$ 20 = 30 = 40 = 50 $\ll$ f
Calculated meat weight*	5 = 10 = 15 = 20 = 30 = 40 = 50 = f

= Insignificant at 5% level

$\ll$  Significant at 1% level

< Significant at 5% level

\* Calculated meat weight means the difference between whole weight and shell weight of the oyster.

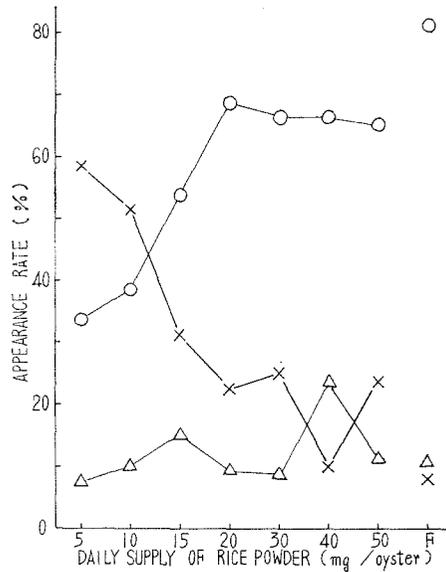


Fig. 11. Relation between the daily supply of rice powder and the appearance rates of the microscopic picture of growing (○), Stop-growing (△) and etching and dissolution (×) observed on the surface of nacreous layer of the valves. F shows a group cultured in the sea farm, the same also Figs. 12 and 13.

50≒20>15≒10≒5mg となっていたとみられる。

#### 貝殻真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率

前報<sup>1)</sup>の Fig. 13 に示したように、左右両殻内面の真珠層全域を代表するようにそれぞれ5点を定め、それらの点を Leits 製 Panphot 顕微鏡の垂直投光管を使用して直接観察し、その表面構造からみて 1)結晶成長が継続されているもの、2)結晶成長が極めて緩慢であるかあるいは初期溶解が始まっていると認められるもの、3)溶解が行なわれているものおよびその時点においては再結晶が始まっているがそれまでに著しい腐蝕溶解が行なわれたもの、の3段階に区分し、それぞれの貝群別に集計した。結果は Fig. 11 に示すとおり、1日当り投餌量20mg以上の各群では対照群と比較してほとんど差がないが15mg以下の各群では投餌量が少なくなるに従って腐蝕溶解像の出現率が高くなっている。

#### 実験終了後の肉質諸成分

実験終了後、貝肉は20%フォルマリンで約1昼夜間固定し、さらに1昼夜間風乾し、その後、薄片として硫酸乾燥器中で減圧乾燥し乳鉢ですりつぶして粉末とし以後の実験に供した。成分分析はつぎの方法によった。粗蛋白：金属セレンウムを触媒として Kjeldahl 法によって全窒素を定量し、これを6.25倍して粗蛋白量とした。粗脂肪：大島式簡易水分および脂肪定量装置を用い試料を濾紙(東洋濾紙 No. 1)に封じ、再蒸溜トルオールを加えて約3時間加熱沸騰させ、その後新しいトルオールに1回、アセトンに3回、それぞ

れ1昼夜ずつ浸漬，移しかえて洗滌し，乾燥・秤量してその減量を粗脂肪量とした。含水炭素：試料を5%塩酸と共にガラス管瓶に入れ恒温槽で約3時間100°Cに加熱し，中和後ZnSO<sub>4</sub>・NaOHで除蛋白し，Bertrand法によって含水炭素をglucoseの形で定量した。

成分分析の結果をAppendix Table IIに示す。各群(8個)の乾燥肉質重量は5~10g，粗蛋白は3~6g(54~66%)，粗脂肪は0.4~1.1g(8~13%)，含水炭素(glucoseとして)は0.2~1.2g(3~12%)の範囲にある。餌料投与量に対する乾燥肉質重量および各成分含有量の変化はFig. 12に示すようにおむね餌料投与量の増加にともなって増加する傾向がみられ，また，5~15mg投与の3群，20~40mg投与の3群および50mg投与群に区別され，Fig. 8, 9に示す累積増重量の最終結果と近似する。またそれぞれの量について実験各群と対照群とを比較すると，それらのいずれも実験各群がかなり劣っているのが

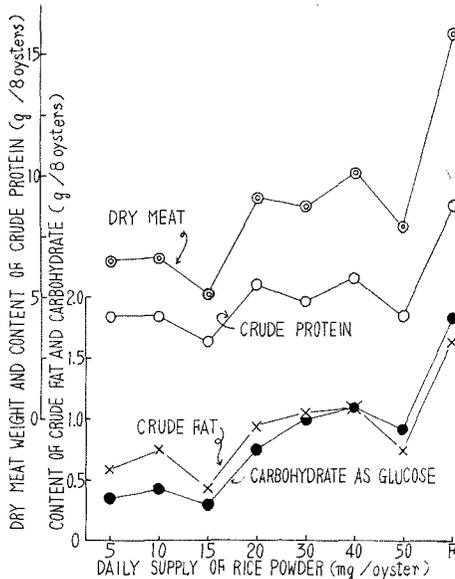


Fig. 12. Relation between the daily supply of rice powder and the dry meat weight and the contents of crude protein, crude fat and carbohydrate as glucose in the dry meat of oyster (see Table 2).

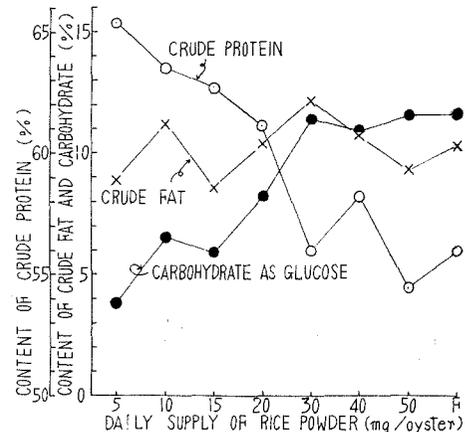


Fig. 13. Relation between the daily supply of rice powder and the content rates of crude protein, crude fat and carbohydrate in the dry meat of oyster.

Table 2. Correlation coefficients between and among dry meat weight and proximate chemical compositions reciprocally.

0.707: Significant at 5% level

0.834: Significant at 1% level

		(a)	(b)	(c)	(d)
Dry meat weight	(a)	—	—	—	—
Crude protein	(b)	0.984	—	—	—
Carbohydrate as glucose	(c)	0.950	0.908	—	—
Crude fat	(d)	0.968	0.961	0.953	—

認められる。

対照群を含む各群の乾燥肉質重量および各成分含有量の相互間の相関性は Table 2 に示すようにいずれも 1% の水準において有意である。このことは、乾燥肉質重量の変化にともなって各成分含有量がそれぞれある一定の割合をもって増減しているものと考えられる。一方、餌料投与量に対する肉質の各成分含有率をみると Fig. 13 に示すように、投与量の増加にともなって粗蛋白質の含有比が減少し、逆に含水炭素の比が増加しており、投与量 30mg 以上の各群ではその成分組成は対照群のそれに近似しているのが注目される。

## 考 察

### 水質の変化について

飼育期間中における各水質要因値の変化はいずれも前半期に凹部、後半期に凸部をもった S 字型あるいは L 字型曲線をもって示され、とくにアンモニア-N と亜硝酸-N とがそれを底としてその上にそれぞれ 2 回の peak を形成している。しかしながら、実験開始時においてアンモニア-N、亜硝酸-N および硝酸-N などの値が高いのは、実験開始以前に沪過砂の熟成促進のために投与した生肉汁がいまだなお分解および硝酸化の過程にあったものとみることができる。

今回の各水質要因の値を前報<sup>1)</sup>に示した飼育水の水質基準と対比すると、アルカリ度、C.O.D. および硝酸-N の値は全期間を通じて“貝に成長をもたらし得る値”よりかなりよい値を示すが、pH 値は一時的ではあるが“貝体を維持し得る範囲”にまで低下し、またアンモニア-N および亜硝酸-N ではかなり多くの場合に“貝体を維持し得る範囲”以下の値を示している。測定日別、水槽別に前報で試みた点数方式により水質の総合的診断を行なうと、その結果は Fig. 14 に示すとおり、それらの診断値は相互の較差が少なく、前報の 2 個群（成長した群）に比較すると全期間を通じて低く、また 5 個群（貝体を維持

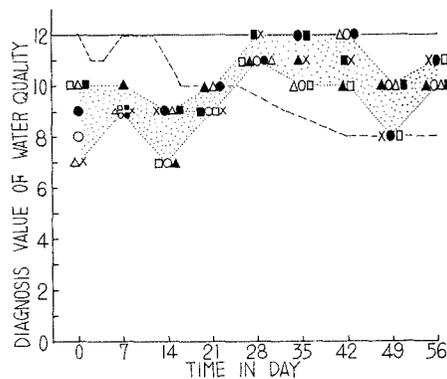


Fig. 14. Changes in the diagnosis value of water qualities based on the method indicated our previous report (1966). Solid and broken lines: Changes in the qualities of breeding water in our previous experiment reared 2 and 5 oysters respectively, using the culture containers with the same structure as in the present experiment. They were reared on a diet of rice powder 20 mg per oyster and day, and breeding water was unexchanged throughout the rearing period.

した群)に比較すると、前半期には低く、後半期には高くなっている。

各群にはそれぞれ異なった量の餌料が投与してあり、餌料残滓および排泄物の量的なちがいから水質的にみてもかなりの変化が生ずるものと予期された。しかしながら、結果として各水質要因個々についての相互の差異はほとんどなく、投与餌料量との相関性は C.O.D. にのみ傾向的に認められるだけであり、また Fig. 14 に示すところの水質の総合的診断の結果からも相互の差異を認めることはできない。このような現象は、前報<sup>1)</sup>にも述べたとおり、米粉末投与による水質の変化は極めて少なく、水質変化の原因の大部分が貝の代謝生産物に由来するためと考えられる。

#### 貝の成長の変化について

飼育期間中における各貝群の成長の変化は Fig. 10 (a) に示すところ全般的にみて2回の peak を形成している。つまり飼育開始当初には非常に良好な成長を示すが、7~14日目を第1回目の peak として以後急におとろえ28~35日目に最低となり、その後ふたたび成長の伸びがみられるが42~49日目を第2回目の peak として以後若干のおとろえがみられる。また、各群相互の成長の較差については投与量 5~15mg の3群と 20~40mg の3群とは全期間を通じて明らかに区別され、50mg 群のみが飼育前半期には前者に、後半期には後者に属する特異な状態を示している。

今回のこれらの各群と前回(前報<sup>1)</sup>)の各群との成長を比較すると、前回最も成長がよかった2個群の1個当り平均日間成長量は 8.21mg、5個群のそれは 3.15mg であり、今回の投餌量の少ない 5~15mg の3群は 3.01mg 以下、20~50mg の4群は 4.78~6.50mg であった。つまり、前回と投餌量の等しい 20mg 群およびそれ以上の餌料量を与えた各群においても、その成長は前回2個群と5個群との中間に位置していることになる。

#### 水質と成長の関連 (Fig. 15)

各実験群の水質変化の全体的な傾向は Fig. 14 にみるように、実験開始当初から21日まで(前期)の水質は前回5個群よりかなり悪いが、21~42日目(中期)には回復して同群より良好となり、42~56日目(後期)にはふたたびやや悪化するようみられる。前期には前述のとおり沪過砂熟成促進のために投与した生肉汁が分解および硝酸化の過程にあったため、pH 値が低下し、アンモニア-N および亜硝酸-N が多量に検出されたものと考え

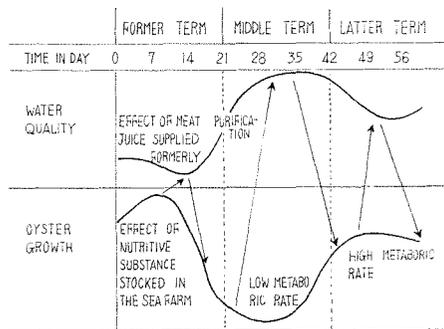


Fig. 15. Diagrammatic representation of the interrelationship between the qualities of water and the growth of oyster.

られ、中期には生肉汁も分解・硝酸化を完了して沪過砂も十分に熟成しており、なお供試貝もおそらく前期の水質の影響により代謝活動が不活発化したため水質的には良好となり、さらに後期には水温の上昇に加え中期の水質の好条件が貝の代謝活動を活発化し、ふたたびアンモニア-N、亜硝酸-Nの増加をもたらしたものと考えられる。

供試貝は実験開始当初には前報<sup>1)</sup>で述べたように海水で養殖されていたときに蓄えた栄養および生理的 activity により著しい成長を示すが、やがてその効果の減衰と水槽中の水質的悪条件のため摂餌および代謝活動が不振となり、成長量が衰え、中期には水質条件の回復と水温の上昇により貝の代謝および摂餌活動が活発となり、各群の成長の伸びを示し、後期には水質条件の悪化とともにその成長もややおとろえを示している。

つまり、水質と貝の成長には水質が良好であれば貝の代謝活動が活発となり、ひいては貝の成長をもたらす、貝の代謝活動が活発となれば水質を悪化するという相互関係が認められる。この現象はまた、沪過砂の硝酸化成能あるいは換水量に対して貝の収容量が過多であることによるものと判断される。

#### 投餌量と成長量について

前述のように水質的には各群相互の較差は認められないので、それらの成長の差は前記の水温および水質的条件を背景とするところの投与餌料量および摂餌量の差とみることができる。

前半期の成長減衰時には水温はおおむね 20.5~22.5°C の範囲にあり、また水質的には最も悪く、おそらくその摂餌活動も極めて不活発であったと思われる。この間の成長量は餌料投与量 30mg>20=40mg>5=15mg>50mg>10mg の順で 30mg を peak として両端に行くに従って成長量は少なくなっている。この場合、餌料量の少ない5, 10, 15, 20mg の各群は餌料不足のための成長減衰と考えられるが、40, 50mg の両群は摂餌活動の不活発にともなう過剰餌料排除のための体力的消耗が著しかったものと想定される。また後半期の成長時には水温はおおむね 22.5~24.5°C であって、水質的にもかなり良好となっており、貝の摂餌活動も活発化していたと思われる。この間の成長量は概して餌料投与量の

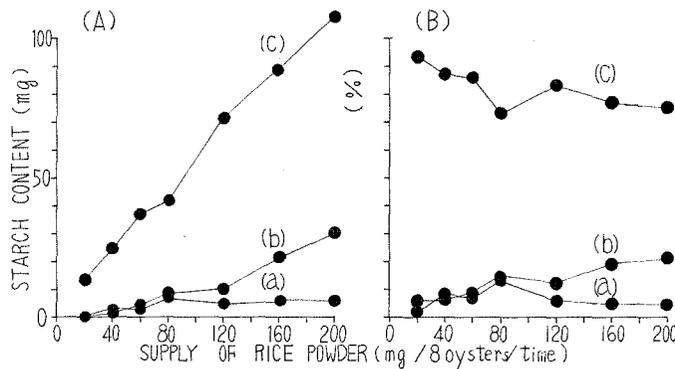


Fig. 16. Relation between the supply of rice powder and the quantitative distribution of rice starch in the following parts 4 hours after supplying of rice powder. (a): Remains suspending in the breeding water, (b): Sediments on the bottom of vessel, (c): Food ingested by the oyster.

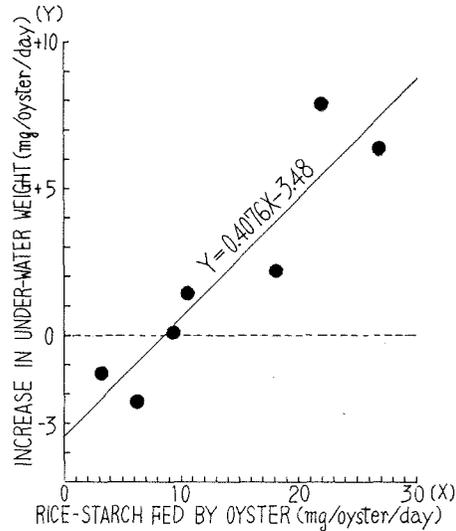


Fig. 17. Relationship between the rice starch fed by the oyster 4 hours after supplying (see Fig. 16) and the increased weight of oyster during the last week of the rearing period (see Fig. 10).

多い群ほどよく、最終的には  $50 \Rightarrow 40 \text{mg} > 30 \text{mg} > 20 \text{mg} > 5 \text{mg} > 15 \text{mg} > 10 \text{mg}$  の順になっている。

つまり、貝の成長は水温・水質および餌料の3要因によって決定され、水質が良好であれば水温の上昇にともなってそれらの摂餌活動および成長が活発になるものと考えられる。

摂餌量と成長量との関係を調べるため、飼育実験終了後、飼育期間と同様、1日に2回、1回当たり20, 40, 60, 80, 120, 160, 200mgの米粉末を投与し、投与後4時間まで1時間ごとに各水槽の水中残存餌料および4時間後の沈澱物中の澱粉量を定量し、貝に捕食（経口摂取）された澱粉はほとんど完全に消化吸収されるとの仮定のもとに摂取量を算出した。詳細は別報<sup>7)</sup>の予定であるが、結果を要約すると（Fig. 16参照）、水中残存澱粉量は沈澱物含有量および計算摂取量に比較して著しく小さい。沈澱物含有量は明らかに投与量によって変化しており、投与量の増加にともなって量的にもまた比率的にも増大している。計算摂取量は量的には投与量の増加にともなって増加するが、投与量に対する比率では逆に減少する傾向がみられる。つまり沈澱物中の含有澱粉の大部分が偽糞によるものとすれば、投与量の増加にともなって偽糞の排出率が高まり、投与量に対する摂取率は減少するとみることができる。また、上記計算摂取量と飼育実験最終期間（49～56日目）の貝の増重量とを対比するとその結果は Fig. 17 に示すとおり、直線をもって示される有意な相関関係が認められる。

#### 必要投与餌料量について

本実験では前述のように1日2回の投餌時間における集中的な投餌と水質的な悪条件のために、その摂餌量（率）ひいては成長がかなり阻害されたとみられるが、仮に投餌方法が改良され、最良の水質的条件を設定することができた場合、海中で養殖した対照群と同様な成長を得るためにはどの程度の餌料の投与量が必要かを計算してみる。

水中増重量および肉質重量からの計算：この場合、ある期間内の摂餌量と貝の水中重量および肉質重量の増減量とがそれぞれ互いに正の相関をもつとする前提が必要となる。この点について、摂餌あるいは水質の条件が貝の成長におよぼすところの影響の時間的な広がりおよび累積の効果などが明らかでない現在、問題が残されるが、本実験のうよにかなり長期の飼育であり、水質的にも貝の衰弱をもたらすほどの著しい悪条件ではなく、また摂餌量および成長量のいずれも maximum に達していない状況のもとではこの前提は必ずしも不当のものとは思われない。

さて、各群の累積増重量 (Fig. 8) および日間増重量 (Fig. 10) の変化、また補足実験における澱粉摂取量と各群の飼育最終 1 週間における増重量の関係 (Fig. 18) からみて 1 日、1 貝あたり米粉末投与量 15mg が貝体を維持するための最低必要量であるとみなすことができる。そこで前述の計算摂取率 (Fig. 16B) と米粉末の投与量とから各群の米粉末摂取量 ( $F_s$ ) を求め、15mg 群の摂取量 ( $F_{15} = 15 \times 0.78 = 12.9\text{mg}$ ) を引くと貝の増重量あるいは減量に働いた米粉末量 (有効摂取量  $F$ ) が計算される。同様な方法で 15mg 群の増重量を差引いた各群の最終 1 週間の増減量 ( $G = G_s - G_{15}$ ) を求め、それらから

$$F = 2.997G + 0.1961$$

の回帰方程式を得た。つぎに、15mg 群の日間増重量の変化 (Fig. 10) における前期の peak はすべて貝が海中で養殖されていたときに蓄えた栄養物質の成長におよぼす効果であるとみなされる。そこで各測定期間における各群の増重量から 15mg 群の成長量を差引くとその間における米粉末有効摂取量に対応する増重量が得られる。つまり各群の累積増重量から 15mg 群の累積増重量を差引いたもの [ $\Sigma G = \Sigma(G_s - G_{15})$ ] を上式に代入するとその間における米粉末有効摂取総量 [ $\Sigma F = \Sigma(F_s - F_{15})$ ] が計算される。さらに前述の前提にもつぎ  $\Sigma F$  と実験終了後の肉質乾燥重量 [ $\Sigma M = \Sigma(M_s - M_{15})$ ] との回帰方程式を求めると

$$\Sigma F = 1272.68 \Sigma M - 203.04$$

が得られる。そこで上式の  $\Sigma M$  に対照群の肉質乾燥重量を代入して  $\Sigma F$  を求め、それを飼育期間の 56 日で除し、 $F_{15}$  を加えると  $39.80 \approx 40\text{mg}$  となる。つまり、摂餌量 100% の場合の米粉末投与必要量は約 40mg と計算される。

肉質成分からの計算：上記の投与必要量とはほぼ同量の投与であり、しかも各群のうち乾燥肉質重量が最も大きかった 40mg 群と、海中で養殖された対照群との各肉質成分の差は貝 1 個当り粗蛋白質 0.3816g、糖質 0.0912g、粗脂肪 0.0684g で Rubner の係数によるとそれぞれの消費熱量は

$$\text{蛋白質} \quad 0.3816(\text{g}) \times 4.1(\text{cal./g}) = 1.5645(\text{cal.})$$

$$\text{糖質} \quad 0.0912(\text{g}) \times 4.1(\text{cal./g}) = 0.3739(\text{cal.})$$

$$\text{脂質} \quad 0.0684(\text{g}) \times 9.3(\text{cal./g}) = 0.6361(\text{cal.})$$

となる。これらのうち体蛋白質は直接他の栄養素をもってこれに代ることがなく、また無蛋白質餌料投与時における体蛋白質の減は体維持のための最低必要量を示すものと考えられている。つまり対照群と同様の成長を得るためには、

$$0.3816\text{g}/56 = 0.006814\text{g} \approx 7\text{mg}$$

の体蛋白質の補給が必要となる。ただしこの場合、貝殻 conchiolin を構成する蛋白質の必要量については計算されていない。なお、精白米中の含有蛋白質の大部分は胚芽に含まれて

おり、この部分はホモゲナイザーによって細粒化されないで米粉末調製時および貝の摂餌時の選別によって除かれる。さらに飼育装置内に繁殖する *bacteria* のあるものは餌料として、とくに蛋白質補給の役目を果たすものもあると思われるがつまびらかでない。

つぎに、別途蛋白質が補給された場合の糖質補給について、40mg 群の累積増重量から計算された米粉末の摂取量は前述の計算式から 1 日当り  $9.42 + 12.90 = 22.32\text{mg}$  となり、米粉末中の糖質含有率を80%とすると<sup>7)</sup>、17.86mg が糖摂取量となる。この糖摂取量がすべて体糖質として補給されるものとした場合、これに対照群との差から計算した総熱量を糖質に換算して加えると必要糖量が得られる。

$$(0.3739 + 0.6361)\text{cal.}/56 \times 4.1\text{cal.} = 0.004397(\text{g})$$

$$17.86 + 4.40 = 22.26\text{mg}$$

なお、糖含有率を80%とすると米粉末投与必要量は  $28.57 \approx 29\text{mg}$  と計算される。

さらに比較的短期間における飼育の場合には蛋白質消費によるエネルギーを糖質によって補なうことができると考えられるので全 cal. を糖質におきかえて計算すると

$$2.5745\text{cal.}/56 \times 4.1\text{cal.} = 0.011213(\text{g})$$

$$17.85 + 11.21 = 29.06\text{mg}$$

$$29.06/0.80 = 36.33 \approx 36\text{mg}$$

約 36mg の米粉末投与が必要であると計算される。

#### 排泄窒素量について

飼育水槽の水質的条件を維持するためにも、また貝の蛋白質代謝量を知る上にも、飼育水中への溶入窒素量を知る必要がある。そこでつぎの計算式を用いて各週の平均 1 日当りの窒素の増加量を求めた。

$$B = Ar^n + a \cdot \frac{1-r^n}{1-r}$$

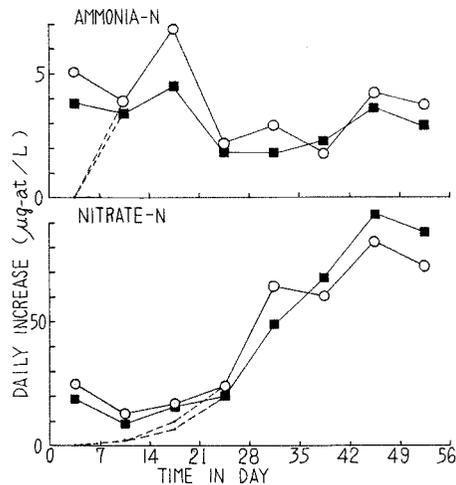


Fig. 18. Changes in daily accumulation of Nitrate-N and Ammonia-N of the breeding water during the rearing period.

A : 各週初日の飼育水交換直前の N の値, B : 次週初日の飼育水交換直前の N の値,  
r : 飼育水交換による N の残存率……24/39, a : N の 1 日平均増加量, n : 日数……  
7 日。

アンモニアおよび亜硝酸-N は逐次硝酸-N に変化し、しかもそれらの量は硝酸-N の量に比較して著しく少ないため、ここでは硝酸-N についてのみの溶入量と其の変化とを検討した。硝酸-N の各週の 1 日平均増加量は Fig. 18 に示すようにいずれの群の飼育水も経過日数とともに著しく増加しており、Fig. 10(a) に示した貝の日間成長量の変化との直接的相関はみられない。また、飼育水中に放出された硝酸-N の累積値から換算した蛋白質量 ( $N \times 6.25$ ) と貝肉蛋白質減少量(対照群との差)とを比較すると、沪過砂の熟成促進のために投入した生肉汁から放出されたと考えられる実験初期の出現 peak を除いた場合においても、前者は後者の 1.5 ~ 2.5 倍 (5mg 投与群 7.493 : 4.618g, 40mg 投与群 7.784 : 3.053g) となっている。

つまり、飼育水中に溶入する窒素は単に貝の蛋白代謝生産物に由来するもののみではなく、他からの溶入がなければならない。この場合まず交換水の含有窒素量が挙げられるが、一般海水(アゴ湾)の溶存量はこれまでの調査からみて極めて少なく(硝酸-N とアンモニア-N との合計  $> 3.5 \mu\text{g-at}/\ell$ )<sup>8),9)</sup>、交換飼育水の含有量 ( $> 20.0 \mu\text{g-at}/\ell$ ) からみてもほとんど無視することができる。また、前回の飼育実験(無換水)<sup>11)</sup>における硝酸-N の累積値も肉質蛋白減少量の推定値の 4.5 ~ 23 倍(2 個群 17.062 : 0.750g, 5 個群 25.593 : 2.500g, 15 個群 39.926 : 9.375g)であった。これらの結果からみても交換水でない他からの添加が必要である。しかしながら、これまでこの点に関する研究は全くみられず、今後改めて検討する予定であるが、沪過砂中に遊離窒素を固定する bacteria の存在が予想される。

水中窒素の飼育動物(軟体動物 adult)への影響について、佐野ら<sup>10)</sup>はアンモニア-N がエゾアワビの酸素呼吸量および摂餌量に影響を与えることを明らかにし、また平山<sup>11)</sup>はマダコ<sup>11)</sup>の飼育について硝酸塩が害作用を有し、とくに pH およびアルカリ度の低下した海水中ではその呼吸に影響を与え、とくに溶存酸素の少ない場合にはその影響が著しいと述べている。また、J. H. Oliver<sup>12)</sup>も水族館海水の硝酸の値が著しく高いのに留意し“高濃度の硝酸が飼育動物の酸素輸送体と結合して呼吸作用を阻害することは明らかである”と述べている。これらの研究例から水中溶存窒素化合物はどのような形(態)であろうともある濃度に達すると飼育動物に影響を与えることが予想され、このためには蛋白質餌料は体蛋白質基礎代謝および目的とする増肉のための最低必要量に止め、また体蛋白質消費節約のために十分な糖質餌料を与えるべきである。また水中に溶入した窒素は脱窒素 bacteria の作用による以外、絶対量の減少は考えられないので、ある濃度を基準として飼育水の交換が必要である。

#### 貝殻真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率について

貝の水中重量の測定法およびその意味するところについては西飯<sup>9)</sup>、および桑谷・西飯<sup>9)</sup>に詳述されており、水中重量によって示される変化の大部分が貝殻重量の変化によるものである。このような貝殻重量の変化を理解するため真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率を調査した。前回は水質の良否と同出現率との関係をしらべ、水質の悪化にともなって出現率が高くなることを明らかにした。今回は投与餌料の量との関係を調べ、貝体を維持する

に必要な餌料量が不足すればそれだけ出現率が高くなることが判明した。

和田<sup>13,14)</sup>は貝が衰弱すると結晶成長の場での Ca の分泌活動および carbonic anhydrase の activity が低下し、その結果として母液の pH が低下し、結晶の腐蝕溶解が起るとしてゐる。この場合、結晶の腐蝕溶解をもたらすところの具体的な条件として産卵期の生理的現象、冬季における低温、空中露出などを挙げているが、前回および今回の実験結果からみて、水質条件の悪化および餌料の不足（飢餓）が加えられる必要がある。

## 要 約

7組の飼育水槽（濾過循環式、水量39ℓ、濾過砂 15kg、換水量 1日15ℓ）を用い、56個（8個×7群）の満1年生アコヤガイを材料とし、粉碎した精白米を餌料として、その投与量をかえて貝の成長と水質の変化とを調査した。各群の1日1貝当りの投餌量はそれぞれ 5, 10, 15, 20, 30, 40および 50mg とした。

1) 水温は実験開始後7日目（約21°C）から次第に上昇し、56日目には 24.5°C を示した。また各水質要因の変化はそれぞれ横 S あるいは L 字型曲線をもって示された。米粉末投与量のちがいによる各飼育水の水質的な差異はほとんど認められなかった。

2) 水質の変化と貝の成長量の変化とを対比すると、水質と貝の成長とは相互に影響しあってそれぞれ波動的な変化を形成した。このような現象は濾過砂の分解能および硝酸化生成または飼育水の交換量に対して供試貝の収容量が過大であることを示している。

3) 本実験の水温の範囲内では1日1貝当りの米粉末投与量が 15mg およびそれ以下では貝は餌料不足による明らかな衰弱が認められた。投与量が 20mg から 50mg の範囲においては貝の摂取量は水温および水質に影響され、水温が低くあるいは水質が悪い場合には摂取量は少なくなり、これらの状態のもとで投与量の多い場合には貝は過剰餌料排除のために衰弱し、また水温が高く、水質が良好な場合には摂取量は多くなり投与量に比例した成長がみられた。

4) 実験各群の水中増重量の変化、乾燥肉質重量および摂餌と増重量の関係から計算すると、貝の正常な成長をもたらすためには1日1貝当り約 40mg の米粉末の投与が必要である。また、実験群と対照群との肉質含有成分量から計算すると1日1貝当り体蛋白質約 7mg、体糖質約 22mg の補給が必要であり、餌料として米粉末のみを投与する場合には約 36mg が必要となる。

5) 貝殻真珠層表面の腐蝕溶解像の出現率を調査した結果、投餌量 20mg 以上の各群では対照群と比較してほとんど差がみられないが 15mg 以下の各群では投餌量が少なくなると従って腐蝕溶解像の出現率が高くなっている。

## SUMMARY

56 specimens of the Japanese pearl oyster, *Pinctada martensii*, full one-year-old, 5.6-6.5 g in under-water weight, were reared on a diet of various quantities of rice powder during a period of 56 days. 7 culture containers were placed in a thermostatic dark box. Each container consists of 3 vessels, a culture vessel (15 l of water), a filter vessel (9 l of water and 15

kg of sand) and a food-supplying vessel (15 l of water), linked each other by glass tubes for circulation of water. 15 l of the water in each container was replaced with the fresh sea water once a day. 8 specimens were put in each culture vessel and the daily supply of diet per oyster was 5, 10, 15, 20, 30, 40 and 50 mg, respectively.

The results obtained are summarized as follows (Appendix Table I and II):

1. Water temperature and water qualities; The water temperature increased from about 21°C at 7 days to about 24.5°C at 56 days after the beginning of rearing (Fig. 1). Judging from the result obtained using the diagnostic method on the qualities of breeding water indicated our previous report (1966), the breeding water had been polluted in the beginning of rearing period and gradually purified through the former term into the middle term, and grew worse in some degree again in the latter term. This change in qualities of water may be due to the decomposition and nitrification of the meat juice and starch powder which were supplied for promoting the ripening of filter sand before the rearing, the development of decomposing and nitrifying activities of the filter sand and the increase and decrease of metabolism of the oysters.

No significant differences were observed in every factor of water qualities among 7 containers, and mutual relationships were also scarce between each factor and the daily supply of diet. (Figs. 2-7 and 14).

2. Growth of oyster, cumulative increase in under-water weight during the rearing period; 3 groups on 5, 10 and 15 mg diet per oyster increased in a low grade in the first half period and decrease in the second half period. 3 groups on 20, 30 and 40 mg diet increased normally from start to end of the period. A group on 50 mg diet increased similarly as in the former 3 groups in the first half period and its weight approached those of the latter 3 groups in the second half period. (Figs. 8 and 9).

Average daily increase in weight; In the first half period the oyster groups were arranged in order of daily increase as  $30 > 20 \approx 40 > 5 \approx 15 > 50 > 10$  mg diet and in the second half period as  $50 \approx 40 > 30 > 20 > 5 > 15 > 10$  mg diet. 4 groups on 20-50 mg diet were turned end up in order between the first and second half period. (Fig. 10, a and b).

3. Dry and wet weights of the shell and meat after the end of rearing; From the result of F-test, the significance of differences in mean and standard deviation of meat weight among oyster groups were found and the groups were arranged in order of meat weight as  $40 \approx 30 > 50 \approx 20 > 15 \approx 10 \approx 5$  mg diet (Table 1).

4. Appearance rate of etching and dissolution of the surface structure of the nacreous layer of valves; Among 4 groups on 20 mg and over diet, there were few differences in the rate, and among 3 groups on 15 mg and less diet, the less the diet supplied, the higher the appearance rate was found (Fig. 11).

5. Approximate composition of the meat of oyster; Mutual relationships were found among dry meat weight, and contents of crude protein, crude fat and carbohydrate as glucose (Fig. 12 and Table 2). Content rates of crude protein were in inverse proportion to and of carbohydrate were in direct proportion to the quantities of diet supplied. Approximate

compositions of the meats on 30 mg and over diet were closely akin to that of the control cultured in the sea farm. (Fig. 13).

From the results obtained the following conclusions are drawn:

1. Relation between water qualities and oyster growth; A peak of the daily growth of oysters in the former term of the rearing period may be due to the effect of the nutritive substances stocked during a culture period in the sea farm, and the decline of growth in the middle term to both, the loss of the effect and the pollution of breeding water in the former term. Through the middle term into the latter term the growth took a favorable turn probably caused by the purification of breeding water in the middle term. In the second half of the latter term the decline of growth in some degree may be attributable to the pollution of breeding water by vigorous metabolism of the oysters from the middle term to the first half of latter term of the rearing period. That is, change in the qualities of breeding water and growth of oyster during the rearing period is represented with a wave-like curve respectively, interacting on each other. Judging from this phenomenon it is probable that the oysters received in a container in the present rearing were supernumeraries to the quantity of breeding water, volume of filter sand and renewal rate of breeding water (Fig. 15).

2. Growth of oyster to supplying quantities of diet; So far as the size of oysters used and the extent of water temperature measured in the present experiment, on the daily supply of rice powder 15 mg and below per oyster, the oyster seems to grow weak for lack of diet, and the proper supply in quantity of diet among 20 to 50 mg may be determined by the environmental condition, that is, under low temperature and bad qualities of water the oyster seems to take in a small quantity of diet, and under high temperature and good qualities to do a large quantity of diet (Figs. 16 and 17).

3. Necessary components and amount of diet; From the relationships between the amounts of rice powder fed and growth of the oysters in the last week of rearing period (Fig. 17), and between the cumulative growth and dry meat weight of the oysters at the end of rearing experiment, about 40 mg of rice powder per oyster and day is required as the diet for obtaining the same growth as the oysters cultured in the sea farm.

From the differences of approximate compositions of the meats between a group supplied 40 mg diet which group had the most weighty meat among those groups, and a group cultured in the sea farm, it is estimated that the replenishments of crude protein about 7 mg and carbohydrate about 22 mg (29 mg as rice powder) is required. In case, further, in which the rice powder only is supplied, it is estimated that about 36 mg of the diet is required.

## 文 献

- 1) 桑谷幸正・西飯保 1966. アコヤガイの水槽飼育にともなう水質変化と貝の成長について。国立真珠研報11: 1308—1333.
- 2) 桑谷幸正 1964. *Skeletonema costatum* を餌料とするアコヤガイの飼育について。日水誌 30 (2): 104—113.
- 3) 桑谷幸正 1964. 人工餌料によるアコヤガイの飼育について。国立真珠研報9: 1135—1142.
- 4) Strickland J.D.H. and T.R. Parsons 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res.*

- Bd. Canada*, 125: 61—70 (Nitrate).
- 5) 西飯保 1965. アコヤガイを測定するために用いた水中重量についての検討。国立真珠研報10: 1264—1282.
  - 6) 桑谷幸正・西飯保 1966. アコヤガイの成長測定法。各種測定法の検討および水中重量の測定法とその応用について。全真連技術会報54: 52—69.
  - 7) 桑谷幸正・西飯保 1967. アコヤガイの飼育餌料としての米粉末について。日水誌投稿中
  - 8) 上野福三・井上啓晴 1961. 真珠漁場における餌料基礎生産と漁場の海洋構造について I. 密殖と食物連鎖の関係。国立真珠研報7: 829—864.
  - 9) 桑谷幸正・植本東彦・西飯保・山村豊 未発表, 漁場環境とアコヤガイの成長との関連について
  - 10) 佐野孝・馬庭玲子 1962. エゾアワビの生育に及ぼす環境条件について。東北水研報21: 79—86.
  - 11) 平山和次 1966. 海水中の硝酸塩のマガコに与える影響。日水誌32(2): 105—111.
  - 12) J. H. Oliver 1957. The chemical composition of the sea water in the aquarium. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 129(1): 137—145.
  - 13) 和田浩爾 1959. 真珠養殖過程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.
  - 14) 和田浩爾 1961. 全上 II. 表面構造と光沢の季節的变化。国立真珠研報6: 586—606.

**Appendix Table I** Data on quality of breeding water and growth of the pearl oyster in the present experiment.  
\* Weighed in the sea water.

Date Time in day	Daily supply of diet mg/oyster	WT°C	pH	Alkali- nity mN	C.O.D. 0 <sub>2</sub> mg/L	Ammono- nia-N μg-at/L	Nitrite-N μg-at/L	Nitrate-N μg-at/L	Calcium mg/L	Increase of oyster weight*	
										mg/oyster (Cumulative total)	mg/oyster/day
24 Oct. 0 Day	5	21.8	7.96	1.85	1.32	20.6	1.60	155.0	396.5	—	—
	10	21.3	7.95	1.77	2.10	14.4	1.25	207.0	379.2	—	—
	15	21.4	7.93	1.78	1.60	14.5	1.65	200.0	384.4	—	—
	20	21.8	7.98	1.83	1.87	9.5	0.50	107.0	384.4	—	—
	30	21.5	7.97	1.81	1.69	14.4	1.22	180.0	391.3	—	—
	40	21.6	7.95	1.83	1.78	13.6	1.02	145.0	379.2	—	—
	50	21.6	7.94	1.78	1.92	13.9	1.47	180.0	375.8	—	—
31 Oct. 7 Days	5	20.7	7.91	1.71	0.48	13.6	0.78	68.0	387.8	59.4	8.49
	10	20.5	7.92	1.74	0.43	9.4	0.39	52.0	396.5	66.3	9.47
	15	20.4	7.91	1.73	1.63	14.7	0.46	46.0	387.8	43.1	6.16
	20	20.3	7.92	1.69	0.45	7.0	0.26	52.0	380.9	81.9	11.70
	30	20.3	7.91	1.68	0.77	10.7	0.25	52.0	391.3	83.8	11.97
	40	20.5	7.92	1.57	1.22	9.9	0.36	52.0	387.8	69.4	9.91
	50	20.5	7.91	1.66	1.04	9.3	0.39	37.0	398.3	62.5	8.93
7 Nov. 14 Days	5	21.5	7.89	1.67	0.87	9.3	1.84	36.0	385.5	128.1	9.81
	10	21.3	7.93	1.71	0.69	8.2	0.58	30.5	385.5	103.1	5.26
	15	21.2	7.92	1.68	0.98	9.8	0.50	26.5	378.4	121.9	11.26
	20	21.2	7.93	1.61	0.82	9.9	1.34	25.5	383.7	172.5	12.94
	30	21.2	7.90	1.63	0.91	11.3	2.00	25.5	380.2	190.0	15.17
	40	21.3	7.94	1.64	1.10	9.0	0.50	25.5	376.7	152.5	11.87
	50	21.3	7.91	1.64	1.10	8.2	1.17	23.5	371.4	144.4	11.70
14 Nov. 21 Days	5	21.7	7.92	1.76	0.23	17.5	0.67	42.8	413.1	160.6	4.64
	10	21.5	7.96	1.79	0.34	14.3	0.38	44.6	404.4	118.1	2.14
	15	21.5	7.95	1.71	0.39	15.5	0.55	40.2	402.6	156.9	5.00
	20	21.4	7.95	1.68	0.66	10.7	0.84	34.8	399.1	221.9	7.06
	30	21.5	7.93	1.69	0.30	13.9	0.93	36.6	397.4	243.8	7.69
	40	21.5	7.93	1.68	0.71	11.4	0.59	42.0	404.4	218.8	9.47
	50	21.4	7.90	1.83	0.98	7.6	0.63	34.0	418.4	144.6	0.03
21 Nov. 28 Days	5	22.4	8.00	1.82	0.41	6.2	0.20	62.5	380.5	200.6	5.71
	10	22.2	8.01	1.85	0.80	6.4	0.70	69.5	366.9	119.4	0.18
	15	22.0	8.01	1.82	0.50	7.3	0.80	61.5	378.8	172.9	2.29
	20	22.2	8.00	1.75	0.64	6.1	0.50	61.5	375.4	243.8	3.13
	30	22.0	8.00	1.77	0.60	5.7	0.40	52.5	370.3	295.0	7.31
	40	22.3	8.01	1.70	0.53	4.9	0.60	52.5	378.8	230.6	1.69
	50	22.3	8.00	1.65	1.38	4.9	1.00	69.5	380.5	180.0	5.06

Date Time in day	Daily supply of diet mg/oyster	WT°C	pH	Alkali- nity mN	C.O.D. O <sub>2</sub> mg/L	Ammo- nia-N μg-at/L	Nitrite-N μg-at/L	Nitrate-N μg-at/L	Calcium mg/L	Increase of oyster weight*	
										mg/oyster (Cumulative total)	mg/oyster/day
28 Nov. 35 Days	5	22.5	8.00	1.99	0.78	7.4	0.42	163.0	391.3	178.1	-3.21
	10	22.3	8.00	1.73	0.59	5.6	0.74	170.0	394.8	92.5	-3.84
	15	22.3	8.00	1.83	0.68	8.5	1.00	130.0	394.8	184.4	1.64
	20	22.2	8.00	1.75	0.40	6.1	0.42	145.0	396.5	266.9	3.30
	30	22.4	8.00	1.73	0.87	7.6	0.58	135.0	382.7	310.0	2.14
	40	22.3	8.00	1.87	1.11	4.8	0.94	125.0	393.1	235.0	0.63
	50	22.0	8.00	1.84	0.97	5.8	1.12	120.0	386.1	143.8	-5.17
5 Dec. 42 Days	5	23.4	8.03	1.83	0.37	4.8	0.80	155.0	389.7	175.6	-0.35
	10	23.3	8.03	1.82	0.00	3.8	1.00	168.0	384.5	93.1	0.09
	15	23.2	8.02	1.80	1.19	5.0	1.00	165.0	389.7	163.1	-3.04
	20	23.3	8.03	1.76	0.73	4.4	1.30	165.0	386.3	305.6	5.50
	30	23.4	7.99	1.80	0.94	8.2	1.30	210.0	384.5	315.0	0.71
	40	23.2	8.03	1.82	1.45	5.8	1.00	175.0	391.4	255.0	2.86
	50	23.4	8.01	1.86	1.73	6.6	1.70	240.0	391.4	180.0	5.17
12 Dec. 49 Days	5	23.8	8.02	1.94	0.28	10.8	0.69	210.0	393.1	176.9	0.19
	10	23.5	8.05	1.89	0.56	14.0	1.32	192.0	382.7	100.0	0.99
	15	23.4	8.02	1.77	0.89	9.9	1.27	180.0	381.8	168.1	0.71
	20	23.4	8.08	1.86	0.47	12.0	0.85	180.0	391.3	311.9	0.90
	30	23.6	8.02	1.91	0.47	11.1	1.42	230.0	389.6	345.0	4.29
	40	23.4	8.03	1.87	0.52	9.3	1.27	240.0	388.6	288.8	4.83
	50	23.7	8.00	1.88	0.75	9.7	1.53	260.0	386.1	223.8	6.26
19 Dec. 56 Days	5	24.3	7.98	1.86	1.67	9.7	0.60	188.7	407.8	167.5	-1.34
	10	24.1	8.01	1.80	1.02	7.1	0.60	169.6	400.9	84.4	-2.23
	15	24.0	8.00	1.79	0.74	7.8	0.60	167.5	385.2	168.8	0.10
	20	23.9	8.01	1.78	1.39	7.5	0.40	169.6	402.6	321.9	1.42
	30	24.1	7.99	1.79	1.11	7.2	0.60	178.1	387.0	364.4	2.71
	40	24.0	7.98	1.80	1.25	7.6	0.80	201.5	404.3	343.8	7.86
	50	24.2	7.96	1.75	1.30	7.2	0.70	169.6	394.8	268.1	6.33

**Appendix Table II** Whole, shell and meat weights and approximate chemical composition of dry meat of test animals immediately after the end of breeding experiment.

\* Whole weight—Shell weight=Calculated meat weight.

\*\* (Dry meat weight/Calculated meat weight)×100=% valve

Oyster group: Daily supply of diet per oyster	Weight per oyster								Total dry meat weight of each groups (8 oysters) and proximate chemical composition			
	Weight in the sea water			Wet weight in the air				Dry	Total dry meat weight	Crude protein	Carbohydrate as glucose	Crude fat
	Whole	Shell	Calculated meat*	Whole	Shell	Meat	Calculated meat*	Meat				
5 mg	6.270 <sup>g</sup> ±0.316	6.063 <sup>g</sup> ±0.319	0.206 <sup>g</sup>	22.188 <sup>g</sup> ±1.542	10.967 <sup>g</sup> ±0.568	6.688 <sup>g</sup> ±1.228	11.221 <sup>g</sup>	0.8134 <sup>g(%)**</sup> (7.24)	6.5075 <sup>g</sup>	4.2569 <sup>g(%)</sup> (65.42)	0.2525 <sup>g(%)</sup> (3.88)	0.5824 <sup>g(%)</sup> (8.95)
10	6.166 ±0.290	5.940 ±0.311	0.226	21.756 ±2.017	10.912 ±0.508	6.461 ±0.475	10.843	0.8264 (7.62)	6.6110	4.2014 (63.55)	0.4337 (6.56)	0.7398 (11.19)
15	6.103 ±0.374	5.910 ±0.368	0.193	21.533 ±1.446	10.643 ±0.609	6.363 ±1.300	10.890	0.6411 (5.89)	5.1285	3.2161 (62.71)	0.3067 (5.98)	0.4411 (8.60)
20	6.368 ±0.255	6.141 ±0.261	0.227	22.291 ±1.101	10.991 ±0.602	8.151 ±0.572	11.300	1.1376 (10.07)	9.1005	5.5650 (61.15)	0.7481 (8.22)	0.9455 (10.39)
30	6.551 ±0.704	6.270 ±0.685	0.281	22.068 ±2.312	11.310 ±1.220	7.762 ±0.984	10.758	1.0946 (10.17)	8.7580	4.9061 (56.03)	1.0044 (11.47)	1.0649 (12.16)
40	6.500 ±0.400	6.150 ±0.341	0.350	22.603 ±1.743	11.286 ±0.559	7.677 ±1.466	11.317	1.2715 (11.24)	10.1720	5.8218 (57.23)	1.1128 (10.94)	1.0955 (10.77)
50	6.387 ±0.380	6.240 ±0.406	0.260	22.790 ±1.958	11.135 ±0.588	7.365 ±0.930	11.655	0.9945 (8.53)	7.9560	4.3339 (54.47)	0.9245 (11.62)	0.7455 (9.37)
Cultured in the farm	6.265 ±1.019	5.904 ±0.966	0.361	23.685 ±3.393	11.044 ±1.649	9.890 ±1.691	12.641	1.9844 (15.70)	15.8748	8.8753 (55.91)	1.8440 (11.62)	1.6430 (10.35)

# 母貝仕立てに要する期間の差異が 真珠品質におよぼす影響<sup>\*, \*\*</sup>

蓮 尾 真 澄

国立真珠研究所

アコヤガイを母貝とする真珠養殖においては、核入れ手術にさきだち不可欠な作業として、母貝の仕立てが行なわれる。これは、母貝の生理状態を核入れに適するように調整するのが第一の目的とし、手段としては生理機能の抑制によるものであるが、調整の程度は真珠の品質におよぼす影響が大きいので、良質真珠の生産を最も期待し得るような仕立て技術の案出が強く要求されている。一方、仕立て作業の進ちょく状況は核入れ手術の能率を左右するので、とかく仕立て作業を促進して、そのための期間を短縮しようとする傾向がみられるようであるが、真珠養殖業の特性からいえば、作業能率の増進とともに最終的生産物である真珠の品質への影響を重視する必要がある。

著者<sup>1)</sup>は、母貝の生理状態は同程度に調整されていても、時期が異なれば、真珠の品質に優劣の差が認められることを指摘し、貝の生理状態の調整限度は、季節によって異なるべきだろうと推察したが、ある生理水準に至るまでの生理機能の抑制の過程にも真珠品質に影響する大きな要素が含まれているのではないかと考えられる。そこで、仕立てに使用する卵抜きかごの収容量を対象としてとりあげ、収容密度の差と仕立て期間との関係および生理状態を調整する速度（同程度の生理水準に至るまでの）と真珠品質との関連などについて検討するために、養殖試験を実施したので、その結果を報告する。報告にさきだち、核入れ手術と試験員管理の労をわずらわした当所出口安隆技官に深謝する。

## 試 験 方 法

試験員として愛媛県産養殖3年生アコヤガイを使用した。第1表のとおり1965年5月中旬から同年9月下旬までの間において、I：1965年5月20日～7月26日、II：6月21日～8月14日、III：7月29日～9月1日、IV：8月26日～9月25日の4回にわたって仕立て作業(常法の浅吊り、深吊りの操作による)を行なった。卵抜きかごに収容する貝の個数ならびに各処理群(a：収容個数が最も多いもの、c：最も少ないもの、b：a、cの中間に位す

\* Masumi Hasuo. The influence on the qualities of cultured pearls caused by difference of the activity control period in so called "Shitate" (control of physiological condition of the pearl oyster for the operation). Bull. Natl. pearl Res. Lab. 12: 1432—1444. 1967.

\*\*国立真珠研究所業績 No. 161. (国立真珠研究所報告12: 1432—1444. 昭和42年11月)

るもの)についての仕立て作業の完了時期は、作業の区分ごとに次のような要領で決定した。

収容貝数—あらかじめ竹製卵抜きかごにいっぱい収容した場合の貝の個数をかぞえ、これを100%として、設定の比率に応じて各群の収容貝数をきめた。

仕立て作業の完了時期—最もはやく仕立てを完了した群(個体の外観ならびに生殖腺の色彩、状態を肉眼的に観察した結果、1かごの収容貝数の60~70%程度が通常の核入れ手術に適する状態になっている)のなかの核入れ可能と判断した貝の活力の程度を基準とし、他の群の核入れ可能な貝の活力が同水準にまで低下したときをもって、それぞれの群における仕立て完了の時期とした。

活力の程度を推察するために、試験貝の中から20貝をとり出し、それぞれの杆晶体重量をトーションバランスで秤量し、その平均重量をもって指標とした。殻長ならびに杆晶体重量の測定は、区分Iについては最初の仕立て完了群を得るまでは、1週間ごとに行なったが、それ以降の他の2群については、杆晶体重量の減少状態を勘案しながら不定期に随時実施して、そのたびに平均重量をF検定によって比較し、最初の仕立て群との間に有意の差が認められなくなった時期をもって、活力が同程度まで低下したものと判断した。しかしながら、区分II, III, IVについては仕立て開始後、調整が相当程度に進むまでは、その期間内の測定を省略した。卵抜きかごの収容貝数を一定に保つために、測定による不足分やへい死貝を生じたときは、試験貝と混同しないように識別を明らかにした他の一般貝をもって補充した。仕立てを終えた各処理群については、養生期間を与えた後第2表のとおりそれぞれ核入れ手術を行ない、真珠研究所大村支所地先漁場で養成した。区分I, IIについては1966年1月中旬に真珠を採取し、III, IVは1965年11月下旬から1966年4月下旬まで長崎県北松浦郡江迎町地先に避寒させた後、再び大村支所地先で養成し、同年11月中旬に真珠の採取を行なった。得られた真珠は、色別の出現率、巻き(重量)の程度および“きずだま”、“しみだま”などの出現率について推計学的方法により比較検討した。

第1表 仕立て作業の区分

区 分	処理群	卵抜きかごの収容 密度% (個数)	供 試 かご数	仕 立 て 作 業		
				期 間	日 数	期間中の水温 °C
I	a	90 (280)	2	~7月8日	49	19.1~24.6
	b	70 (220)	2	5月20日~7.19	60	19.1~26.8
	c	50 (160)	3	~7.26	67	19.1~28.0
II	a	80 (250)	2	~7.29	38	22.1~29.5
	b	60 (190)	2	6.21~8.5	45	22.1~29.6
	c	40 (130)	3	~8.14	54	22.1~29.6
III	a	70 (210)	2	~8.19	21	26.6~29.6
	b	55 (165)	2	7.29~8.24	26	26.6~29.9
	c	40 (120)	3	~9.1	34	26.6~30.0
IV	a	70 (205)	2	~9.13	18	25.3~30.0
	b	55 (160)	2	8.26~9.18	23	24.5~30.0
	c	40 (115)	3	~9.25	30	23.9~30.0

第2表 挿核手術の実施経過

区 分	処 理 群	手 術 月 日	手 術 員 数	核 の サ イ ズ ・ 個 数
I	a	7月12日	187	4.05±0.03mm, 2個入れ
	b	7. 23	185	
	c	7. 30	185	
II	a	8. 4	200	4.05±0.03mm, 2個入れ
	b	8. 11	199	
	c	8. 20	203	
III	a	8. 25	205	5.65±0.05mm, 2個入れ
	b	8. 30	207	
	c	9. 7	212	
IV	a	9. 17	210	5.15±0.05mm, 2個入れ
	b	9. 22	212	
	c	9. 29	218	

## 結 果

## 1. 卵抜きかごの収容密度と杆晶体重量ならびに仕立て日数との関係

卵抜きかごの収容密度の差は、仕立て期間中の杆晶体重量にどのように影響するのか、平均重量をもってその変化の推移を示すと第3表、第1図のとおりとなる。

第3表、第1図によると、杆晶体重量は仕立て作業を実施した時期によって、変化の状況が異なっているが、いずれの区分も日数の経過とともに漸次減少し、しかも卵抜きかごの収容密度と杆晶体重量の変化との間には関係があると考えられる。すなわち、各区分は収容比率が大きくなるにつれて小さなものよりも減量の速度は早く、急傾斜をもって下降している。これは、収容量が多ければ多いほど貝の生理状態を低下させる大きな要因として作用することを意味するものである。したがって、このことは必然的に仕立ての所要日数にも関連をもつものであり、第1表にみるように、同程度の生理水準まで低下させるための日数は、どの区分においても収容比率に対して逆比例を示している。すなわち、収容比率の大きい処理群にあっては相対的に短期間で仕立てを完了し、比率が小さくなるにつれて、より長い日数を要している。これを、各処理群相互間の日数の差として区分ごとに示すと次のとおりになる。

a 群と b 群との差—— I …11日, II …7日, III …5日, IV …5日

b 群と c 群との差—— I …7日, II …9日, III …8日, IV …7日

a 群と c 群との差—— I …18日, II …16日, III …13日, IV …12日

## 2. 真珠の品質

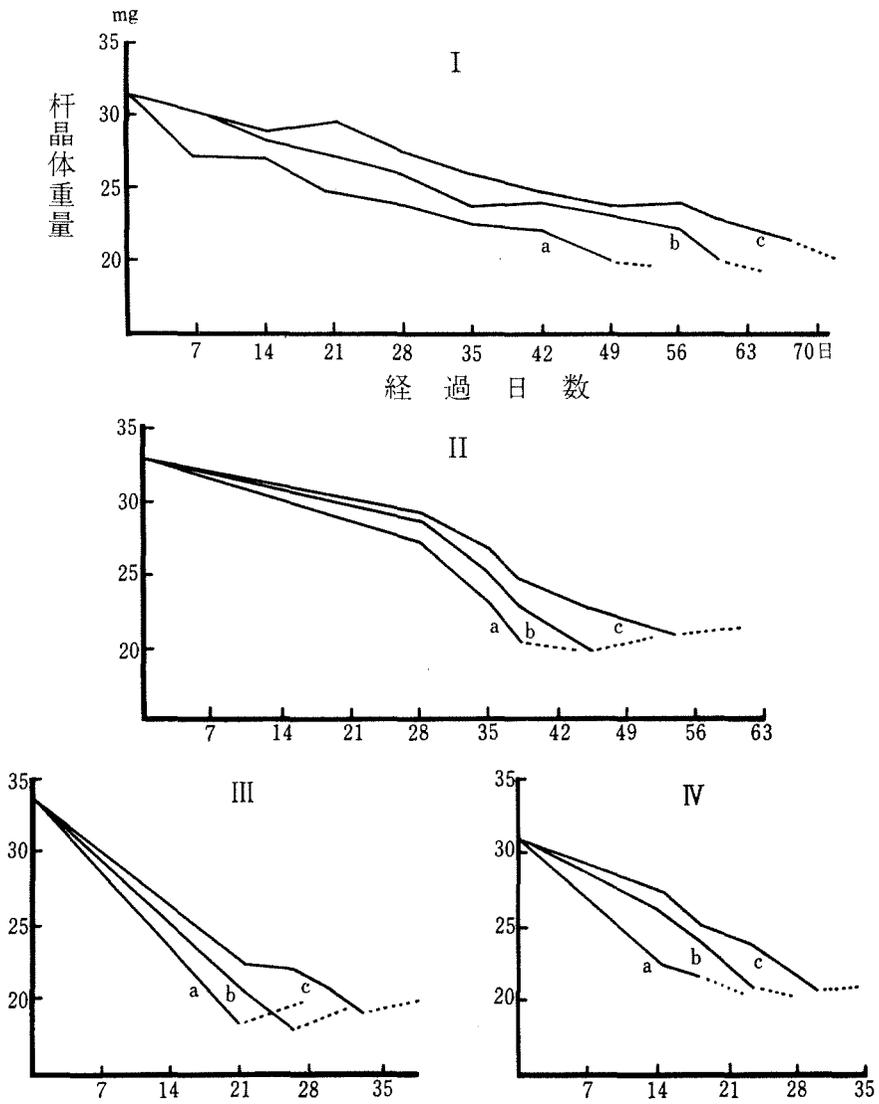
## 1) 真珠の色について

浜上げ真珠（白だま、くずだまを除いたもの）を区分ごとに処理群別にホワイト系、クリーム系、グリーン系の3系統のたまに分類して、その出現分布を示すと第4表（1）、（2）のとおりとなる。

第3表 仕立て作業，養生期間中における杆晶体重量の変化

経過日数	I			II			III			IV		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
仕立て開始時	31.3mg (48.5mm)			32.4 (49.6)			33.3 (50.6)			30.6 (51.5)		
7日目	26.9 (50.6)	30.1 (48.5)	30.1 (47.9)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	26.7 (48.2)	28.0 (47.5)	28.7 (47.8)	—	—	—	—	—	—	22.3 (50.2)	25.9 (48.8)	27.4 (48.8)
21	24.5 (48.0)	27.0 (47.9)	29.4 (47.5)	—	—	—	18.0 (50.1)	20.5 (49.9)	22.4 (50.4)	20.4 (49.2)	20.9 (49.3)	23.7 (50.1)
28	23.7 (47.9)	25.5 (47.5)	27.4 (46.8)	26.8 (48.5)	28.3 (48.3)	28.8 (49.5)	19.5 (49.2)	17.9 (49.9)	21.9 (49.8)	20.3 (49.3)	20.5 (50.2)	20.5 (50.2)
35	22.3 (47.2)	23.5 (48.5)	25.6 (47.4)	22.7 (48.7)	24.6 (50.1)	26.4 (49.8)	19.3 (49.4)	19.0 (49.0)	19.7 (48.0)	20.7 (50.7)	20.7 (50.7)	20.7 (50.7)
42	21.8 (48.2)	23.7 (47.5)	24.5 (47.6)	19.5 (49.9)	19.4 (50.5)	22.4 (51.7)						
49	19.8 (48.0)	22.9 (48.5)	23.4 (47.3)		20.3 (49.0)	20.3 (50.6)						
56	19.5 (49.4)	21.8 (48.1)	23.9 (47.8)			20.8 (49.1)						
63		20.1 (47.8)	22.7 (48.4)									
70		19.0 (48.3)	21.2 (47.5)									
			20.0 (48.7)									

( ) 内は殻長を示す。



第1図 仕立て作業，養生期間中における杆晶体重量の変化  
 実線…仕立て作業， 点線…養生期間

第4表(1) 真珠の色の出現分布, ふくろ

区分	処理群	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	計
I	a	39個 (38.61%)	49 (48.52)	13 (12.87)	101 (100.)
	b	44 (38.94)	52 (46.02)	17 (15.04)	113 (100.)
	c	53 (40.46)	58 (44.27)	20 (15.27)	131 (100.)
II	a	47 (39.17)	60 (50.00)	13 (10.83)	120 (100.)
	b	44 (41.12)	50 (46.73)	13 (12.15)	107 (100.)
	c	53 (39.55)	65 (48.51)	16 (11.94)	134 (100.)
III	a	28 (32.94)	49 (57.65)	8 (9.41)	85 (100.)
	b	23 (37.70)	31 (50.82)	7 (11.48)	61 (100.)
	c	19 (33.33)	31 (54.39)	7 (12.28)	57 (100.)
IV	a	25 (37.31)	36 (53.73)	6 (8.96)	67 (100.)
	b	30 (37.98)	42 (53.16)	7 (8.86)	79 (100.)
	c	28 (37.84)	38 (51.35)	8 (10.81)	74 (100.)

第4表(2) 真珠の色の出現分布, うかし

区分	処理群	ホワイト系	クリーム系	グリーン系	計
I	a	23個 (41.82%)	24 (43.64)	8 (14.54)	55 (100.)
	b	16 (41.03)	18 (46.15)	5 (12.82)	39 (100.)
	c	21 (42.86)	21 (42.86)	7 (14.28)	49 (100.)
II	a	17 (39.53)	21 (48.84)	5 (11.63)	43 (100.)
	b	20 (42.55)	21 (44.68)	6 (12.77)	47 (100.)
	c	34 (42.50)	35 (43.75)	11 (13.75)	80 (100.)
III	a	10 (35.71)	14 (50.00)	4 (14.29)	28 (100.)
	b	11 (36.67)	15 (50.00)	4 (13.33)	30 (100.)
	c	8 (40.00)	11 (55.00)	1 (5.00)	20 (100.)
IV	a	7 (38.89)	11 (61.11)	0 (0)	18 (100.)
	b	10 (40.00)	14 (56.00)	1 (4.00)	25 (100.)
	c	5 (33.33)	8 (53.34)	2 (13.33)	15 (100.)

第4表(1), (2)より処理群によって色の出現率に差があるかどうかを検討するため、区分ごとに $\chi^2$ -法により検定すると、いずれの区分においても5%以下の危険率で有意の差が認められない。すなわち、卵抜きかごの収容密度の差のために仕立ての日数(同程度の生理水準に低下するまでの)の異なるものを、それぞれ母貝として使用した場合には、真珠の色の出現分布は同じような傾向を示している。

#### 2) 真珠の巻きについて

浜上げ真珠を区分ごとに処理群別、色別に全数秤量し、真珠の巻きを1個当りの平均重量で示すと第5表(1), (2)のとおりとなる。

第5表(1) 真珠の平均重量, ふくろ

区 分	色 別		ホ ワ イ ト 系	ク リ ー ム 系	グ リ ー ン 系
	処 理 群				
I	a		0.132g	0.139	0.144
	b		0.128	0.131	0.129
	c		0.127	0.132	0.131
II	a		0.122	0.130	0.128
	b		0.123	0.128	0.122
	c		0.124	0.134	0.128
III	a		0.375	0.414	0.373
	b		0.384	0.395	0.401
	c		0.347	0.365	0.367
IV	a		0.318	0.360	0.333
	b		0.341	0.353	0.341
	c		0.338	0.367	0.329

第5表(2) 真珠の平均重量, うかし

区 分	色 別		ホ ワ イ ト 系	ク リ ー ム 系	グ リ ー ン 系
	処 理 群				
I	a		0.142g	0.135	0.148
	b		0.131	0.139	0.128
	c		0.130	0.138	0.140
II	a		0.136	0.137	0.130
	b		0.141	0.140	0.133
	c		0.129	0.142	0.136
III	a		0.323	0.344	0.308
	b		0.334	0.341	0.360
	c		0.324	0.330	0.370
IV	a		0.277	0.319	—
	b		0.317	0.302	0.320
	c		0.326	0.330	0.305

第5表(1), (2) から, 処理群間において真珠の平均重量に差があるかどうかを調べるため, 区分ごとに  $F$ - 検定すると, いずれの区分においても5%以下の危険率で有意の差が認められない。すなわち, 本試験の範囲内では, 卵抜きかごの収容密度の差によって仕立て期間の長さが違ったとしても, 巻きに影響をおよぼすようなことはなく, 収容量が多くて比較的早期に仕立てを完了した処理群と収容量が少ないために仕立てに長い日数を要したものは同程度の巻きを示したといえることができる。

### 3) “きずだま” および “しみだま” について

第6表(1), (2) は, 採取した真珠を区分ごとに処理群別に拡大鏡(倍率×16)を用いて観察し, “きず”の有無, 程度および “しみだま” に占める “きず” の程度などによ

第6表(1) きずだま, しみだまの出現分布, ふくろ

区分	項目 処理群	項目					有機質層	計
		無き 1点きず	2点きず	3点以上 きず	しみ・ 小きず	しみ・ 大ききず		
I	a	6個 (4.62%)	24 (18.46)	51 (39.23)	21 (16.15)	22 (16.92)	6 (4.62)	130 (100.)
	b	16 (12.90)	30 (24.20)	51 (41.13)	16 (12.90)	6 (4.84)	5 (4.03)	124 (100.)
	c	20 (13.89)	39 (27.08)	55 (38.19)	17 (11.81)	6 (4.17)	7 (4.86)	144 (100.)
II	a	13 (9.92)	17 (12.98)	67 (51.15)	23 (17.56)	4 (3.05)	7 (5.34)	131 (100.)
	b	22 (17.60)	21 (16.80)	47 (37.60)	17 (13.60)	4 (3.20)	14 (11.20)	125 (100.)
	c	30 (19.74)	33 (21.71)	56 (36.84)	15 (9.87)	3 (1.97)	15 (9.87)	152 (100.)
III	a	9 (9.09)	10 (10.10)	49 (49.50)	17 (17.17)	11 (11.11)	3 (3.03)	99 (100.)
	b	7 (9.46)	17 (22.97)	34 (45.95)	6 (8.11)	8 (10.81)	2 (2.70)	74 (100.)
	c	6 (8.70)	15 (21.74)	28 (40.58)	10 (14.49)	8 (11.59)	2 (2.90)	69 (100.)
IV	a	3 (3.70)	9 (11.11)	36 (44.45)	20 (24.69)	11 (13.58)	2 (2.47)	81 (100.)
	b	5 (5.38)	12 (12.90)	42 (45.16)	20 (21.50)	11 (11.83)	3 (3.23)	93 (100.)
	c	5 (6.02)	20 (24.10)	42 (50.60)	10 (12.05)	6 (7.23)	0 (0)	83 (100.)

って6種のたまに分類し, それらの出現分布を示したものである。第6表(1), (2)について $\chi^2$ -法によって検定すると第7表のとおりとなる。

第7表に示すとおり, 「ふくろ」においてはすべての区分について項目のいずれかに5%以下の危険率で有意の差が認められ, 「うかし」においては区分IIの1項目について有意の差が認められる。すなわち, 卵抜きかごの収容密度の差のために仕立て期間の長さに相違をきたした場合には, 母貝の生理水準は同程度にまで調整されていても, 「きずだま」や「しみだま」の出現分布に影響が現われることを示している。

次に, 有意の差が認められた項目については, どの処理群間に有意の差があるかを検討し, また,  $\chi_s^2$  の数値が $\chi_0^2$ に近い数値を示す項目のなかには, 三つの群としての組み合わせにおいては, 有意の差が認められなくても, 処理群の組み合わせいかんによっては, 有意

第6表(2) きずだま, しみだまの出現分布, うかし

区分	項目 処理群	項目					有機質層	計
		無き 1点きず	2点きず	3点以上 きず	しみ・ 小きず	しみ・ 大ききず		
I	a	2個 (2.50%)	2 (2.50)	23 (28.75)	28 (35.00)	17 (21.25)	8 (10.00)	80 (100.)
	b	1 (1.52)	2 (3.03)	18 (27.27)	20 (30.30)	15 (22.73)	10 (15.15)	66 (100.)
	c	2 (2.30)	7 (8.05)	23 (26.44)	26 (29.88)	17 (19.54)	12 (13.79)	87 (100.)
II	a	1 (1.20)	4 (4.82)	19 (22.89)	24 (28.92)	25 (30.12)	10 (12.05)	83 (100.)
	b	3 (3.80)	7 (8.86)	19 (24.05)	22 (27.85)	13 (16.45)	15 (18.99)	79 (100.)
	c	3 (2.58)	13 (11.21)	34 (29.31)	33 (28.45)	19 (16.38)	14 (12.07)	116 (100.)
III	a	0 (0)	2 (2.86)	15 (21.43)	25 (35.71)	26 (37.14)	2 (2.86)	70 (100.)
	b	1 (1.89)	2 (3.77)	6 (11.32)	23 (43.40)	18 (33.96)	3 (5.66)	53 (100.)
	c	0 (0)	1 (2.38)	5 (11.90)	17 (40.48)	16 (38.10)	3 (7.14)	42 (100.)
IV	a	0 (0)	0 (0)	7 (15.22)	17 (36.96)	18 (39.13)	4 (8.69)	46 (100.)
	b	0 (0)	0 (0)	12 (21.05)	19 (33.34)	21 (36.84)	5 (8.77)	57 (100.)
	c	0 (0)	0 (0)	10 (20.00)	18 (36.00)	16 (32.00)	6 (12.00)	50 (100.)

の差が認められるものがあるかもしれないので、これらをこまかく分析するために、出現率のひらきの大きいとみられる処理群を二つずつ組合わせて検定すると、第8表のとおりとなる。

第8表によれば、有意の差が認められたのは、a, b または a, c の組合わせであって、a は b または c よりも無きず, 1点きず, 2点きずだまのいずれかが少ないか、もしくは、3点以上のきず, しみ・小きず, しみ・大ききずだまのいずれかが多くて、a は b, c よりも品質が劣っていることを示している。また、b, c の組合わせでは、いずれも有意の差が認められなくて、“きずだま”, “しみだま” などの出現分布には同じような傾向がみられる。

第7表 きずだま, しみだまの出現分布

挿核部位	区分	$\chi^2$						自 由 度	$\chi^2(\alpha=0.05)$
		無きず 1点きず	2点きず	3点以上 きず	しみ・ 小さきず	しみ・ 大ききず	有機 稜柱層		
ふくろ	I	7.245*	2.924	0.244	1.200	17.411*	0.107	(3-1)(2-1)=2	5.991
	II	5.467	3.817	7.124*	3.618	—	3.106		
	III	0.029	6.219*	1.324	3.021	0.023	—		
	IV	—	6.050*	0.738	4.500	1.892	—		
うかし	I	—	—	0.107	0.593	0.228	0.956		
	II	—	—	1.257	0.017	6.745*	2.226		
	III	—	—	2.998	0.775	0.209	—		
	IV	—	—	0.605	0.159	0.577	—		

註 \* 有意の差あり。  
出現個数が少数の項目については検定を行なわなかった。

第8表 きずだま, しみだまの出現分布

挿核部位	区 分	項 目	組合わせ	$\chi^2$	自 由 度	$\chi^2(\alpha=0.05)$
ふくろ	I	無きず, 1点きず	a, b	5.594*	(2-1)(2-1)=1	3.841
			a, c	6.764*		
	しみ・大ききず	a, b	9.522*			
		a, c	12.071*			
	II	無きず, 1点きず	a, b	3.179		
			a, c	5.250*		
	III	3点以上きず	a, b	4.789*		
			a, c	5.898*		
IV	2点きず	a, b	5.427*			
		a, c	4.305*			
	しみ・小さきず	a, c	4.706*			
		b, c	3.678			
うかし	II	しみ・大ききず	a, b	4.162*		
			a, c	5.223*		

\* 有意の差あり。

## 考 察

試験結果によれば、同じ時期であっても、卵抜きかごの収容密度の差のために、貝の生理状態の変化していく経過が異なり、その結果として、同程度の生理水準に達するまでの期間にはかなりの長短が認められ、収容密度が大きくなるにつれて短期間となっている。これは、収容量が異なるために、貝の生活機能に影響を与えたもので、収容量が生理状態を抑制するための一要因として作用していることを示しているが、反面、貝の生理状態の程度によっても収容量を考慮すべきであることを意味するものである。この点からいえば、現行法のように、経験的とはいえ、季節や環境条件および貝の活力などを勘案して収容量を決定し、仕立て期間を通じて一定のこともあれば、期間中の貝殻の外観、生殖腺の色彩および状態などの観察結果に応じて、収容量を適宜増減する操作を加えているのは一応は当を得ているというべきであろう。しかしながら、仕立て作業の進み具合は、核入れ手術の能率に大きく影響するという現実的な問題があるので、一般的に、収容量に対する関係業者の考え方は、仕立作業そのものの能率増進を目途としているように見うけられることが多いようである。ここにおいて、真珠養殖業の特徴は量より質の産業であるという点に注目するならば、作業の能率向上とともに真珠の品質面からの検討が必要であることは論をまたない。

まず、真珠の色と巻きについてみれば、いずれの作業区分においても、収容密度の差のために仕立ての期間（同程度の生理水準に仕立てるまでの期間）に相違をきたしても、真珠の色の出現分布や巻きに有意の差が認められない。著者<sup>2)</sup>は、挿核時における母貝の健康状態は真珠の品質に影響をおよぼすことを明らかにしたが、本試験のように区分ごとにみれば、同時期に仕立て作業を行ない、その期間に多少の長短はあっても、同程度の生理状態のもとに手術をしたものであれば、とくに真珠の色に影響をおよぼすような要因が介在するとは考えられないので、色の出現分布が同じような傾向を示すのは当然のことであろう。また、巻きについても、手術期日のへだたりは、最もはやく実施したもの（a群）と期日の一番おくれたもの（c群）との間でさえ、せいぜい十余日にすぎないので、養成期間の長さや生理水準が同程度であることなどを考え合わせれば、巻きに差異が現われる程の影響はなかったとみるのが妥当のようである。

次に、“きずだま”、“しみだま”などの出現分布についてみると、「ふくろ」については4回の作業区分のいずれにおいても、1項目または2項目について有意の差が認められ、「うかし」においては区分Ⅱの1項目に有意の差が認められた。これは、手術時における貝の生理状態が同一水準にあるものでも、収容密度の差のためにその水準に達するのが早いあるいはおそいか、つまり、調整の速度によっては“きずだま”、“しみだま”の出現分布に影響が現われることもあり得るということの意味するものと考えられる。さらに、各処理群の“きずだま”、“しみだま”の出現率の数値を概観すると、強い抑制を加えて比較的短期間で仕立てを完了したa群は、抑制が弱いために仕立てに長期間を要したc群および両者の中間に位置するb群よりも、無きず、1点きず、2点きずだまなどの良質だまとみなされるものの出現率は低く、反面、3点以上、しみ・小きず、しみ・大ききずなどの不良だまとみなされるものの出現率が高い傾向がみられる。そこで、処理群間におけるそれ

らの出現率の差について  $\chi^2$ - 検定を行ない、その結果をみると、b 群と a 群との間に有意の差が認められるときには（前者は後者よりも、良質だまの出現率が高いかあるいは不良だまの出現率が低い）、その区分では、c 群と a 群との間にも有意の差が認められ、c 群のたまは a 群のたまよりも品質がすぐれている。また、b 群と a 群との間に有意の差が認められない区分においても、c 群の方が a 群よりも品質のすぐれているものがある。しかしながら、b 群と c 群との間には、すべての作業区分において有意の差が認められないところから推察すれば、弱い抑制によって仕立に長期間を要したもののほど良質真珠の生産を期待できるとは一概にはいい難く、おのずから抑制の限度が存在するように考えられる。

植本<sup>3)</sup>は、仕立て作業の効果を、母貝に対して生理的抑制を加えることによって、挿核手術による貝の生体反応を阻止することにあるとしている。しかしながら、本試験においては、同程度の生理水準にまで調整されていても、抑制の強度の差によって真珠の品質に差異が認められた。このことは、a 群のように強い抑制を加えて比較的短期間で仕立てを完了した場合には、挿核時においては他の群と同程度の生理水準とみなされても、仕立ての過程において生理機能の均衡をくずし、生理状態の調整が適当でなかったがために、生体反応を阻止する作用が他の群にくらべて劣っていたことに基因するのではなからうかと考える。

仕立て作業の実態からいえば、衰弱に至らしめない範囲内であれば、収容密度の大きい程強い抑制が加わって、仕立て日数の短縮をはかることができ、手術作業の能率向上の面からは有利ではあるが、反面、真珠の品質については懸念すべきところも見うけられるようであり、一方、収容密度の小さい場合には良質真珠の生産を比較的に高く期待できるとはいえ、より多量の器材と長期間にわたる繁雑な手間の積み重ね、さらには手術作業の能率低下につながるなど、前、後者ともに一長、一短が認められるようである。したがって、仕立て作業を能率的に進め、しかも良質真珠の生産をより向上し得るような収容密度を、季節、環境条件、貝の生理状態などとの関連において追求していくこともまた重要な課題となるであろう。

## 要 約

1) 卵抜きかごの収容密度と仕立て期間および生理状態を調整する速度と真珠品質との関連などを検討するため、4回にわたって養殖試験を実施した。

2) 収容密度の大きくなるにつれて杆晶体重量の減量の速度は早く、同程度の生理水準まで低下させるための日数は、収容密度の大きい処理群にあっては相対的に短かく、密度が小さくなるにつれて長くなる。

3) 収容密度の差のために仕立ての日数（同程度の生理水準に低下するまでの）の異なるものを、それぞれ母貝として使用した場合には、真珠の色および巻きの状態は同じような傾向を示している。

4) 強い抑制を加えて比較的短期間で仕立てを完了した群の真珠は、抑制が弱いために仕立てに長期間を要した群および両者の間に位置する群の真珠に比較して、良質だまの出現率が低いかまたは不良だまの出現率が高い。しかしながら、弱い抑制によって仕立てに長期間を要したもののほど良質真珠の生産を期待できるとは一概にはいい難い。

## 文 献

- 1) 蓮尾真澄 1966. 母貝仕立における生理状態の変化と生殖腺の状態。国立真珠研報 11: 1334—1347.
- 2) 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.
- 3) 植本東彦 1961. アコヤガイのそう核手術に関する生理学的研究 I—III. 国立真珠研報 6: 619—635.

# アコヤガイに寄生する吸虫に関する研究

## VI. メタセルカリアの最終宿主への人工感染実験<sup>\*,\*\*</sup>

阪 口 清 次

国立真珠研究所

著者はさきに、アコヤガイに寄生するセルカリアの最終宿主を究明する目的で、真珠養殖付近の水域に棲息する魚類について *Bucephalus* 属吸虫の検出を試み、*Caranx* 属の2種に目的の吸虫を発見し、その形態的特徴などから、これらの魚種が本吸虫の最終宿主であらうと推定した<sup>1)</sup>。

本報では、メタセルカリアを人工感染させた小魚を最終宿主と推定した *Caranx* 属魚種に投与して感染実験を行なった結果、これに成功して目的の成虫を得るに至ったので、虫体の発育経過とともにここに報告する。

稿を草するにあたり、終始、御鞭撻下さった真珠研究所太田繁所長ならびに御指導を賜わった東京大学大島泰雄教授、江草周三助教授、東京水産大学保科利一教授に深謝する。また、実験動物の提供をいただいた和歌山県水産試験場に感謝の意を表す。

### 1. カイワリ *Caranx equula* を宿主とした人工感染実験

#### 1-1. 供試材料

材料は1965年5月下旬に和歌山県田辺湾元島周辺の船曳網で採集し、摂餌するまでに馴化された当才魚5尾で、和歌山県水産試験場から譲与されたものである。

#### 1-2. 方法および結果

感染実験は6月10日から同水試目良種苗センターのコンクリート池で実施した。

人工感染によるメタセルカリアは、時期的ならびに実験場所の都合で得ることができなかったため、田辺湾で採集したキビナゴを顕微鏡下で観察して本吸虫のメタセルカリアを検出、計数した後に未感染のキビナゴの腹腔内にメタセルカリアを挿入してカイワリに捕食させた。このばあい、キビナゴにおけるメタセルカリアの自然感染率は76% (n=67) であったが、観察の結果、約3割は斃死しており、生存しているメタセルカリアも活力がき

\* Seiji Sakaguchi. Studies on a trematode parasite of the pearl oyster, *Pinctada martensii* - VI. Artificial infection with the encysted metacercaria to the final host. With English summary, P. 1452. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 12:1445-1454. 1967.

\*\*国立真珠研究所業績 No. 162. (国立真珠研究所報告12:1445-1454. 昭和42年11月)

わめて微弱であった。また、実験開始に際して、カイワリ2尾(体長,12.0および11.5cm)を解剖して本吸虫の自然感染状態をみたが、それは全く認められなかった。

メタセルカリアの投与数と実験結果は取り纏めて第1表に示した。

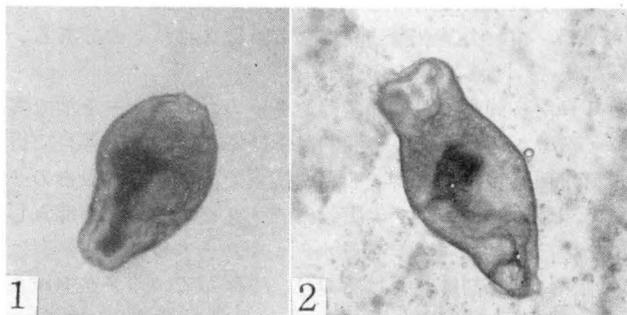
その結果、宿主に捕食されたメタセルカリアは、3時間後には胃中で被囊から脱し、2日目までは排泄嚢内に排泄物が認められる幼体として胃中から、4日目になると排泄物は殆んどみられず、やや成長した幼体として宿主の腸内から発見され、それぞれ区分することができた。

### 1-3. 考 察

一般にメタセルカリア期には排泄嚢内に排泄物を蓄積しており、最終宿主内に寄生するときにはそれらは体外に放出されるものであるが、この点および本吸虫の最終宿主とならない魚種で実験した結果では、2日目以降にはそれらの幼体を全く認め得なくなる。しかし、カイワリにおける本実験では4日目の幼体を得られたことから、カイワリも本吸虫の最終宿主となる可能性がある。那覇で採集されたカイワリから *Bucephalus varicus* を発見

第1表 実験方法ならびに結果の概要

事項 魚体番号	試験魚の大きさ		メタセルカリアの投与日ならびに投与尾数	解剖月日ならびに結果の概要
	体長	体重		
1	10.5 <sup>cm</sup>	29.0 <sup>g</sup>	1965年6月10日 9尾	6月12日(投与後2日目) 排泄嚢に排泄物の認められる未成熟虫体4個が胃から得られた
2	10.5	35.5	6月10日 14尾	6月14日(投与後4日目) 虫体は認められなかった
3	8.5	21.5	6月10日 5尾 6月14日 解剖3時間前に7尾	6月14日(投与後4日目および3時間後)排泄物の認められる虫体6個が胃から、認められない虫体2個が腸から得られた



第1図 人工感染によってカイワリから得た虫体  
1. 投与後2日目、排泄嚢内に排泄物が認められる虫体  
2. 投与後4日目、排泄嚢内に排泄物が殆んど認められない虫体

している山口<sup>2)</sup>の報告もこの点を裏書きしている。

## 2. ナガエバ *Caranx sexfasciatus* を宿主とした人工感染実験

水槽内で罹病員から泳出させたセルカリアを、第2中間宿主として飼育の容易なアミメハギ *Rudarius ercodes* を用いて感染させ、循環濾過式コンクリート池で1か月間飼育して成熟メタセルカリアとして発育させた。他方、宿主とするナガエバは捕獲後、虫体の侵入のないようにイソゴカイあるいはメタセルカリアの感染が全くないことを確認したカタクチイワシを与えて飼育し、これらの餌料に馴化させてから実験に使用した。メタセルカリアの投与には、アミメハギの胸鰭を基部の筋肉とともに魚体から切り離し、被嚢体を計数し、そのままイソゴカイあるいはカタクチイワシの腹腔内に挿入してナガエバに捕食させた。

### 2-1. 第1回人工感染実験

#### 2-1-1. 供試材料および方法

宿主としたナガエバは英虞湾内浜島町大崎地先で1965年10月12日に捕獲したもので、解剖時の大きさは体長 18.2cm, 体重 150g であった。

感染実験は 1×2×0.6m, 恒温 (20°C) 循環濾過式プラスチック製水槽で行なった。

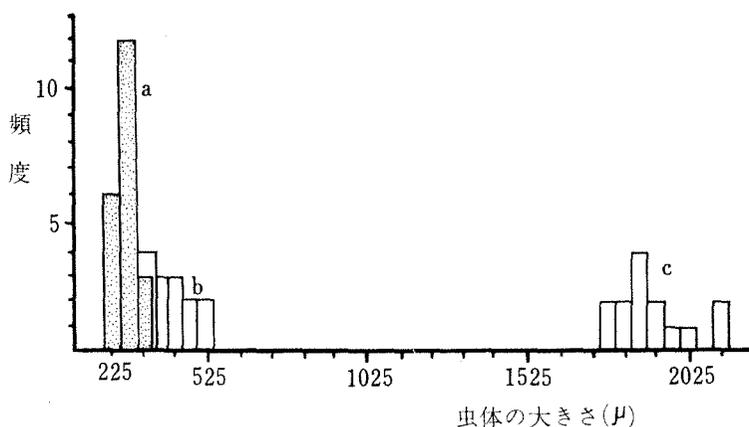
上記のナガエバに1965年11月5日にメタセルカリア21尾を、また、9日に15尾を投与して、11日に解剖した。すなわち、投与日は解剖日から数えて、それぞれ6日および2日前に当る。解剖の際には胃、腸および幽門垂を分割し、それぞれの部位ごとに虫体を取り出し、ただちに30%アルコールで麻酔し、さらにアルコール・酢酸液で固定した後に大きさの測定と虫体の計数を行なった。

#### 2-1-2. 結果および考察

実験魚から得た虫体について、寄生部位別に寄生虫数とその大きさを示すと附表 1-1 のとおりであり、胃からは 230~275 $\mu$  の12個体、腸からは 250~530 $\mu$  の23個体、幽門垂からは 1750~2100 $\mu$  の14個体が得られた。ここで前項のカイワリでの寄生初期の虫体の形態的所見から、その排泄嚢内における排泄物の蓄積の有無を考慮して、それらを区分すると第2表のように次の3群、すなわち、胃および腸から得られ、また排泄嚢内に排泄物が認められる大きさ 230~300 $\mu$  の21個体、そのすべてが腸内異物につつまれて腸壁に吸着寄生し、排泄嚢内に排泄物がみられない 305~530 $\mu$  の14個体、さらに幽門垂から得られ

第2表 実験魚から得た虫体の大きさと寄生部位の関係

事 項	寄生 部位 区分	虫 体 の 大 き さ ( $\mu$ )		
		胃 お よ び 腸 部		幽 門 垂 c 群
		a 群	b 群	
範 囲		230~300	305~530	1750~2100
平 均		263.6	395.0	1885.0
標 準 偏 差		20.8	76.4	203.3
個 体 数		21	14	14



第2図 実験魚から得た虫体の大きさ別の頻度分布図

た成熟した大形（1750～2100 $\mu$ ）の14個体に分けられ、第2図に示すような頻度分布図が得られる。

これらのうち、幽門垂に寄生している大形群は形態的に完全に成熟しており、この群と小形未成熟群との間には大きさにかなりの隔りがある。また、この実験では約1か月間に亘って、ナガエバへの虫体の自然感染の経路が途絶えているので、この大形群（c群）は人工感染によるものではなく、ナガエバの捕獲以前に自然感染して1か月以上を経過したものと推察される。

このように考えると、他のより小形の2群は時期的に考えても、投与したメタセルカリアから由来したものであり、最小群（a群）は感染後2日、第2群（b群）は6日を経過した個体群ということになる。

## 2-2. 第2回人工感染実験

### 2-2-1. 供試材料および方法

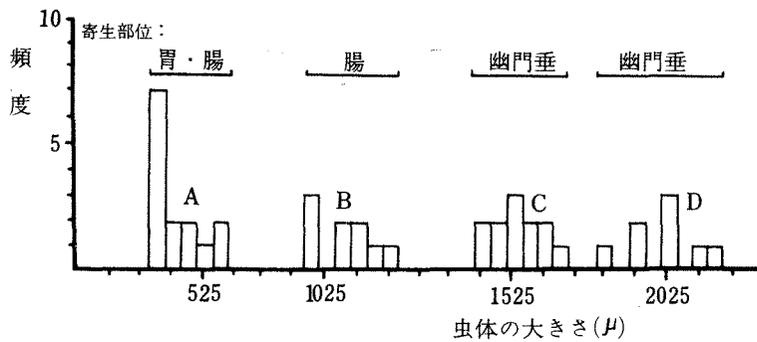
供試のナガエバは1965年8月25日に前回の魚と同地点で捕獲したもので（解剖時の大きさ、体長15.8cm、体重110g）、捕獲後2×6×1mの循環ろ過コンクリート池で飼育したが、この池には人工感染させた第2中間宿主を混養してあったために虫体の侵入の可能性が考えられたので、9月下旬に前記のプラスチック製の感染実験水槽へ移した。

この回のメタセルカリアの投与は11月5日に18尾、12日に15尾、19日に18尾、すなわち1週間間隔で3回行ない、11月26日に解剖した。このばあい、メタセルカリアの投与から解剖日までの日数は前回よりも長く、それぞれ21日、14日および7日となる。なお、虫体の大きさの測定は前回と同様な固定標本によった。

### 2-2-2. 結果および考察

上記の方法で実験魚から得た虫体の大きさとその寄生部位の関係は附表1-2に示すとおりである。これから大きさ別の頻度分布図を書くると第3図となり、第3表に示されるような4群に分けられる。

今回の実験においても、9月下旬に感染実験水槽に移してからの1か月間以上はナガエ



第3図 実験魚から得た虫体の大きさ別の頻度分布図

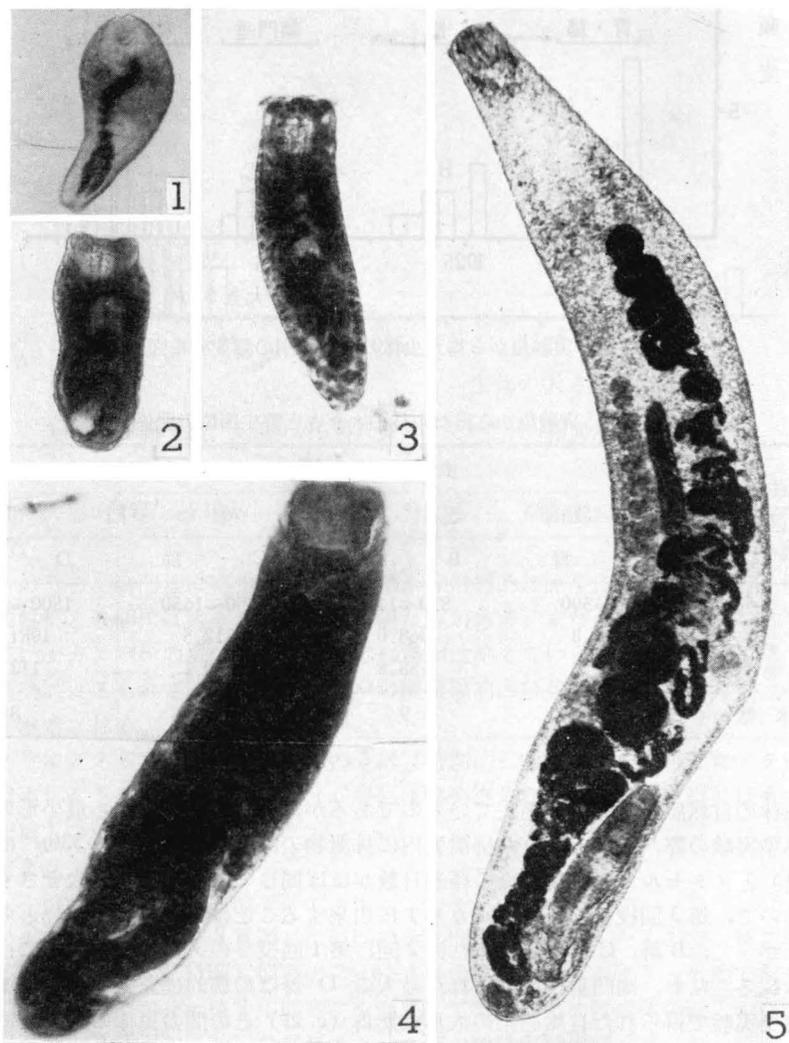
第3表 実験魚から得た虫体の大きさと寄生部位の関係

寄生部位 区分	虫体の大きさ (μ)			
	胃および腸部	腸部	幽門垂	
	A群	B群	C群	D群
範囲	370~590	850~1100	1400~1650	1800~2150
平均	440.8	968.0	1512.5	1981.3
標準偏差	72.9	88.8	80.1	113.1
個体数	14	9	12	8

バへの虫体の自然感染経路が途絶えているのであるが、これら4群のうち最小形のA群は第1回感染実験の際、腸にみられた排泄嚢内に排泄物のみられない305~530μの未成熟群(b群)とメタセルカリア投与後の経過日数がほぼ同じであり、虫体の大きさもほぼ同等であるので、第3回投与のメタセルカリアに由来することはほぼ間違いないと考えられる。したがって、B群、C群はそれぞれ第2回、第1回投与のメタセルカリアに由来すると思われる。なお、幽門垂から得られた最大のD群は形態的に完全に成熟しており、第1回感染実験で得られた自然感染の大形成熟群(c群)との間の虫体の大きさについて、その平均値の差を検定すると  $F_0 = 4716.3/3135.8 = 1.50 < F_{20}^1(0.05) = 4.35$  となり、有意の差が認められない。すなわち、今回の実験で幽門垂から得られた大形成熟群(D群)も感染実験水槽に移す以前の感染によるものと考えるのが至当であらう。なお、B群には子宮内に成熟卵が形成されていた。

### 3. 人工感染実験によって得た虫体の形態

人工感染によって得た各発育段階の虫体は第4図に示したが、いずれも口は常に体の中央部より後方にあり、単一袋状の腸管を備え、やや迂曲したI型の長い排泄嚢を有し、生体標本をカバーガラスで圧すると吸着器官に備える7個の触手を伸出する。腹面正中線に



第4図 人工感染実験によって得た各発育段階の虫体

- 1: 投与後2日目, 排泄囊内に排泄物が認められる(第1回感染実験)
- 2: 投与後6日目, 排泄囊内に排泄物が認められなくなる(第1回感染実験)
- 3: 投与後1週間目(以下, 第2回感染実験)
- 4: 投与後2週間目
- 5: 投与後3週間目

対して左側後方に縦列して卵巣ならびに2個の精巣を備え、右側後方には長い陰莖嚢を有している。これからの形態的特徴から、実験魚から得られた本吸虫は *Bucephalus varicus*<sup>3)</sup> と同定される。

したがって、アコヤガイに寄生するセルカリア *B. margaritae*<sup>4)</sup> は *B. varicus* の幼体であり、また、ナガエバおよびカイワリは本吸虫の最終宿主であることが証明された。なお、前報<sup>1)</sup>において、*B. varicus* をマルエバ *C. ignobilis* から発見していることより、このマルエバも最終宿主の一種として挙げられる。

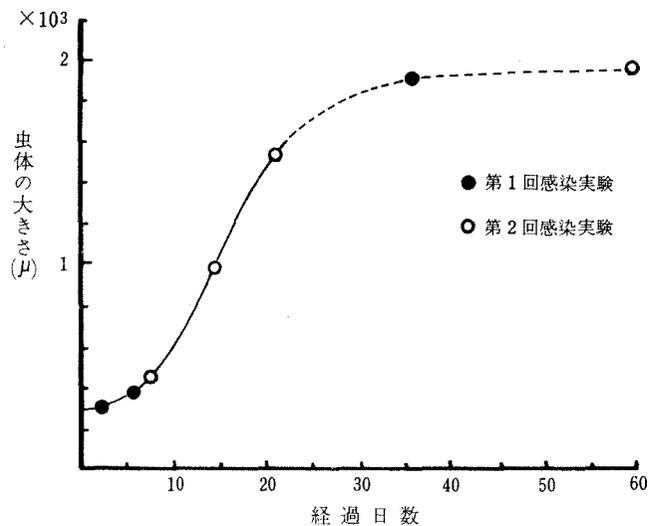
#### 4. 人工感染実験によって得た虫体の発育速度

水温 20°C の恒温水槽で行なった感染実験で得られた第2表および第3表から、宿主に投与されたメタセルカリアの経過日数と虫体の大きさとの関係を図示すると第5図のような成長曲線が得られる。

ここで、カイワリおよびナガエバでの感染実験の結果から、初期における幼体の宿主内での移動経路を辿ると次のようにまとめられる。宿主に捕食されたメタセルカリアはまず胃中で被嚢から脱し、腸内へくぐり、しばらくはそこで腸内異物につつまて腸壁に吸着寄生しているが、感染後2週間ないし3週間でふたたび腸内を上行して幽門垂へ移行し、ここを最終の寄生場所として発育する。

虫体の発育については、第2回感染実験のB群 ( $968 \pm 89\mu$ ) には子宮内に成熟卵が形成されていること、また、ナガエバでの自然感染の虫体では体長  $800\mu$  前後で卵が形成され始めていたこと<sup>1)</sup> などから、最終宿主に捕食されたメタセルカリアは2週間経過して虫卵をもつまでに発育すると考えられる。

また、第1回感染実験の成体群 ( $1885 \pm 203\mu$ ) は1か月以上、第2回感染実験の成体群 ( $1981 \pm 113\mu$ ) は2か月以上経過しているとみられるが、両成体群の大きさの平均値には



第5図 人工感染によって得た虫体の成長曲線

差が認められないことから、 $1925 \pm 117 \mu$  (両成体群22個体の大きさの平均値) が本吸虫の成熟虫体としての平均体長であると考えられる。なお、これらの魚の腸内には腸内異物につつまれて成虫から産出されたと考えられる成熟虫卵がみられた。

## 要 約

メタセルカリアを人工感染させた小魚を最終宿主と推定された *Caranx* 属魚種に投与して感染実験を行なった。

1. その結果、これに成功して、ナガエバおよびカイワリから目的の成虫を得ることができた。
2. メタセルカリアは宿主の胃の中で被嚢から脱し、腸内へ移行する。7日後には殆どどの虫体が腸内において見出される。しばらくの間、幼体は腸の中にとどまるが、最終的には、幽門垂へ移行する。感染後2～3週間で虫体の子宮内には成熟卵があらわれる。約1か月を経過して、成熟虫体にまで発育し、平均体長  $1925 \pm 117 \mu$  に達する。
3. 感染魚から得られた虫体は *Bucephalus varicus* MANTER と同定された。
4. 以上の実験結果から、アコヤガイに寄生するセルカリアは *B. varicus* の幼体であり、また、本吸虫の最終宿主は *Caranx* 属の魚種、ナガエバ、カイワリ、マルエバ<sup>1)</sup> などであることが証明された。

## Summary

The carangid fishes, *Caranx sexfasciatus* and *C. equula*, expected as the final host of the trematoda were fed with the encysted metacercariae which grown up in the body of the small fish, *Rudarius ercodes*, by artificial infection of the cercariae parasitic in the pearl oyster. The results obtained are as follows.

- 1) The adult flukes developed from the metacercaria were obtained from the experimented fishes.
- 2) The metacercariae emerge from their cysts in the stomach of the fish, then they migrate to the intestine and in 7 days after, most of them are found in the intestine. The juvenile flukes live in the intestine during some periods, after that, they migrate into the pyloric caecum and within 2—3 weeks after the infection, matured eggs begin to appear in uterus. Passing about one month after infection, the flukes become adult form and reach  $1925 \pm 117 \mu$  in average length.
- 3) The fluke obtained from the artificial infection was identified with *Bucephalus varicus* MANTER<sup>3)</sup>.
- 4) Judging from the above-mentioned results, it is clear that the cercaria parasitic in the pearl oyster, which has been described as *Bucephalus margaritae* OZAKI et ISHIBASHI<sup>4)</sup>, is young form of *B. varicus* and the carangid fishes, *Caranx sexfasciatus*, *C. equula* and *C. ignobilis*<sup>4)</sup>, are the final host of this cercaria.

## 参 考 文 献

- 1) 阪口清次 1966. アコヤガイに寄生する二世吸虫に関する研究一IV. 2種の *Caranx* から見出された *Buccphalus* 属の吸虫について. 日水誌. 32(4):316-321.
- 2) Yamaguti, S. 1942. Studies on the Helminth Fauna of Japan Part 39. Trematodes of Fishes mainly from Naha. Trans. Biogeogr. Soci. Japan 3:330-331.
- 3) Manter, H. W. 1940. Digenetic trematodes of fishes from Galapagos Island. Allan. Hancock Pacif. Exped. 2(14):335-337.
- 4) Ozaki, Y. and Ishibashi, C. 1934. Notes on the Cercaria of the Pearl oyster. Proc. Imp. Acad. Sci. 10(7):439-441.

附表 試験魚（ナガエバ）から得た虫体の大きさと寄生部位との関係

## 1-1. 第1回人工感染実験

単位： $\mu$ 

胃	腸		幽	門	垂
230*	250*	320**	(1750)	(2100)	
240*	250*	350**	(1780)	(2100)	
245*	255*	360**	(1800)		
245*	280*	380**	(1800)		
245*	280*	400**	(1850)		
245*	280*	420**	(1850)		
250*	300*	430**	(1850)		
260*	300*	450**	(1850)		
265*	300*	470**	(1900)		
270*	305**	500**	(1900)		
270*	305**	530**	(1960)		
275*	310**		(2000)		

\* 虫体の排泄嚢内に排泄物の蓄積が認められるもの

\*\* 虫体の排泄嚢内に排泄物が認められないもの

( ) 成熟している虫体

## 1-2. 第2回人工感染実験

単位： $\mu$ 

胃	腸		幽	門	垂
370	375	850	1400	1800	
	380	850	1400	1900	
	380	870	1450	1900	
	385	950	1450	2000	
	385	980	1500	2000	
	390	1000	1500	2000	
	420	1000	1500	2100	
	430	1080	1550	2150	
	480	1100	1550		
	480		1600		
	500		1600		
	550		1650		
	590				

# 真珠養殖漁場における水中障害物の 爆破除去に関する研究（第1報）<sup>\*,\*\*</sup>

国立真珠研究所・京都大学工学部資源工学教室

真珠養殖漁場は過密養殖による漁場の密殖化と老化に起因する生産性の低下が目立ち、特に英虞湾奥部の枝湾においては、漁場老化の結果、顕著な生産性の低下が現われると共に毎年異常な大量斃死を発生する危険性がある。このために、漁場老化の発生機構やその改良方法についていろいろ研究されているが、漁場老化の発生する原因として考えられるものは、湾奥枝湾内の過密養殖による漁場内の物質循環の異常と枝湾の地形的条件であろう。漁場内の物質循環の異常は、密殖化された真珠養殖筏からアコヤガイの排泄物や附着生物の残骸が海底に多量に落下し、このために起こる底泥の悪化現象であり、それが底層附近やその上層部の環境水の悪化の主原因となることが認められている。また、漁場の地形的条件によっては、このような環境の悪化をさらに助長する場合がある。すなわち、枝湾の湾口部や湾内に暗礁のような水中障害物が存在する時は、そのために湾内の海水交流は阻止され、底層水の停滞を引き起こす原因となっている。現在英虞湾の奥部では、老化漁場の改良方法として実施されているものに、底泥の耕耘や浚渫あるいは酸化鉄を多量に含んだ赤土を客土する方法などがあるが、これらの手段だけでは漁場老化の改良をはかるには充分でなく、底層水の停滞をなくする方策が同時に行なわれれば効果はさらに向上するものと考えられる。

漁場内の水中障害物除去の研究はこのような考えかたによって行なわれたもので、爆破実施地点として三重県志摩郡大王町船越の風ヶ崎浦が選ばれた。ここには、約100年以前に、養魚の目的で浦を横断する堰堤が築かれたが、現在では水没しており、このために堰堤内部の漁場は底層水の交流が極めて悪く、毎年夏季には底層附近の海水は貧酸素状態あるいは無酸素状態になりがちである。これが原因となって、この浦は真珠の生産性の低下と異常斃死がたびたび起こっているところである。

堰堤爆破は1967年1月25～27日と3月2～6日の2回にわけて行なわれた。爆破作業後の同浦内の環境はかなり好転しているが、これらの詳細については底泥および環境水の諸成分の季節的消長について引き続き追究中である。本報では爆破の方法と衝撃圧の測定および将来この種の事業に併起しがちな水産生物の被害についての研究結果をとりまとめた。

---

\* National Pearl Research Laboratory and Department of Mineral Science and Technology, Faculty of Engineering, Kyoto University. Studies on the under water blasting of reef in the pearl culture ground—I. Bull. Natl. Pearl Res. Lab. 12:1455—1487. 1967.

\*\*国立真珠研究業績 No. 163. (国立真珠研究所報告12:1455—1487.昭和42年11月)

報告する。

今回の堰堤爆破除去は三重県水産課の水産振興対策事業費補助金（水中岩礁爆破事業）によるもので、爆破実施は京都大学工学部資源工学教室と国立真珠研究所との共同で行なわれたものであり、このうち水産生物被害試験には三重県浜島水産試験場の協力をいただいた。人員配置は次のとおりである。

1. 指揮： 若園吉一（京都大学）・澤田保夫（国立真珠研究所）
2. 爆破関係  
爆破・装薬： 重松健二（京都大学）・中野雅司（京都大学）  
点火： 指揮 若園吉一・点火者 中野雅司・無線 重松健二
3. 観測・測定関係  
水中衝撃圧測定： 小川輝繁（京都大学）・村主周次（京都大学）  
水産生物被害試験： 澤田保夫・水本三朗・阪口清次（国立真珠研究所）・関政夫  
（三重県浜島水産試験場）  
流速測定および改良効果検討： 澤田保夫・谷口宮三郎（国立真珠研究所）
4. 記録： 澤田保夫・水本三朗・町井昭（国立真珠研究所）・中森勇喜
5. 警備： 指揮 重松健二・警備船 はまゆう（三重県浜島水産試験場）

# I 水中爆破に関する研究—水中 爆破の一実施例

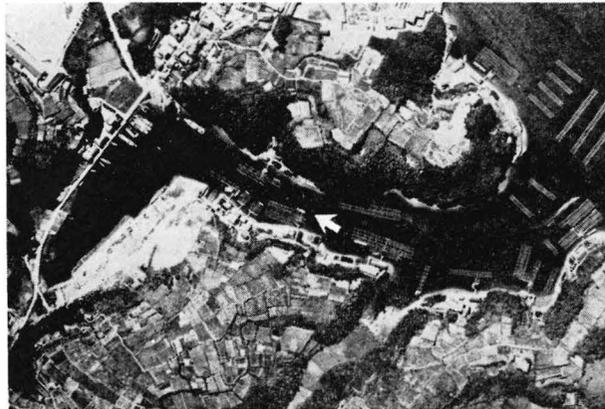
若園吉一・中野雅司  
京都大学工学部資源工学教室

Studies on the under water blasting—on the  
clearing of underwater obstruction

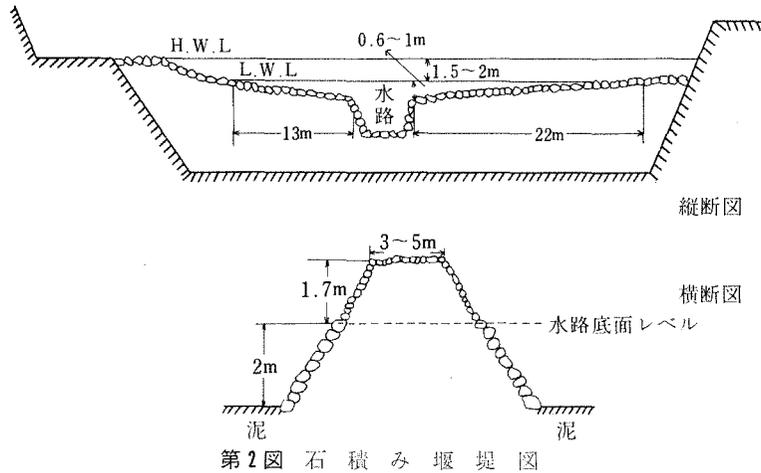
Yoshikazu Wakazono and Masashi Nakano  
Department of Mineral Science and Technology,  
Faculty of Engineering, Kyoto University.

## 緒 言

真珠養殖漁場の老化を改良する方法の一つとして、漁場内に存在する暗礁などの水中障害物の除去が考えられるが、この考えに基づいて実施されたのが三重県志摩郡大王町船越の風ヶ崎浦にある水中堰堤の爆破除去である。現場は第1図の矢印で示したような位置で、



第1図 風ヶ崎浦  
(矢印のところに水中堰堤がある。三重県水産真珠課提供)



第2図 石積み堰堤図

ここに第2図に示したような石積みの堰堤（石積みの岩質は砂岩）がある。この堰堤は約100年前に、湾内を閉塞して養魚を行なう目的で、両岸の山から採取した石で築かれたものであるが、現在ではこの石積み堰堤は水没している。このために堰堤より湾奥の海水交流は非常に悪く、夏季には環境水の貧酸素状態が形成されたり硫化水素が発生して、この海域の真珠養殖は毎年のように多大の被害を受けている。この弊害を除去する目的で、水中堰堤の爆破が実施された。著者らはこの爆破除去の実施に爆薬を多量に用いて、火薬力を利用し堰堤の石積を飛散させて除去することを目的とした爆破法を採用し、1967年（昭和42年）1月25～27日の予備爆破と、3月2～6日の本爆破でほぼ目的を達することができたので、その結果を報告する。

## 爆 破

### 1. 爆 破 法

水中の岩礁爆破の方法としては、

- i) 潜水さく岩後装薬して爆破する方法
- ii) 水深の浅い場合、現場に組まれた足場からさく岩し装薬爆破する方法
- iii) 火薬力を利用する張付けによる爆破の方法

の3方法が一般に考えられる。i)の方法は、爆破効果はよいが、潜水さく岩夫および潜水用の船その他の装備などが必要であり、しかも作業能率が悪いという欠点がある。また、ii)の方法は、両岸まで足場を組むのに時間を要し、さく岩機などの機械類が必要でこの方法も経費のかさむものである。iii)の方法は水深の深い所（水深8m以上）で行なわれる方法であるが、爆薬を爆破目的物の上に置いて爆破するだけで、爆破効果はi)、ii)よりも悪くその上爆薬消費量も多くなるが、簡便に作業が行なえるのと時間の消費も少ないことから、漁業補償を考慮しない場合は、経費が少なくてすむ利点がある。

今回の爆破は、現場がぐり石の石積みであり水深が浅いため装薬が簡単でまた漁業補償が不要であることなどの理由から、水深が浅いので張付け爆破には不適當であり、爆薬消

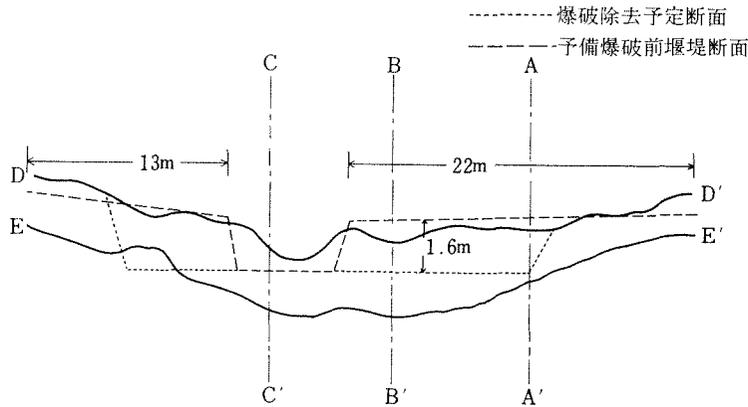
費量が多くなる欠点はあるが、他の方法に比較して経費はるかに低減できるので iii) による爆破方法を採用した。

2. 予備爆破

予備爆破は1967年1月25~27日に実施した。爆破実施にあたっては、あらかじめ両岸から亜鉛びき鉄線（6番）を張り、爆破母線をこれに沿わせて結線部分が海水につからぬよう注意し、さらに雷管は脚線長10mの日本化薬製の耐水用電気雷管を用いた。なお爆薬は日本油脂製3号桐ダイナマイトを使用した。

爆破は薬量それぞれ1kg・3kg・5kg・7kgのものについて実施した。さらに段発（DS）爆破\*<sup>1)</sup>による効果をしらべるために、3kgの薬包を2m間隔で張付けてDS爆破を行なった。なおこの方法は坂本ら<sup>2),3)</sup>によれば殉爆するといわれている。爆薬はビニール袋に1本100gの薬包を束にして上述の薬包を作り、雷管は必ず2本使用して雷管不発という万一の事態の予防を行なった。この薬包に針金をつけ、雷管の脚線に直接力がかかるのを防止するようにし、爆薬の装着は舟から箱眼鏡を用いて位置を確認しながら堰堤上に張付けた。

予備爆破後の測量結果は第3・4図に示したように、張付けによる爆破効果が顕著に現われている。第1表はこれらの結果を示したものであるが、参考資料としてこの予備爆破以前の1966年10月25日に著者らが旭化成株式会社延岡工場の池で行なった水中爆破（この

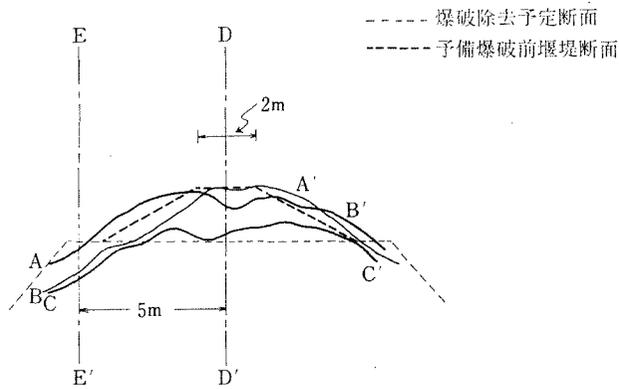


第3図 予備爆破終了後測量結果（縦断面）

第1表 風ヶ崎予備爆破における汙斗口

薬量 L(kg)	水深 (m)	汙斗口深 (m)	汙斗口径 (m)	汙斗口 体積 W(m <sup>3</sup> )	L/W (kg/m <sup>3</sup> )	備考
1	0.8	0.5	2.2	0.633	1.579	
3	1.0	1.0	3.0	2.533	1.184	
5	1.2	0.8	6.0	7.536	0.663	
7	3.0	—	—	—	—	水路斜面上に爆薬を置いたので判別困難

\* 段発（DS）爆破：雷管の段間隔0.1~0.5秒で順次爆破する方法



第4図 予備爆破終了後測量結果(横断面)

第2表 予備試験における沓斗口(旭化成延岡工場)

薬量 L (kg)	水深 (m)	沓斗口深 (m)	沓斗口径 (m)	沓斗口体積 W (m <sup>3</sup> )	L/W (kg/m <sup>3</sup> )
1	1.97	0.75	2.00	0.785	1.273
2	3.36	0.74	4.00	3.198	0.6253
2	2.55	0.85	4.00	3.517	0.5686

池の底部は砂利層である。)の結果を第2表に示した。このようにL/W(この値を一般に爆破係数Cと呼び、値の小さい程爆破効果がよいといわれている、<sup>4)</sup>)にはかなりの差が認められるが、これは堰堤がぐり石の石積みであり、大量の泥が集積していることなどが著しい原因であると考えられる。

以上の予備爆破の結果から、張付けによる爆破方法は装着が簡単であり、爆破効果も予想したよりも良好であることが認められた。

### 3. 本 爆 破

本爆破は3月2~6日に実施された。予備爆破の結果から張付けによる爆破方法が非常に簡単で有効な方法であることが確認されたので、本爆破も張付けによる爆破方法を採用した。しかし、使用爆薬は3号桐ダイナマイトよりもさらに水中で有効であるコースマイト23号爆薬を使用し、雷管は予備爆破と同じく耐水用電気雷管を用いて電気爆破を行なった。コースマイト23号爆薬の成分表は第3表に示したとおりで、第5図のように成形され

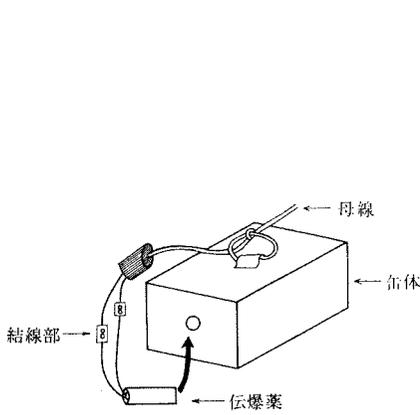
第3表 コーズマイト23号組成表

組		成				状 態	爆 速 (m/s)
TNT	RDX	A $\ell$	硝酸ソーダ ニトロ化合物	木粉澱粉	鈍感剤		
56~64	10~33	7~13	15~30	0~30	1~3	固 形	7.060

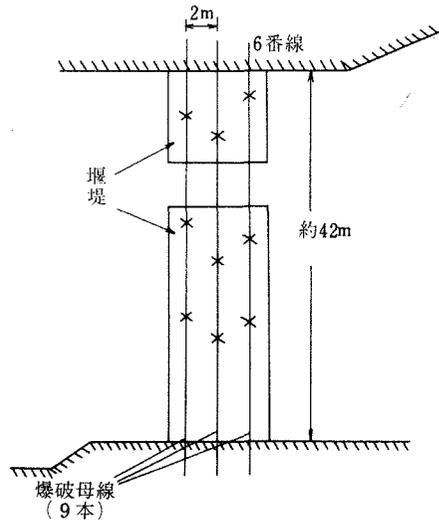
ており、取扱い操作が非常に簡単になっている。また、この成形薬は一缶 5 kg の薬量となっている。

爆破母線は第 6 図に示したように、堰堤上に湾を横断するように張りわたした 3 本の垂鉛びき鉄線（6 番線）に沿わせ、1 本につき 3 点結線ができるようにし、さらにしかも結線部分が海水につからぬように注意して、並列結線を行なった。

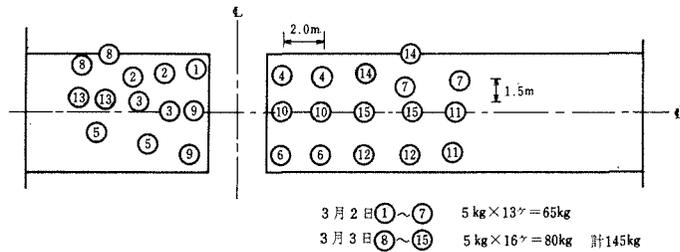
爆薬の装着は、舟上から箱眼鏡で観察しながら高所に装着するようにし、それが困難に



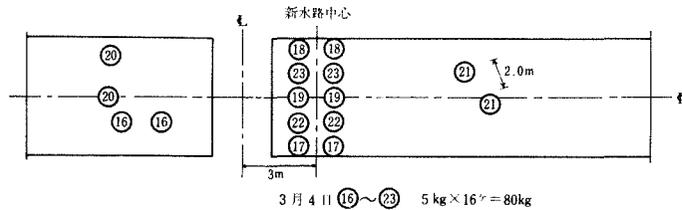
第 5 図 コーズマイト23号成形概略図



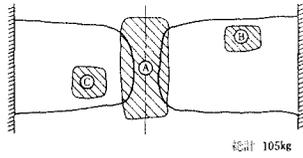
第 6 図 爆破母線配線図



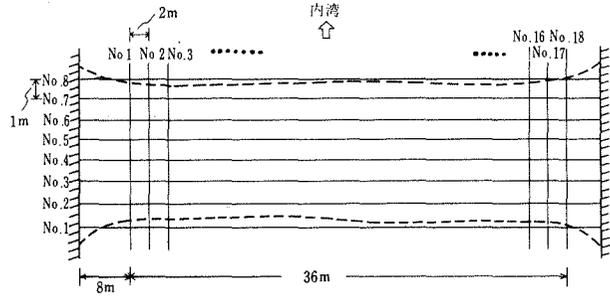
第 7 図 第 1 次 爆 破 概 略



第 8 図 第 2 次 爆 破 概 略



第9図 第3次爆破概略



第10図 最終爆破終了後の測量用測線図

第4表 本爆破使用薬量と除去体積

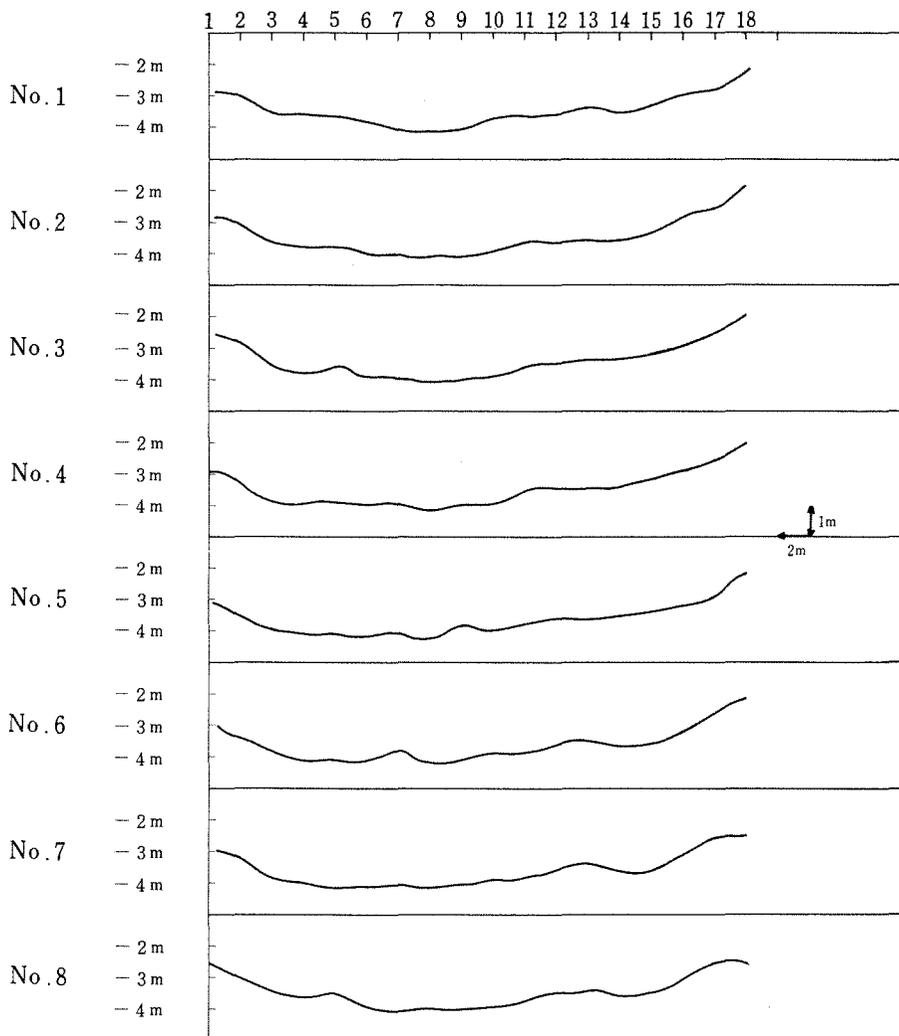
No.	薬量 L (kg)	除去体積 W (m <sup>3</sup> )	L/W (kg/m <sup>3</sup> )	備考
第1次	145	255.0	0.57	割合小さなぐり石
第2次	80	100.0	0.80	大粒の岩石
第3次	120	202.8	0.59	細石及び土砂
総合	345	557.8	0.61	

なった場合は適時潜水して装着を確実にした。このように、常にできるだけ堰堤の高い部分に薬包を装着し、爆破によってぐり石を順次破碎しながら飛散させる方法をとった。

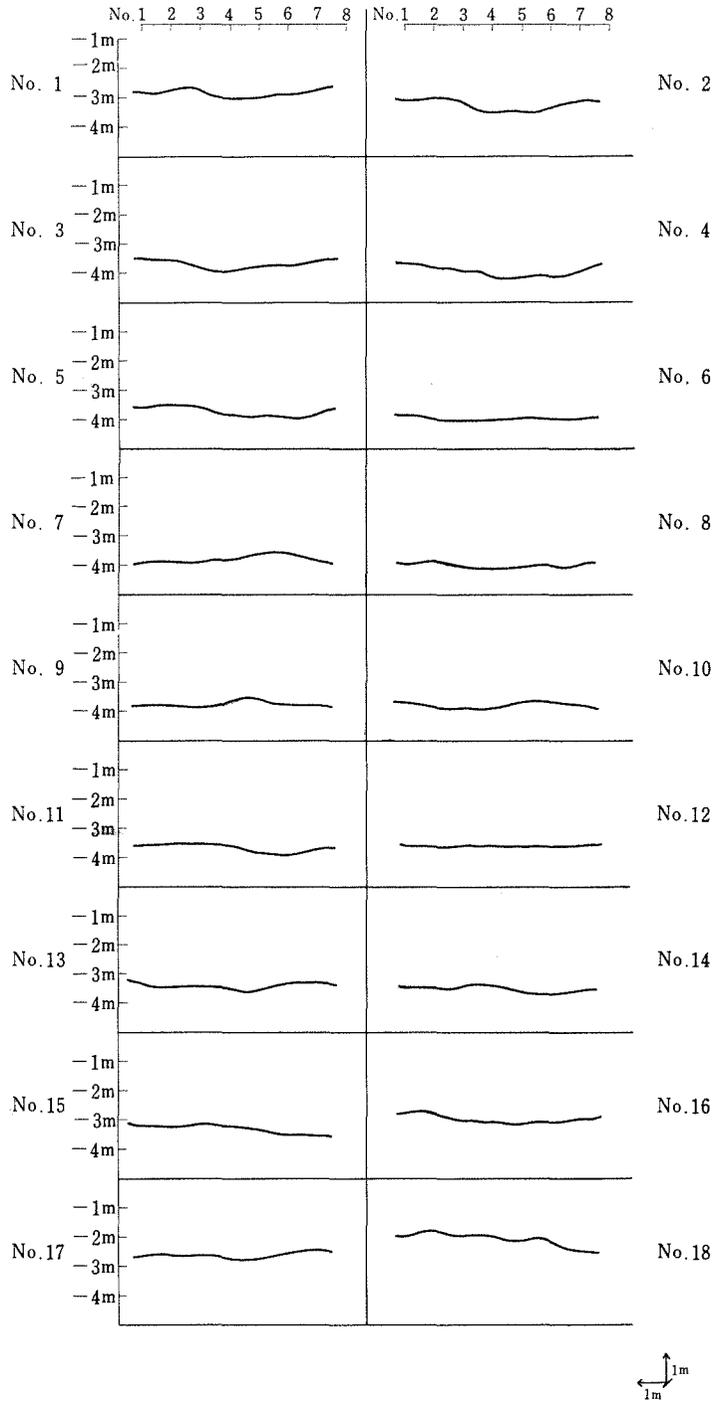
爆破は第1次・第2次・第3次の3回にわけて行なった。第1次爆破は、できるだけ堰堤の端から順次堰堤全般にわたっての破壊を目的として行なったもので、薬量10kg(2缶)以下の量で堰堤の高い部分に張付けて爆破した。第2次爆破は第1次爆破終了後の測量結果からほぼ当初の目的を達したことを確認したので、旧水路の中心を約3m湾の中央寄りに移動させるためにその付近を主として爆破した。さらに第1次爆破でなお堰堤が高く残存している所に張付け爆破を行なって、全体の深度を深くした。第7図は第1次爆破の装薬箇所と爆破順序を示したものであり、図中の○1個が5kgの薬量である。第8図は第2次爆破の装薬箇所と爆破順序を示したもので、第7図と同様に○1個は薬量5kgである。第1次・第2次の爆破で堰堤除去はほぼ目的を達したので、第3次爆破は堰堤全体の凹凸をなくすことに重点をおいて薬量を軽減して(1爆破約6kg以下)爆破を行なった。第3次爆破には1本750gの円筒形に成形されたコーズマイト薬包を、数本束にして使用し薬量を適当に加減した。第9図は第3次爆破の爆破箇所を示したものである。図中㉑㉒㉓は残存していた高い部分を爆破した箇所、㉔は新しい水路付近を整備のため爆破した箇所である。

第1次・第2次・第3次にわたる爆破実施後、第10図に示したような区画を作り、測量を行なったが、その縦断図が第11図であり横断図が第12図である。さらにこれに三重県水産試験場の測深機による測深結果を加味して作成した爆破後の状態を示したものが第13図である。これらの結果を総合して堰堤全体の鳥瞰図を等高線で示したものが第14図である。これらの測量図からみると堰堤のほとんどは除去されており、当初の目的は短期間にほぼ

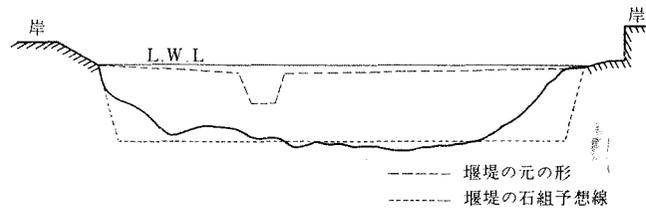
完全に達成出来たことが認められる。第4表は本爆破の際における薬量(L)と除去岩石(W)の関係などについて示したものである。第1次爆破の際は堰堤表面部であったので径が0.3m前後の石が多く爆破効果も良好で大量の岩石を除去することができたが、第2次爆破の際は堰堤の基礎部分で比較的大きい岩石(約1.2m×0.8m×0.6m)であったため破碎に火薬エネルギーが消費されL/Wも大きな値を示している。第3次爆破では堰堤の凹凸をなくす作業が主であったので、小石まじりの土砂であったにもかかわらずL/Wの値は比較的大きなものになっている。全爆破の平均したL/Wの値は0.61kg/m<sup>3</sup>となり、この値はこのような現場における薬量算定の一基準と考えられる。



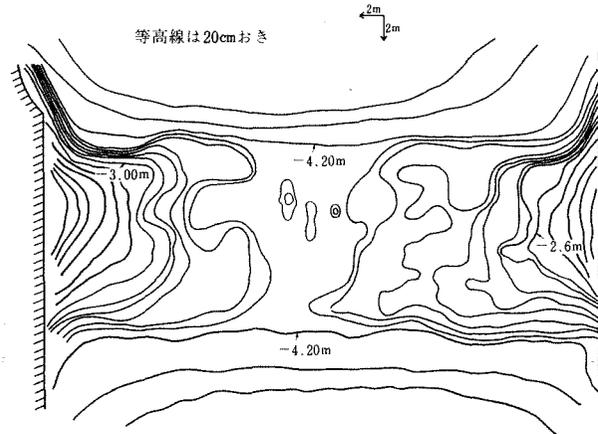
第11図 最終測量結果（最大満潮位換算深さ横断面，干満差1.2m）



第12図 最終測量結果（最大満潮位換算深さ，干満差1.2m）縦断面図



第13図 爆破終了後の堰堤の様相図



第14図 爆破終了後堰堤の等高線図

## 考 察

爆破終了後の浚渫はほとんど必要がなかったが、これは第2図の横断面図で明らかなように堰堤の両側がかなり深い泥層になっているため、爆破により破砕し吹き飛ばされた岩石がこの泥層中に埋没し、底面が比較的平坦になったためと考えられる。これがこの堰堤爆破除去作業を短期間に終了し、かつ爆破が効果的になった一要因であろうと考えられる。附図1は爆破の一例であり附図2は爆破により破砕された石の一例である。

この現場においては張付け方法による爆破が非常に簡便で有効であったが、これは堰堤が岩盤（岩礁）でなく、ぐり石の石積みであり、その上水深が浅かったことなどが大きく影響している。したがって爆破は爆薬の火薬力によって岩石を砕いていくというよりは、むしろ両側の泥層中に落し込むという様式になった。それ故岩盤（岩礁）において水中爆破を実施する場合、今回の爆破効果と同様な効果を挙げ得るかどうかということは、今後の検討を要するものと思われる。また水深の浅かったということが装着を簡便にした原因の一つであるので、水深の深いところでは潜水夫により、適当な位置に装着させる必要があり作業はさらに困難になるものと考えなければならない。この他、海水の流れによる影響がほとんどなかったが、流速の速い場所においては爆薬の流失防止対策も考慮しなければならないし、また装薬作業も多少困難になってくるであろう。これらの諸点が今後の張付け爆破の問題点であろうが、今回の爆破に見られるように、張付け爆破方法は他の方法

よりも爆薬を多量に使用する欠点はあるが、簡便で有効な方法であるので、今後この方法が各所で採用されるものと思われる。また岸壁の破壊を防ぐために薬量を1爆破10kg以下としたが、薬量を増加することができる場合にはさらに効果はあがるものと思われる。爆薬としては第1表と第4表を比較してみると明らかなように、水中爆破においてはコーズマイト爆薬は3号桐ダイナマイトに比較して効果的であるが、これは両者の爆速の差異によるものと考えられる。すなわちコーズマイトの爆速は7.060m/sであるのに対し、3号桐ダイナマイトでは6.100m/sである。なお第1・2・4表から考えて水中爆破における薬量算定の基準としては $L/W$ が0.6~1.0 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ぐらいにとればよいものと考えられる。

## 結 言

今回の実験結果から岩礁爆破には、張付けによる爆破方法が軽便でかつ非常に有効な方法であり、経費もかさまず、短期間に十分な効果を挙げ得ることが認められた。したがって英虞湾のような比較的水深の浅いところでは、真珠漁場改良を目的とする漁場内の岩礁の除去には、たとえ石積みと岩礁の違いはあっても張付けによる爆破方法の採用が有効なものと思われる。

この爆破を実施するにあたり種々助言をうけた大浦正芳、坂本勝一、大久保道次郎、津曲直臣、坂本芳松の諸氏に御礼を申し上げる。また爆破の実施には中国化薬の援助を受けた。同社上野桂一、井川伍両氏に感謝する次第である。

## 文 献

- 1) 工業火薬協会 1966. 工業火薬ハンドブック. 28—31.
- 2) 坂本勝一・吉富宏彦 1966. 水中における爆薬の殉爆と感度. 工業火薬協会誌27: 377—381.
- 3) 鈴木輝彦・瀧崎正文・井沢信之 1967. 水中の爆発衝撃と電気雷管の不発について. 工業火薬協会誌 28: 194—199.
- 4) 若園吉一・佐藤忠五郎 1965. 爆破. 鹿島研究所出版会. (昭和40年): 485—486.



附図1 爆破の一例



附図2 爆破により破砕された石

## II 水中爆破に関する研究—水中爆破に伴 なう水中衝撃圧および震動について

若園 吉一・小川 輝繁

京都大学工学部資源工学教室

### Studies on the under water blasting — on the shock wave due to under water blasting

Yoshikazu Wakazono and Terushige Ogawa

Department of Mineral Science and Technology,  
Faculty of Engineering, Kyoto University.

#### 緒 言

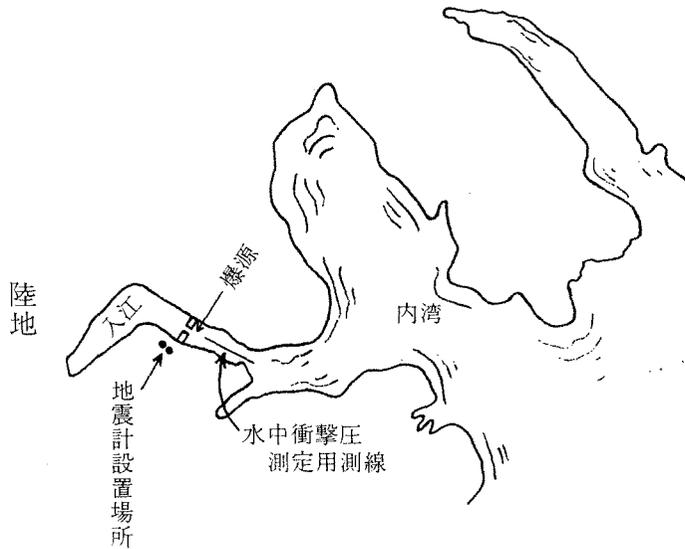
近年わが国においては、いたるところで土木工事が実施されているが、爆破をともなう水中工事も急激に増加している。しかし、水中爆破に関する研究については、現在のところほとんどみあたらず、戦前海軍関係で幾らか実施された程度で、戦後においてもわずかに爆発成型に関する小規模な実験が行なわれているに過ぎない<sup>1)</sup>。しかも、戦前海軍関係で行なわれた実験も、TNTを主体とした化合爆薬を用いたものであり、ダイナマイトのような産業用爆薬に関するデータは皆無に等しい状態である。

幸い、今回三重県英虞湾において、真珠養殖漁場を改良する一つの試みとして、水中障害物除去の爆破試験が実施されたが、この機会を利用して、水中爆破に関する種々の測定を行なった。

水中爆破でまず問題となることは、爆発にともなう水中衝撃圧が水中の生物に与える影響である。したがって今回の調査では、まず爆薬量や爆源からの距離と水中衝撃圧との関係を測定し、これと同時に、これら衝撃圧が魚貝類にいかに関与するかを調査した。

つぎに、このような水中爆破工事は一般に地上施設物、とくに護岸施設や岸壁の近くで行なわれることが多く、これに関与する影響もまた看過することができない。そこで水中爆破による地震動が護岸施設、とくに岸壁におよぼす影響についても併せて検討を加えた。

なお、効果的な水中爆破を検討するために、爆発による水中衝撃圧の圧力波形の測定やさらには爆薬の爆発機構等基礎的な事項についても本試験と併行して調査した。



第1図 実験場所概略図

以上についての測定を1967年（昭和42年）1月および1967年3月の2回にわたって、三重県志摩郡大王町船越の真珠養殖漁場（通称風ヶ崎浦）において実施した。これらに関する地形の概略図は第1図に示したとおりである。

### 水中衝撃圧

#### （1）水中衝撃圧の測定方法

水中衝撃圧の測定方法には古くは H. L. Abbot<sup>2)</sup> および Naval Ordnance Laboratory<sup>3)</sup> が Crusher Gauge によって測定を行っており、また H.W. Hilliar<sup>4)</sup> は Piston Gauge を使用してそれぞれ測定し、また Bureau of Ships<sup>5)</sup> では Diaphragm Gauge を用いて測定しているが、これらの測定値は実際の圧力と比較してかなりの差が生じている。これは水中衝撃圧の持続時間が非常に短時間であるためで、上記のような変形による測定法では当然誤差は大きくなる。D. A. Key<sup>6)</sup> は始めて圧電体を使用して測定を行なったが、この方法によると極めて忠実に圧力波形を測定することができる。この圧電体としては水晶、ロッセル塩結晶のような Piezo-electric type のものおよびチタン酸バリウム結晶体のように electro-strictive type のものとがある。Piezo-electric type では結晶に歪が生ずると結晶格子のイオンが移動して結晶表面に電荷を生ずる。この電荷の変化と歪の変化の関係が直線的であることを利用した測定法である。electro-strictive type のものでは強誘電体の結晶に歪を与えると電気的雙極子の配列の方向がそろって電荷を発生する。しかし雙極子の極性は歪の正負によらないため、あらかじめの強電界を与え、残留分極を与えておくことで電荷の大小によって歪の正負を測定することができる。今回の圧力測定に使用した素子はチタン酸バリウムである。

一般に結晶体内の電氣的偏極と応力の関係は次の式で示される<sup>7)</sup>。

$$-P_1 = d_{11}X_x + d_{12}Y_y + d_{13}Z_z + d_{14}Y_z + d_{15}Z_x + d_{16}X_y$$

$$-P_2 = d_{21}X_x + d_{22}Y_y + d_{23}Z_z + d_{24}Y_z + d_{25}Z_x + d_{26}X_y$$

$$-P_3 = d_{31}X_x + d_{32}Y_y + d_{33}Z_z + d_{34}Y_z + d_{35}Z_x + d_{36}X_y$$

ここに $P_1, P_2, P_3$  は  $X, Y, Z$  軸方向の電氣的偏極で、 $X_x, Y_y, Z_z, Y_z, Z_x, X_y$ はこの座標について表わした応力であり、 $d_{11}, d_{12} \dots$ はそれぞれの方向の圧電率である。今回の場合チタン酸バリウム磁器圧電体の分極方向と  $x$  軸を一致させてあるから、圧電体内に生じる応力は  $X_x$  のみとなり、圧電体内に発生する電氣的偏極は

$$-P_1 = d_{11}X_x$$

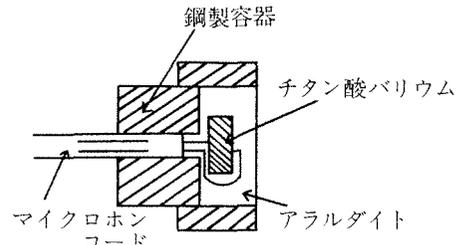
となる。受圧面の面積を  $S$  とすれば受圧面に発生する電気量  $Q$  は

$$Q = P_1 S \quad \text{ゆえに} \quad Q = d_{11}X_x S$$

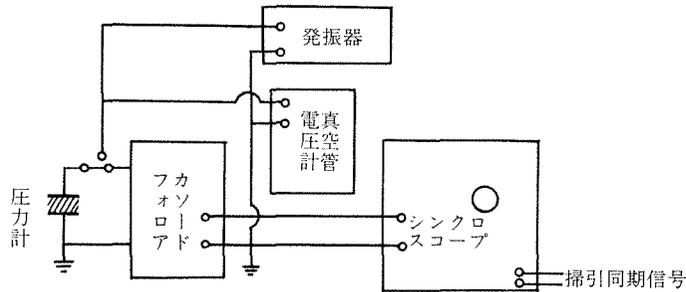
となり受圧面に作用する圧力 (全圧) を  $F$  とすると

$$Q = d_{11}F \quad \text{となる。}$$

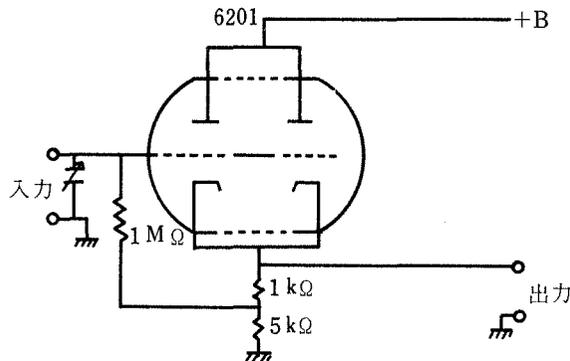
したがって圧電体にはその受圧面に作用した全圧に比例した電気量が発生することがわかる。チタン酸バリウムを水中で使用する場合充分水密性にしなければリーク電流のため測定が不可能となる。そこで今回は



第2図 圧力計の構造



第3図 圧力測定回路のブロックダイアグラム



第4図 カソードフォロワー回路

第2図に示すような圧力計を作り、チタン酸バリウムのまわりをアルルダイトで囲めて水密性、絶縁性を保つようにした。

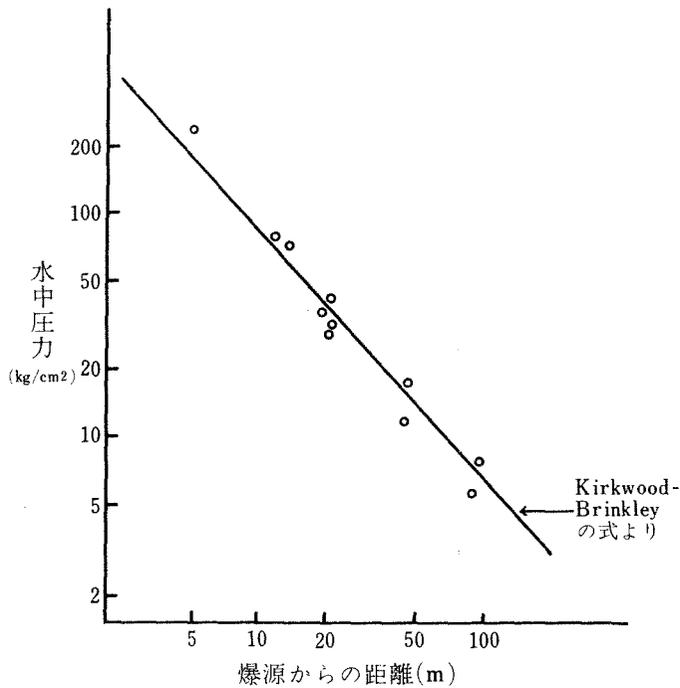
測定回路のブロックダイアグラムは第3図に示したとおりである。このような圧電体素子はインピーダンスが高いため圧力計と測定器を結ぶケーブルが長いと誘導電流によるノイズを受けやすい。そこでカソードフォロアーによってインピーダンスを低下させてからケーブルに接続する必要がある。今回用いたカソードフォロアー回路は第4図のとおりである。

(2) 水中衝撃圧の減衰

爆源からの距離による水中衝撃圧の減衰状況を測定するために3号桐ダイナマイト7kg

第1表 爆源からの距離と水中衝撃圧の関係

爆源からの距離 (m)		5	11	12.5	20	23	45	93
水中 衝撃 圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	No. 1	240	78	75	41	32	—	—
	No. 2	—	—	—	39	—	18	7
	No. 3	—	—	—	29	—	12	6
	Kirkwood の式 から算出した値	190	78	68	40	34	17	7.3



第5図 爆源からの距離による水中衝撃圧の減衰

を爆発させ、各測点においた圧力計により、ピーク圧を測定した。測点は爆源から 5m, 11m, 12.5m, 20m, 23m, 45m, 93m の位置にあり、測線は入江の入口に向けて架設した（第1図参照）。圧力計は水面に固定された浮標から 1m の深さの位置につり下げ、また、浮標の上にカソードフォロアーを設置した。

測定は3回行ない、測定結果は第1表に示すとおりで、これを図示したものが第5図である。なお測定波形の一例を附図1, 2に示した。

水中圧力波の距離による減衰について測定された例は数多くあるが、2, 3の例を示すと次のとおりである。

1) J. F. Bucknill<sup>8)</sup> の実験式

$$P = \frac{9wf}{r} \left( 1 + \frac{25}{r^2} \right) \left( 1 + \frac{B}{90} + \frac{e}{100} \right)$$

P: 圧力 (lb/inch<sup>2</sup>) w: 薬量 (lb), r: 爆源からの距離, f: 各種爆薬の相対威力 (綿薬を 100 とする), B: 爆発中心を通る水平線を基準とし上方に測った傾角, e: 爆薬の種類によって異なる常数

2) 清水の実験式

$$P = Kw^{0.45} r^{-1.07}$$

P: 圧力 (kg/cm<sup>2</sup>), w: 薬量 (kg), r: 爆源からの距離 (m), K: 常数

3) 神津の実験式

$$P = Kw^{0.6} r^{-1.25}$$

P: 圧力 (kg/cm<sup>2</sup>), w: 薬量 (g), r: 爆源からの距離 (cm), K: 常数で composition B で 2673

4) Kirkwood, Brinkley の実験式

$$P = 537 (w^{1/3}/r)^{1.13}$$

P: 圧力 (kg/cm<sup>2</sup>), w: 薬量 (kg), r: 距離 (m)

水力学理論からいえば距離による圧力の減衰指数は 1 であるが実験式では 1 より大になっている。これは水の粘度などの影響と考えられる。今回の実験結果は上に述べた神津、清水あるいは Kirkwood-Brinkley の式とよく一致している。今後さらに薬量を増加して同様の実験を行ない、薬量との関連性について検討を行なう予定である。

(3) 各種爆薬による水中衝撃圧の波形

各種爆薬の水中における爆発特性を検討するために、それぞれの爆薬の水中圧力波形を測定した。まず水面から 2.5m の深さの位置に爆薬を設置し、爆薬から水平距離で 3m, 水深 1.5m の位置に圧力計を据えた（第6図参照）。なお爆薬の種類は Composition C-3, コーズマイト 23号, 3号桐ダイナマイト, TNT スラリー爆薬, Al スラリー爆薬, ANFO の 6 種類について試験した。さらにコーズマイト以外の爆薬は直径 8.6cm, 長さ 19cm の円筒形ブリキ製容器に封入した。コーズマイト 23号は円筒形の成形爆薬で薬量は 750g である。起爆は Al スラリーおよび Composition C-3 については 8号電気雷管, ANFO および TNT スラリーについてはブースターとしてペントライト 20g とテトリル 10g (合計 30g) を用い、6号電気雷管で起爆した。コーズマイトについてはブースターとしてコーズマイト用ブースター (テトリル) を用いて 6号電気雷管で起爆した。

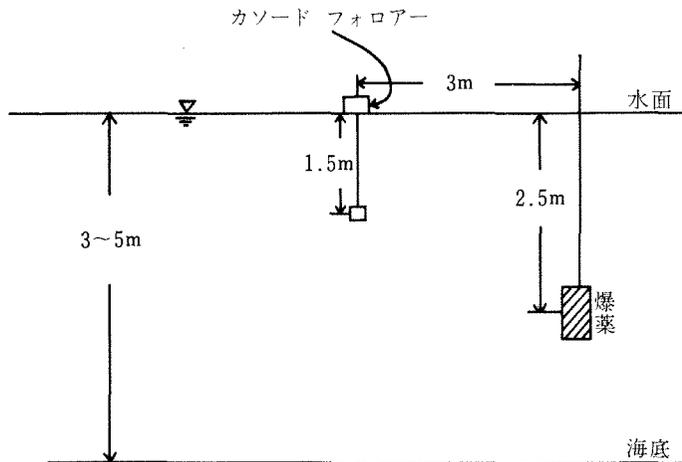
測定回路のブロックダイアグラムは第3図と同じであるが、ここではシンクロスコープ

掃引の同期用信号として、測定用圧力計から 5cm 爆源に近いところに別の圧力計を据え、この圧力計が圧力を感ずればシンクロスコープの掃引を開始するようにした。各爆薬による水中衝撃圧の測定波形の一例を附図 3, 4, 5, 6, 7, 8 に示した。それぞれの爆薬の公称爆速, 薬量, ピーク圧を第 2 表に示した。R. H. Cole<sup>9)</sup> によれば球状装薬の場合、圧力がピーク圧の約  $\frac{1}{3}$  に低下するまでは圧力-時間曲線は

$$P = P_m e^{-t/\theta}$$

$P_m$ : 測点におけるピーク圧,  $t$ : 時間,  $\theta$ : 時間定数

と近似的に表わすことができる。なお上記の式と一致しない部分は爆薬の形あるいはガス圧の影響が作用していると述べている。著者らの測定結果も、Composition C-3 やコーズマイトのような化合爆薬に近い爆薬は R. H. Cole の測定したような鋭いピークをもった圧力波形を示している。(P. H. Cole<sup>9)</sup> は TNT やテトリル等の化合爆薬についてのみ実験を行なっている。) しかしながらダイナマイト, スラリー, ANFO の波形は立ち上がった後、ある時間平坦となりその後指数関数的に減衰している。この平坦を持続する時間は爆速の速いダイナマイト, TNT スラリーでは短く, ANFO, Al スラリーのように爆速の遅い爆薬は長い傾向を示している。



第 6 図 圧 力 計 配 置 図

第 2 表 試験爆薬の使用薬量, 公称爆速および測点における Peak 圧力

薬 種	薬 量 (kg)	公 称 爆 速 (m/s)	ピーク圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )
ANFO	0.97	3,000	50.2
3号桐ダイナマイト	1.00	6,000	84.1
TNT スラリー	1.39	5,000	116
Al スラリー	1.30	4,000	103
Composition C-3	1.67	7,000	273
コーズマイト 23号	0.75	7,000	192

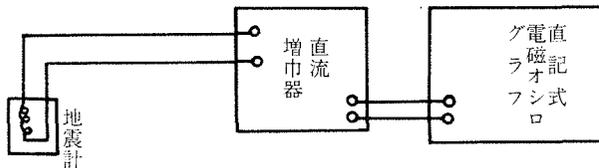
第1段のピーク圧が減衰した後ダイナマイト、スラリーは圧力が0になっているが、ANFO の場合は  $60\mu\text{sec}$  では0にまで戻らず正圧が持続しており、コーズマイト、Composition C-3 では負圧になっているような波形を示しているが、これはカソードフォロアーの特性と見なされる。ANFO の場合はガス圧の作用が強いためこのような現象が起ったものと推察される。さらにコーズマイト、Composition C-3 の場合は圧力波形が shock wave の形をしているが、この点に関しては、さらに検討する予定である。

以上のように今回の測定結果では、圧力波形は主に爆薬の爆速による影響が強いことが明らかとなった。特にコーズマイト、Composition C-3 は他の産業爆薬に比較して鋭いピーク圧を示している。そのため衝撃圧の作用としては、岩石のようなもろい物質の破壊には効果的であり、水中爆破に適した爆薬であると考えられる。今後はさらに有効な水中爆破を行なうために爆薬の形状が圧力波に与える影響、および爆薬と水の境界面における複雑な圧力波の反射、屈折などの研究を行なう予定である。

爆破地震動の岸壁に与える影響

1) 地震動の測定方法

地震動の測定は地盤の動きを主として電気的信号に変換することによって行なわれている。振動計には地盤の変位、変位速度、変位加速度のどれを測定するかによってそれぞれ



第7図 震動測定回路ブロックダイアグラム

第3表 予備爆破における地震動の測定結果

薬量	ピックアップからの距離	最大変位速度 (cm/sec)	周波数* (cycle)
1kg	10m	0.342	33
3kg	20m	1.968	50
5kg	15m	2.430	33
7kg	30m	2.090	35
9kg	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;">             2m              ○              3kg           </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;">             2m              ○              3kg           </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;">             15m              ○              3kg           </div> <div style="text-align: center;">             ←P.U.              (ピックアップ)           </div> </div>	7.080	35

9kg の場合殉爆したものと考えられる。

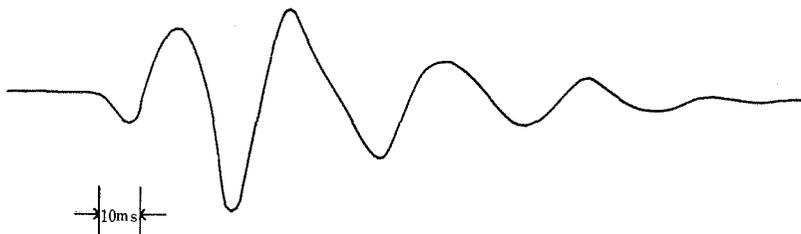
\* 周波数は最大振巾の波の周波数を記載した。

変位計，速度計，加速度計の3種類がある。これらのうちいずれの表示法で震動の大きさを表わすかについては種々の議論があるが，爆破震動の周波数帯域では速度表示であらわせば，周波数に無関係であることから考えて著者らは速度型地震計で測定を行なった。地震計は ETL 社製動線輪型地震計（共振周波数27%）である。この地震計からの信号を増巾器をとおして直記式電磁オシログラフに記録した。測定のプロックダイアグラムは第7

第4表 本爆破における地震動測定結果

No.	薬量 (kg)	測 点 I			測 定 II		
		距 離 (m)	最大変位速度 (cm/sec)	周 波 数 (サイクル)	距 離 (m)	最大変位速度 (cm/sec)	周 波 数 (サイクル)
1	10	32	4.57	41.7	33	3.84	41.7
2	10	23	5.56	41.7	27	4.25	33.4
3	10	33	2.68	31.3	33	2.54	41.7
4	10	23	4.76	31.3	24	3.64	33.4
5	10	35	2.00	31.3	38	2.41	31.3
6	10	29	3.44	29.4	30	2.56	29.4
7	10	23	4.68	27.8	25	5.00	29.4
8	10	15	4.60	31.3	17	6.61	33.4
9	10	20	4.51	32.2	22	4.40	30.2
10	10	19	3.10	35.7	21	5.30	31.2
11	10	33	5.80	33.3	34	6.55	39.4
12	5	18	1.88	27.9	20	2.17	27.9
13	10	22	4.45	30.4	24	5.43	23.3
14	10	22	4.07	26.7	24	6.19	40.0
15	10	21	4.50	25.0	23	5.83	27.2
16	5	15	1.80	34.5	17	2.34	47.6
17	10	22	4.49	30.3	24	4.76	32.3
18	10	14	4.10	23.8	16	4.67	32.3

周波数は最大振巾を示した波の周波数



第8図 地震動測定波形の一例

図に示した。なお地震計はもっとも地震動が激しいと考えられる岸壁上の2点を選んで設置した（第1図参照）。

## 2) 測定結果および考察

爆破の測定結果を第4表に、また測定記録の一例を第8図に示した。予備試験では薬量9kgを使用した爆破の結果、岸壁に大きな亀裂を生じた。そこで本爆破では最大変位速度が6cm/sec以下になるように設計を行なったが、爆破震動によって基礎がゆるんだためか6cm/sec以上の震動を生じ亀裂を増加した。しかし建造物には全く被害はみられなかった。

今回の震動測定は爆破作業の完爆確認を兼ねて行なったものであるが、今後は各地点の震動測定を数多く行なって、それにより実験式を求めて岸壁に対する被害を防止する資料とする方針である。

## 結 言

今回の実験で次のことが明かとなった。

(1) 水中衝撃圧の距離による減衰は従来求められていた清水、神津、Kirkwood-Brinkleyの式とほぼ一致する。

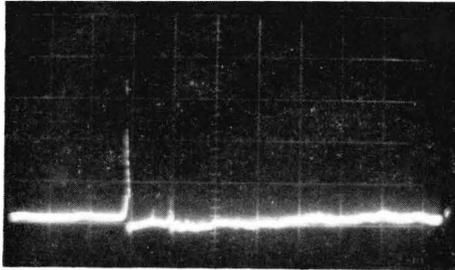
(2) 水中衝撃圧の圧力波形は爆薬の爆速の違いによって差があった。特にコーズマイト23号、Composition C-3のような化合爆薬に近い爆薬は鋭いピーク圧を示し、水中爆破に適している爆薬であることが認められた。

(3) 地震動測定の結果6cm/sec附近の変位速度では岸壁にはかなり亀裂を生じるが、建造物には全く被害がなかった。

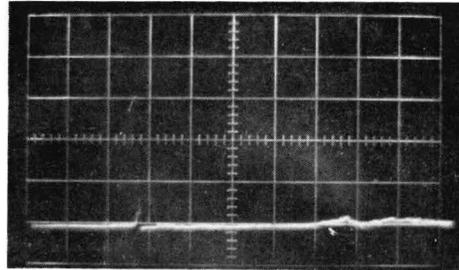
この研究を行なうにあたり種々助言を戴いた日本油脂KK取締役清水達英氏に感謝する。

## 文 献

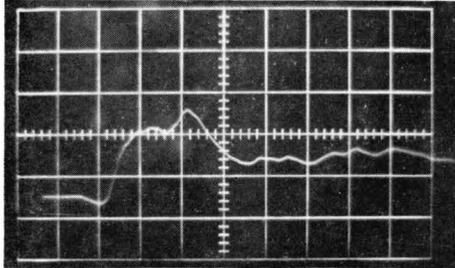
- 1) 櫻井武尚、金本光郎 1967. 爆発成形の機構について. 工業火薬協会誌128: 13—22.
- 2) Abbot, H.L. 1889. Experiments to develop a system of submarine mines. Number 23 of the professional papers, U.S. Army Engineers Corps.
- 3) Naval Ordnance Laboratory, U.S. Navy, Report NORL-751.
- 4) Hilliar, H.W. 1919. (British) Department of Scientific Research and Experiment Report RE 142: 19.
- 5) Bureau of Ships. 1942. U.S. Navy, Under water Explosion Report 1942-3.
- 6) Keys, D. A. 1921. Piezoelectric method of measuring explosion pressure. Phil. Mag. 42: 473.
- 7) 田中哲郎 1955. チタン酸バリウムとその応用. オーム社: 36—46.
- 8) Bucknill, J.F. 1899. Submarine and Torpedoes.
- 9) Cole, R.H. 1948. Underwater Explosion. Princeton University press. 229-235.



附図1 爆源より 25m 地点の圧力波形

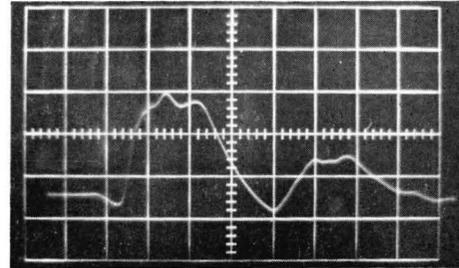


附図2 爆源より 45m 地点の圧力波形



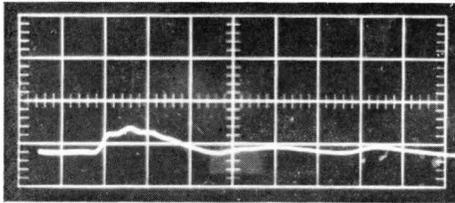
(掃引速度  $10\mu\text{s}/\text{div}$   
感 度  $23.9\text{kg}/\text{cm}^2/\text{div}$ )

附図3 ANFO の圧力波形



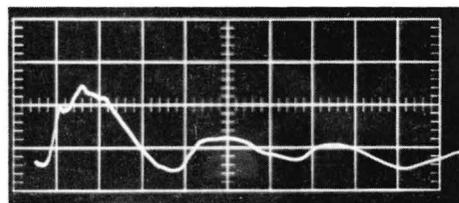
(掃引速度  $10\mu\text{s}/\text{div}$   
感 度  $35.9\text{kg}/\text{cm}^2/\text{div}$ )

附図4 Al スラリーの圧力波形



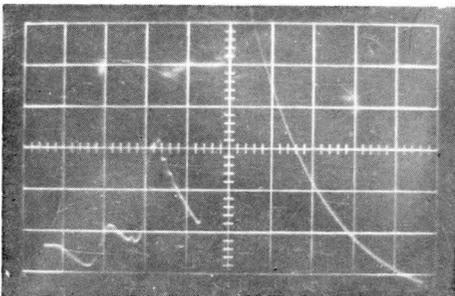
(掃引速度  $10\mu\text{s}/\text{div}$   
感 度  $229\text{kg}/\text{cm}^2/\text{div}$ )

附図5 TNT スラリーの圧力波形



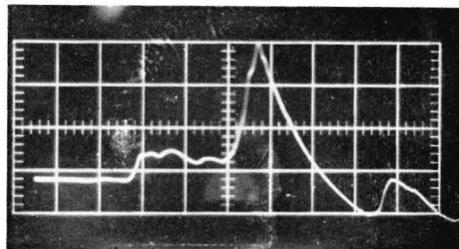
(掃引速度  $10\mu\text{s}/\text{div}$   
感 度  $45.8\text{kg}/\text{cm}^2/\text{div}$ )

附図6 新桐ダイナマイトの圧力波形



(掃引速度  $10\mu\text{s}/\text{div}$   
感 度  $35.9\text{kg}/\text{cm}^2/\text{div}$ )

附図7 Composition C-3 の圧力波形



(掃引速度  $10\mu\text{s}/\text{div}$   
感 度  $45.8\text{kg}/\text{cm}^2/\text{div}$ )

附図8 コーズマイトの圧力波形

# Ⅲ. 水中爆破の水産生物に及ぼす影響

澤田保夫・水本三朗・阪口清次

国立真珠研究所

関 政 夫

三重県浜島水産試験場

On the effects of marine fauna by the shock  
wave due to under water blasting.

Yasuo Sawada, Saburo Mizumoto and Seiji Sakaguchi

National Pearl Research Laboratory

Masao Seki

Hamajima Fisheries Experimental Station, Mie Prefecture

1967年1月下旬および3月上旬の2回に亘り、三重県英虞湾船越浦において、以前養殖池として浦の一部を閉塞するために築かれた石積み堰堤を除去するためにダイナマイトによる水中爆破作業が実施された。本試験はこのようなばあいの衝撃圧などによる水産生物への影響について予察的な知見をうるために実施したものである。

## 1. 魚類に及ぼす影響

### 1-1. 試験方法

本試験は1月25日に行なわれた。当日の爆破は4回で、それぞれに使用されたダイナマイト量は1,3,5および7kgであるが、魚類への影響試験は3号桐7kgの爆発時の際に実施した。

試験魚にはハマチ *Seriola quinqueradiata* を用い、直径および高さがそれぞれ1mの円筒形の網イケス(目合い7節のナイロン網)に收容して、第1表および第1図に示す要領で爆源から適当な間隔をもって設定した各地点へ配置した。網イケスは蓋の位置が海面から3mになるように垂下した。

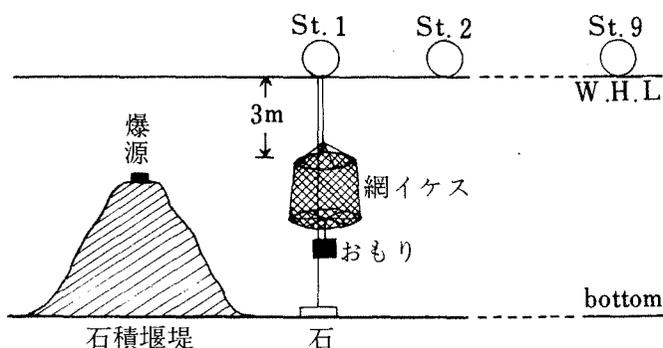
試験魚は英虞湾浜島町地先で養殖していたハマチ49尾(体長29.0~33.5cm, 体重630~

第1表 試験地点の位置ならびに試験魚の配置尾数

事項	地点番号	St. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
爆源からの距離 m		5	11	12.5	20	23	93	150	205	250
衝撃波圧* kg/cm <sup>2</sup>		240	78	75	41	32	7**	4**	3**	—
試験魚の収容尾数		4	4	7	8	6	6	5	5	4

\* 本文第Ⅱ項図, 第1表における実測値

\*\* Kirkwood の式により算出した値



第1図 試験魚の設置要領

920g)で、試験実施の前日に活魚船で運搬し、爆破地点からかなり離れたところに設置した生簀(5×4×3m)に1日間蓄養した。これらの試験魚は爆破実施の直前に網イケスに収容し、各地点へ配置したが、外見上の損傷は全くみられず、平常と変らない游泳状態を示していたことから、運搬ならびに蓄養による影響は起らなかったと考えられる。

第2表 爆破実施の概要

実験月日	天候	ダイナマイト量	試験魚設置時刻	爆発時刻	試験魚の観察を始めた時刻
1967年1月25日	晴	3号桐 7kg	16時30分	16時50分	17時00分

ダイナマイトの爆発は第2表に示す要領で実施された。

爆発後、ただちに各網イケス内の試験魚について被爆による生死(即死)を判定し、即死以外の魚については游泳状態を観察した。

斃死した魚は外見上の損傷状態を調べた上で、解剖して内臓諸器官を観察するために凍結保存した。生存魚はそのまま同地点に垂下しておき、翌朝それらの生死ならびに游泳状態を観察した。生存魚については被爆によるその後の生理障害などを調べる必要があるが、そのためには相当期間蓄養しなければならない。しかし、時期的に冬季であるため長期間

の蓄養が困難であったので、被爆6日目に解剖して内臓諸器官の損傷を調査した。

#### 1-2. 被爆による試験魚の損傷状態

爆発10分後に試験魚を網イケスとともに取揚げて生死および游泳状態を観察した。

St. 5 までに配置した魚はすべて腹部を上にしてイケスの底に沈んでいた。斃死したものは殆んど即死と思われるが、その率は爆源に近い程多く、生存しているものすべて痙攣を起しており游泳不可能な状態で、これらは間もなく斃死することが確実と判断されたので、内臓諸器官の調査のために取り揚げた。

St. 6 以遠に配置されていた魚はすべて正常な游泳をしていたので翌朝まで（爆破後15時間経過）同地点にそのままにしておき観察したがすべて正常と変らない状態で游泳していた。各地点の試験魚に群ごとに区別して蓄養する予定であったが、試験魚を正常な状態で真珠研究所多徳島臨海実験所まで運搬するため同一群としてまとめた。

St. 5 までに配置されていた魚の被爆による損傷の概要は次のとおりである。

外見上の観察では、St. 1 で肛門周辺表皮に充血の認められたもの2尾、St. 3, 4 および5で鰓蓋前骨表皮の出血各1尾がみられたが、全般的にみていちじるしい損傷を示しているものは認められなかった。

内部諸器官の解剖による損傷およびその程度は第3表に取り纏めて示したが、爆破によるそれらへの影響は組織の破裂、出血が主体となっていた。すなわち、St. 5 以内に配置されていた魚は内臓被膜および鰓が完全に破裂している。諸器官の位置的関係では、腹面に近く柔らかい器官、たとえば肝臓、幽門垂、脾臓などの破裂、出血はすべての魚にみられた。腹椎、肋骨に近い腎臓の損傷もいちじるしかった。消化器のうち食道、胃などではいちじるしい変化を認め得なかったが、中腸および直腸が充血しているものがかなりみられ、膽嚢の破裂した魚も多かった。循環器では心室、動脈球の破裂した例はみられなかったが、心耳の破裂出血と鰓からの出血が多くものに認められた。

骨格検査では、St. 1, 2 において肋骨が折れたものがあったが、椎骨の損傷は認められなかった。

筋肉組織では肋骨に接している筋肉が断裂出血しているものが St. 1 で2尾、St. 2 で1尾みられた。

なお、St. 6 以遠の魚は同一群としてまとめて処理したが、被爆後6日経過しても斃死するものが全くみられなかったので取り揚げて解剖した。その結果、肝葉周辺部組織の破裂出血と幽門垂、内臓被膜および鰓の充血が認められた魚が5尾あったが、その他の魚は全く異常が認められなかったことから、この5尾は St. 6 に配置された5尾であることはほぼ疑いない。

以上の解剖学的所見からみて、7kg のダイナマイトの水中爆破では St. 5 までは肝臓、腎臓および循環系などの主要器官のいちじるしい損傷と鰓の破裂によって殆んど即死に近い状態で斃死すると考えられる。St. 6 では被爆6日目までは斃死するものがみられなかったが、肝葉周辺部組織の破裂出血のほか内臓被膜および幽門垂などの血管充血の変化が明らかなので、その後の成育経過（餌付き不良にともなう成育阻害など）には何らかの影響を及ぼすものと推察されるが、今回はこれらの詳細な点については検討しえなかった。

第3表 内部諸器官の

地 点 St.		1				2				3					
試 験 魚 番 号		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	
体 長 cm		30.5	33.0	31.0	32.5	30.8	31.0	32.0	31.5	32.8	31.3	32.0	33.6	31.0	
体 重 g		730	790	740	800	690	810	850	770	890	800	780	920	670	
外見上の損傷状態		肛門周 辺赤斑	—	肛門周 辺赤斑	—	—	—	—	—	鰓蓋 出血	—	—	—	—	
内 臓 の 損 傷 程 度	消 化 器	食道・胃	+	—	+	—	—	—	++	—	+	—	—	—	
		中腸充血	++	—	++	—	—	—	+	+	++	—	—	+	
		直腸充血	+	+	+	+	—	+	+	+	+	++	—	+	++
		胆嚢破裂	+	+	+	—	+	+	++	++	+	+	+	+	+
		幽門垂充血	+++	+++	+++	++	++	++	+	+++	+++	++	++	++	++
	肝 臓	組織破裂*	+++	+++	++	++	++	++	+++	+++	++	++	++	+++	++
		血管充血													
	循 環 器	心耳の破裂	++	+	++	—	+	+	—	++	+	+	—	—	++
		鰓出血	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	脾 臓	組織破裂	+	+	++	++	+	+	+	+	—	—	—	—	—
		うつ血									+	+	+	+	+
	鰓	被膜破裂	+++	++	+++	+++	++	++	+	++	++	++	++	++	++
		血管充血													
	腎 臓	組織破裂	+++	+++	+++	+++	++	++	++	+++	++	+	+	+	+
血管充血															
肋骨折骨		++	—	+	—	—	—	++	—	—	—	—	—	—	
腹部筋肉の断裂		++	—	+	—	—	—	++	—	—	—	—	—	—	
生死の状態		収容尾数4尾のうちで即死3尾、痙攣状態のものが1尾あった。				4尾のうちで即死2尾、痙攣状態2尾。				7尾のうちで即死3尾、痙攣状態4尾。					

\* 肝臓の組織破裂したものは、当然、出血および血管の充血がみられているので、血管充血の項については記入しなかった。脾臓、鰓、腎臓についても同様に処理した。

損傷とその程度

4					5					6					7, 8, 9,
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	12尾
31.5	31.5	31.5	31.5	31.0	30.0	31.5	30.0	31.5	32.7	29.3	29.5	31.8	30.5	30.5	29.0~31.5
740	790	700	770	760	610	750	690	790	920	660	620	780	800	770	630~840
-	-	鰓蓋出血	-	-	-	-	-	-	鰓蓋出血	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	異常なし
+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	
++	+	-	++	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
+	++	+	++	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
++	+++	+	+++	++	++	++	++	++	++	++	-	++	-	+	”
											++		++		
+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	”
-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	”
-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	”
+		+		+	+	+		+	+	-	-	-	-	-	”
++	++	+	+	+	++	++	++	++	+	-	-	-	-	-	”
										+	-	+	-	+	
+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	”
				+		+		+		-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	”
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	”
8尾のうちで即死2尾、 痙攣状態6尾。					6尾のうちで即死1尾、 痙攣状態5尾。					収容尾数5尾で、斃死魚 はみられなかった。					斃死魚なし

## 2. 貝類に及ぼす影響

## 2-1. 試験方法

本試験は3月10日に前回と同じくダイナマイト3号桐7kgの爆発時の際に、定棲生物にたいする損傷影響を予備的に検討する目的でアコヤガイ、サザエ、アワビおよびナマコについて実施した。

アコヤガイは45×45×10cmの金網籠に、アワビおよびサザエは直径40cm、高さ20cmの丸型養殖籠（5分目ハイゼックス網）に混合収容、また、ナマコは同型籠に単独に収容して、第4表に示すように爆源から適当な間隔をもって配置した。

第4表 試験地点の位置ならびに試験生物の配置尾数

事項	地点番号	爆源直上	St. 1	2	3	4	5
爆源からの距離 m		0	10	25	37	100	200
衝撃波圧 kg/cm <sup>2</sup> *		—	83	29	19	6	3
試験生物の 収容尾数	2年生アコヤガイ	—	40	40	—	40	40
	3年生アコヤガイ	—	30	30	—	30	30
	サザエ	8	8	8	8	—	—
	アワビ	2	2	2	2	—	—
	ナマコ	5	5	5	—	—	—

\* Kirkwood の式により算出した値

ダイナマイトの爆発は前回と同様な要領で行なわれた。

爆破後、ただちに各養殖籠内の試験生物について被爆による貝殻の破損ならびに刺戟にたいする反応状態を観察した。

アコヤガイについては爆破による直接的な影響と、とくに被爆がその後の成長にたいしていかなる影響を与えるかを重視して以後の貝殻成長ならびに増重変化を測定した。このばあい、爆破試験が時間的に低水温期で貝の成長が停止している時期にあたるので、そのまま多徳島地先で深吊り（6m層へ垂下）によって越冬し、貝の活動が活潑となる6月より測定を行なった。調査は6月および7月上旬の2回である。

## 2-2. 被爆による貝類の損傷状態

## 2-2-2. アコヤガイ

2年生貝40個体、3年生貝30個体を各地点へ配置したが、爆破による貝殻の破損は2年生貝ではSt. 2でそれぞれ1個体ずつ、3年生貝ではSt. 1で3個体、St. 2で2個体にみられた。貝殻の破損は付図2-1に示すように主として足糸窩および腹縁部附近にみられた。これら貝殻の破損したアコヤガイは被爆後10日目の観察ではすべて斃死していた。

被爆後1か月間隔で斃死個体の出現状況を調査した結果は第5表のとおりであるが、被爆10日以後の斃死率には有意の差はみられない。また、被爆後の貝の成長期における貝殻

成長ならびに増重変化は第6表のとおりであり、検定の結果、各地点の間にはいずれも有意の差はみとめられない。すなわち、被爆による影響は St. 1 および St. 2 の貝殻の破損した個体を除き、その後の成長を左右するほどの強さには至っていないものと推測される。しかし、本試験は冬季の低水温期に行なわれたため、貝はほとんど閉殻しており軟体部に衝撃圧が直接及ばなかったとも考えられるので、この点、貝が開殻しているばあいについてもさらに検討する必要があると思われる。

### 2-2-2. サザエ、アワビおよびナマコ

爆源直上 2m の位置に設置したハイゼックス養殖籠にはサザエ 8 個体、アワビ 2 個体を収容したが爆破によって網地が切断し、収容生物の散逸しているものが多かった。すなわち、サザエは 4 個が脱落、残り 4 個は附図 2-3 にも示すように貝殻は破損分解し、アワビ

第5表 被爆後のアコヤガイの斃死数

年 令	調査月日 地点 番号	3 月 22 日	4 月 27 日	6 月 5 日	7 月 6 日	総 計
		(被爆10日目)				
2 年 生 ア コ ヤ ガ イ n=40	1	1*	0	0	0	1
	2	1*	0	0	0	1
	4	1	0	0	0	1
	5	0	0	0	0	0
3 年 生 ア コ ヤ ガ イ n=30	1	3*	1	0	0	4
	2	2*+1	2	0	0	6
	4	0	0	0	0	1
	5	0	1	1	1	2

\* 被爆によって破殻したもの

第6表 被爆後のアコヤガイの成長量

年 令	測定 項目	測定月日 地点 番号	3 月 2 日 (被爆10日前)	6 月 5 日	7 月 6 日
			平 均 ± 標準偏差	平均 ± 標準偏差	平均 ± 標準偏差
2 年 生 ア コ ヤ ガ イ	重 量* (5 貝宛) g	1	22.6 ± 1.4 (n=20)	32.0 ± 3.8 (n=20)	48.7 ± 2.7 (n=10)
		2	23.2 ± 1.2 ( 20 )	32.8 ± 3.3 ( 20 )	49.7 ± 3.5 ( 10 )
		4	23.4 ± 1.3 ( 20 )	30.9 ± 1.8 ( 20 )	47.9 ± 2.2 ( 10 )
		5	23.1 ± 1.6 ( 20 )	30.3 ± 1.4 ( 20 )	47.5 ± 2.1 ( 10 )
3 年 生 ア コ ヤ ガ イ	殻 長 mm	1	49.4 ± 2.3 ( 30 )	49.5 ± 2.1 ( 26 )	51.6 ± 2.1 ( 26 )
		2	49.1 ± 2.3 ( 30 )	48.3 ± 1.9 ( 24 )	50.4 ± 2.0 ( 23 )
		4	48.5 ± 1.8 ( 30 )	49.1 ± 2.3 ( 30 )	51.1 ± 2.2 ( 29 )
		5	26.1 ± 2.7 ( 30 )	48.3 ± 1.8 ( 28 )	50.4 ± 1.8 ( 28 )
ア コ ヤ ガ イ	重 量 g	1	26.1 ± 2.7 ( 30 )	26.7 ± 3.6 ( 26 )	30.8 ± 2.6 ( 26 )
		2	25.1 ± 3.0 ( 30 )	24.6 ± 2.9 ( 24 )	29.0 ± 3.5 ( 23 )
		4	25.9 ± 3.8 ( 30 )	26.3 ± 3.6 ( 30 )	27.9 ± 3.8 ( 29 )
		5	25.5 ± 3.1 ( 30 )	25.7 ± 3.0 ( 28 )	29.3 ± 3.4 ( 28 )

\* 無作為に 5 個をとり出して測定、n 回反復した。

も2個体とも付図2-2に示すように貝殻縁部の一部が破損していた。ナマコは5個体のうち2個体が脱落、3個体が残存していたが、うち1個体は内臓器官が付図2-6に示したように体外へ飛び出していた。

St. 1 ではサザエ8個体のうち5個体が付図2-4に示すようにいずれも殻頂ならびに貝殻周縁部の一部が破損したが、アワビでは外見上の損傷は認められなかった。ナマコは5個体のうち1個体の内臓器官が体外へ飛び出していたが、残り4個体には外見上の異常はみられなかった。

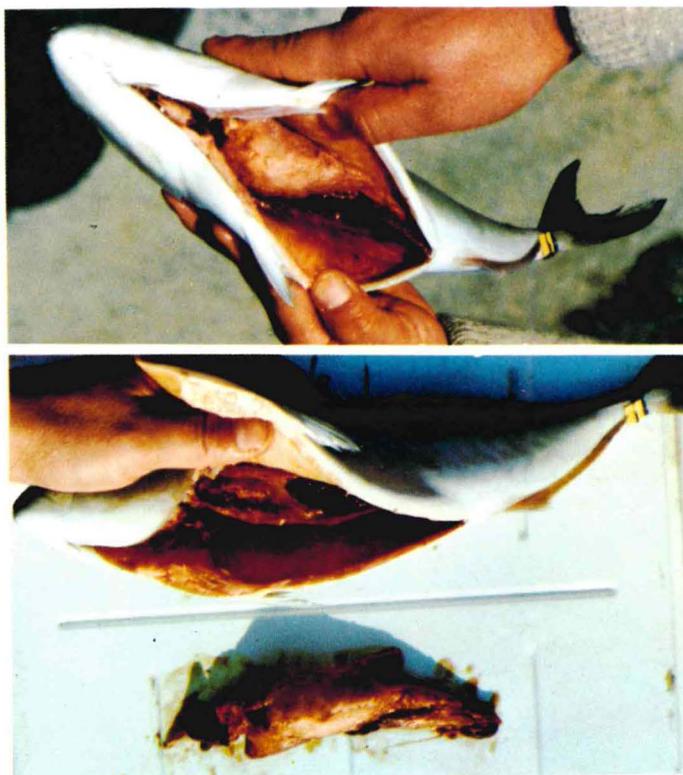
St. 2 ではサザエ1個体の貝殻が付図2-5に示したように周縁部が破損したが、その他の試験生物には異常がみられず正常な状態であった。

St. 3 以遠に配置したものには異常は認められなかった。

しかしながら、以上のべたような貝殻の破損が爆破の際に生ずる水中衝撃圧によるものか、衝撃圧によって貝と貝が激突して生じたものかは明かにすることはできなかった。

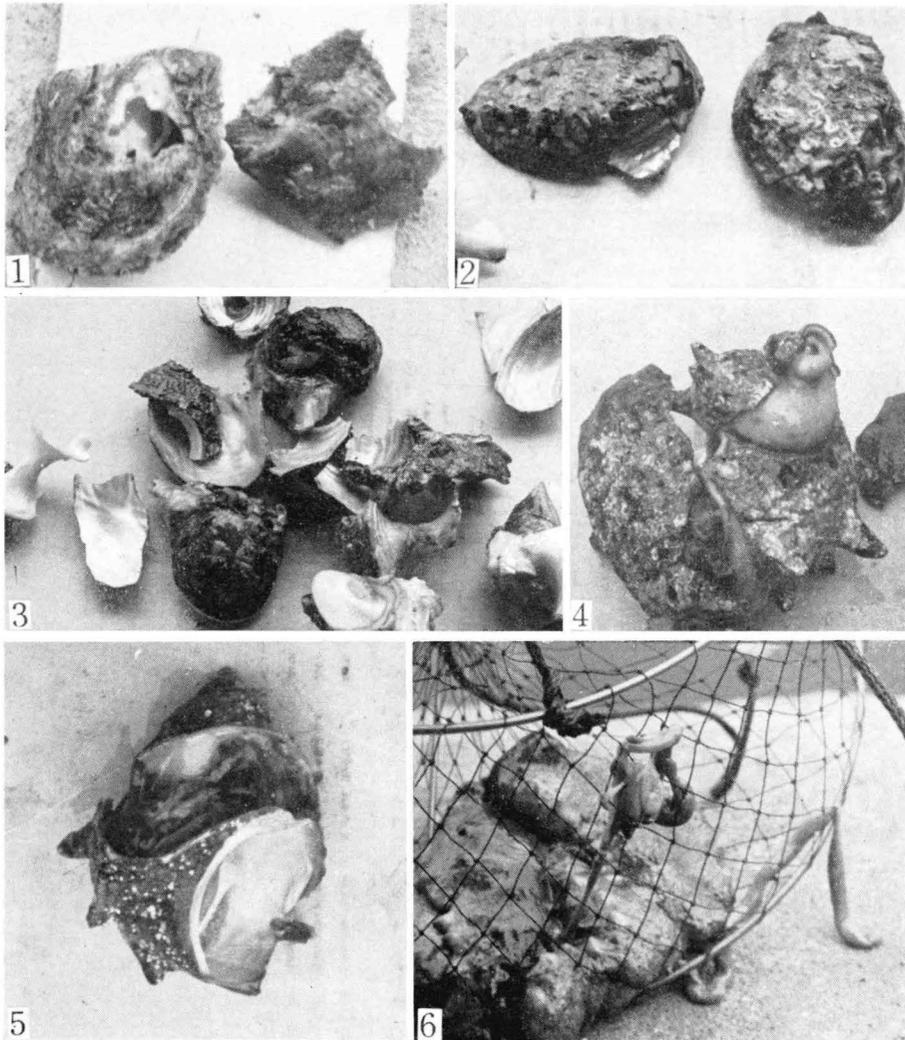
## 要 約

- 1) 水中爆破にともなう水中衝撃圧などによる水族への影響を知る目的で、ハマチ、アコヤガイ、サザエ、アワビおよびナマコを爆源からの距離の異なる各地点に配置して、その及ぼす影響について検討した。
- 2) ハマチについて：St. 5 ( $32\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 以内に配置されたばあいには肝臓、腎臓および循環系などの主要器官のいちじるしい損傷と鰓の破裂によってほとんど即死に近い状態で斃死する。St. 6 ( $7\text{kg}/\text{cm}^2$ ) の衝撃圧を受けた地点では外見上の損傷は全くみられなかったが、解剖の結果、肝葉周辺部組織の破裂出血のほか幽門垂などの血管充血の変化が明らかなので、その後の成育経過には何らかの影響を及ぼすものと推測される。
- 3) アコヤガイについて：St. 2 ( $29\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 以内に配置されたばあいには貝殻腹縁部および足糸窩附近の部分が破損するものがみられたが、その後の斃死個体の出現率ならびに成長量については他の群との間に差は認められなかった。しかし、本実験は冬季の低水温期に行なわれたことから、貝はほとんど閉殻しており衝撃圧が直接軟体部へ及ばなかったとも考えられるので、この点、貝が開殻しているばあいについてさらに検討する必要がある。
- 4) サザエおよびアワビについて：St. 2 ( $29\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 以内に配置したサザエは螺頂ならびに貝殻螺條部の破殻したものが多く、爆源直上のアワビでは堅固と考えられる貝殻内層の一部などが破損している。しかしながら、貝殻の破損が爆発の際に生ずる衝撃圧によるものか、貝と貝の激突によるものかは明かにすることはできなかった。 $19\text{kg}/\text{cm}^2$  以遠のものでは外見上の損傷はみられなかった。
- 5) ナマコについて：St. 1 ( $83\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 以内に配置されたナマコでは内臓器官が体外へ飛び出したものがみられたが、それ以遠では外見上の損傷はみられなかった。



附図1 試験魚の内臓損傷

St. 1～5 までに配置した魚は程度の差はあるが、いずれも肝臓、幽門垂、腎臓および鰾などの破裂、充血の損傷を示した。



附図2 貝類およびナマコの損傷

- 1: 腹縁部および足糸窩附近の貝殻が破損したアコヤガイ (St. 1)
- 2: 貝殻内唇の一部が破損している爆源直上 2m に設置したアワビ
- 3: 貝殻がいちじるしく破損分解している爆源直上 2m に設置したサザエ
- 4: 螺頂および貝殻螺條の一部が破損したサザエ (St. 1)
- 5: 貝殻螺條が破損したサザエ (St. 2)
- 6: 内臓器官が体外へ飛び出したナマコ (St. 2)

## 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\*

Koji WADA\*\*

(Received January 19, 1967)

In molluscs, mineral and organic matrices occur in a specific solution, which was termed "extrapallial fluid" by de WAELE<sup>1)</sup>, secreted by mantle between the tissue and shell valve. It has been evident that the fluid may contain mucoproteins, mucopolysaccharides, calcium, magnesium, carbonate and other inorganic materials. Since a part or almost all of the organic substances in the extrapallial fluid is presumed to be a precursor of conchiolin, it may be denatured to conchiolin, the organic matrix in molluscan shells, in insoluble form.

According to TANAKA and HATANO<sup>2)</sup>, it is possible that the mucous substances secreted by the mantle are insoluble complexes combined with enormous calcium, which is liberated in the course of denaturation of the mucoproteinous substances to form conchiolin and then precipitated as calcium carbonate. It was confirmed by electron microscopic observations that minerals of shells piled up alternately with the sheets of conchiolin (GRÉGOIRE<sup>3)</sup>, WADA<sup>4,5)</sup>, WATABE<sup>6)</sup>). However, we do not know to explain how the alternate accumulation of conchiolin sheet and mineral lamella will occur in the soluble complexes.

It is important for studies of shell formation to investigate whatever will happen in the extrapallial fluid during the process of formation and mineralization of conchiolin. The present author will make comparison of amino acid composition between nacreous conchiolin and the organic substances in the extrapallial fluid in contact with the nacre in this study.

#### Materials and Methods

Animals used in this study consisted of *Pinctada martensii* (marine bivalve) and *Hyriopsis schlegeli* (fresh water bivalve). The marine species was taken in the pearl farm near the Tatokujima station of National Pearl Research Laboratory in Ago Bay, Mie Prefecture, in February 1966, and the fresh water species taken in

---

\* Contribution No. 154 from National Pearl Research Laboratory.

\*\* National Pearl Research Laboratory (和田浩爾, 国立真珠研究所)

large outdoor farm ponds of the Osaka Prefectural Fisheries Experimental Station in Neyagawa City, in June 1966.

First the shell valves of the animals were slightly opened with a shell speculum, and then the extrapallial fluid was carefully collected with an injector inserted between the mantle and nacre at the central area of a shell. Secondly small pieces of the nacre of the *Pinctada* shell were made with a hammer and pincers, and cleaned in distilled water and hydrochloric acid. They were decalcified in 3M acetic acid solutions. The conchiolin obtained was washed in distilled water and dried at room temperature.

One to 4 ml. of the fresh fluid or about 5 mg. of conchiolin was in a sealed tube containing 2 or 3 ml. of 6N hydrochloric acid for 22 hours at 110°C. Amino acids in the hydrolyzates were determined by using a KLA-3 type Hitachi Amino Acid Analyser according to the method of SPACKMAN *et al.*<sup>1)</sup>

### Results

Table 1 shows amino acid composition of mucous substances in the extrapallial fluid of *Pinctada martensii* and *Hyriopsis schlegeli* as compared with that of conchiolin of their nacre. Hydroxyproline and hydroxylysine were not determined in the fluid as in conchiolin<sup>2)</sup>. The fluid of both the species contains proteins consisted of relatively larger amounts of aspartic and glutamic acids. The extrapallial fluid of *Pinctada martensii* is in amino acid pattern quite similar to that of *Hyriopsis schlegeli* except

**Table 1.** The comparison of amino acid composition between mucous substances in the extrapallial fluid and organic matrix in the nacre in the bivalve molluscs (amino acid residues per 1000 total residues).

Materials Amino acid	<i>Pinctada martensii</i>		<i>Hyriopsis schlegeli</i>	
	Mucous substances	Conchiolin	Mucous substances	Conchiolin*
Cysteic acid	13.8	6.9	+	1.5
Taurine	82.2			
Aspartic acid	127.6	164.7	100.8	116.4
Threonine	60.4	9.5	55.6	22.9
Serine	49.9	61.7	65.6	81.5
Glutamic acid	116.4	34.5	149.9	48.7
Proline	36.7	15.6	55.4	19
Glycine	48	236.5	52.3	170.4
Alanine	39.8	191	44.9	216.6
Cystine			+	
Valine	51.9	19.9	46.4	32.9
Methionine	11.2	+	5.6	4
Isoleucine	42.7	12.1	36.9	25.6
Leucine	56.5	84.7	69.2	68.3
Tyrosine	53.7	34.9	63.2	22.2
Phenylalanine	55.6	33.5	60	55.5
Lysine	59.3	25.7	83.5	42.5
Histidine	33.4	+	50.3	8.3
Arginine	60.9	68.9	60.5	63.6
NH <sub>3</sub>	(9.9)	(0.8)	(1.3)	(0.5)

\* WADA<sup>2)</sup>.

that the rather large amount of taurine is contained in the former but a trace of the amino acid is not determined in the latter.

The mucous substances in the extrapallial fluid differ markedly in amino acid pattern from conchiolin in the nacre which appears to be in contact with the fluid. That is, aspartic acid, serine, glycine, alanine and arginine are less in the fluid than in the corresponding conchiolin, especially the number of glycine and alanine residues in the fluid being 48 and 39.8 in *Pinctada martensii*, and 52.3 and 44.9 in *Hyriopsis schlegeli* per 1000 total residues, respectively. As found in Fig. 1, the each number

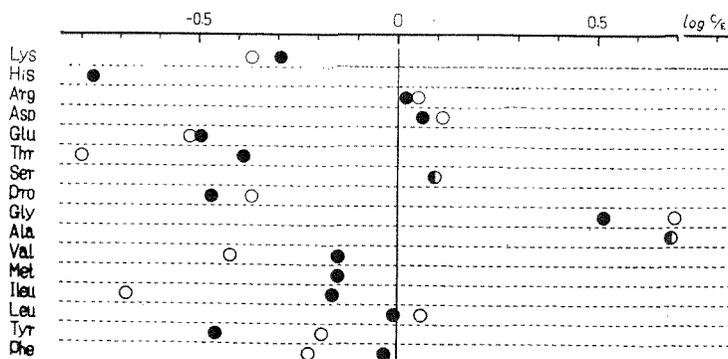


Fig. 1. The ratio of amino acid residues in conchiolin (C) to those in the extrapallial fluid (E).

is equal to about one-fifth of glycine and of alanine contained in conchiolin for *Pinctada martensii*, and to about one-third of glycine and about one-fifth of alanine of conchiolin for *Hyriopsis schlegeli*. On the other hand, very higher concentrations of threonine, glutamic acid, proline, lysine and histidine are contained in the fluid of both the species. This amino acid analysis also indicates that taurine residue found in the fluid of the marine species does not be determined in conchiolin, and that rather larger amounts of valine, methionine and isoleucine residues are contained in the fluid of *Pinctada martensii* compared with the nacreous conchiolin and the content of tyrosine residue in the fluid of *Hyriopsis schlegeli* is about three times as much as that in the nacreous conchiolin. We must pay an important attention to the result that changes occurred in the number of each residue between the mucous substances and conchiolin tend to be similar each other in *Pinctada martensii* and *Hyriopsis schlegeli* in spite of different species, except to cysteic acid and leucine (Fig. 1).

### Discussion

The electrophoretic pattern of mucous substances in the extrapallial fluid indicated that the fluid of molluscs with aragonite shell such as *Pinctada martensii*<sup>2)</sup> and other species<sup>9)</sup> contains three or more components of proteinous substances. TANAKA

and HATANO<sup>2)</sup> have reported that mucoprotein in the fluid may be denatured to form an insoluble proteid which is termed "mucoprotein II" by them and about four-fifth of sulfate of the mucoprotein may lose in the course of formation of the mucoprotein II. That conchiolin of the nacre which is assumed to be the calcified mucoprotein II consists of three fractions of nacrine, nacrosclerotine and nacroïne was pointed out by GRÉGOIRE *et al.*<sup>10)</sup>. NAKAHARA<sup>11)</sup> stated that mucous substances secreted by mantle between the tissue and shell show a fine lamellar structure and then appear to be incorporated in the organic matrix of the nacre.

Judging from the present result that amino acid composition shows a rather marked difference between the proteins in the extrapallial fluid and those in the nacre adjoined the fluid, it is probable that some changes occur in the proteinous substances in the process of formation and mineralization of organic matrix of the nacre; presumably, (1) protein fractions constituting conchiolin and mucous substances in the extrapallial fluid may be same in kind, respectively, but differ in content of each fraction between each other, (2) the kind of protein fractions may be same between each other, but some of amino acids of protein fractions in the fluid may increase or decrease in the course of formation of the nacre, and (3) if some of protein fractions contained in the fluid be not directly involved in formation of the nacre, the member of protein fractions may decrease or disappear in conchiolin. When modification of amino acid pattern found in this study is in detail compared with the report by GRÉGOIRE *et al.*<sup>10)</sup> that the essential reticular structure of the nacreous conchiolin is made by nacrosclerotine and nacroïne which are about 70% of the conchiolin and have very large amounts of alanine and glycine residues, one could cast a light on the hypotheses mentioned above. That is, it is evident that alanine and glycine which are the main amino acids of nacrosclerotine and nacroïne increase considerably in the course of formation and mineralization of organic matrix in the nacre, but threonine, glutamic acid, proline, tyrosine, lysine and histidine residues which are very larger in nacrine than in nacrosclerotine and nacroïne tend to decrease at a high rate. The consideration suggests that the protein fractions in the extrapallial fluid which correspond to nacrosclerotine and nacroïne may be incorporated into the organic matrix of the nacre at a high rate. Further the disappearance of taurine residue in conchiolin may support the third hypothesis. Some of amino acids of remains in the fluid may decrease or lose during denaturing to become the member of the organic matrix in the nacre, as shown by increasing or decreasing of amino acids in no connection with amino acid pattern of nacrine.

### Summary

1. Amino acid composition of mucous substances in the extrapallial fluid forming the nacre of *Pinctada martensii* and *Hyriopsis schlegeli* were compared with that of conchiolin of the nacre, respectively.

2. Some of protein fractions or amino acid residues of the mucous substances may decrease or lose during denaturing to form the organic matrix of the nacre and so mineralizing.

3. Alanine and glycine residues in the nacreous conchiolin were five times as much as those in the fluid. This result may suggest that the protein fractions in the fluid corresponding to nacroscerotine and nacroïne are incorporated in conchiolin at a very high rate.

### Acknowledgement

The present author expresses his sincere thanks to Professor Hiroyuki HATANO of Kyoto University for his useful advices and reviewing the manuscript and to Director Sigeru OTA of National Pearl Research Laboratory for his encouragement. Thanks are extended to Director Kosei KAWAMURA of Osaka Prefectural Fisheries Experimental Station for several experimental specimens of *Hyriopsis schlegeli*.

### References

- 1) A. de WAELE: *Mém. Acad. Roy. Belg. Cl., Sci.*, **10**, 1 (1930).
- 2) S. TANAKA and H. HATANO: *Rep. No. 73 of the Nippon Inst. Sci. Res. Pearls*, 1 (1963).
- 3) Ch. GRÉGOIRE: *J. Biochem. Cytol.*, **3**, 797 (1957).
- 4) K. WADA: *Bull. Natl. Pearl Res. Lab.*, **2**, 86 (1957).
- 5) K. WADA: *ibid.*, **7**, 703 (1961).
- 6) N. WATABE: *J. Ultrastructure Research*, **12**, 351 (1965).
- 7) D. H. SPACKMAN, W. H. STEIN, and S. MOORE: *Anal. Chem.*, **30**, 1191 (1958).
- 8) K. WADA: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **32**, 295 (1966).
- 9) S. KOBAYASHI: *Biol. Bull.*, **126**, 414 (1964).
- 10) Ch. GRÉGOIRE, D. DUCHÂTEAU, and M. FLORKIN: *Ann. Inst. Océanog., Paris*, **31**, 1 (1955).
- 11) H. NAKAHARA: *Bull. Natl. Pearl Res. Lab.*, **8**, 871 (1962).

## 仕立て作業および挿核手術がアコヤガイの 生理状態に及ぼす影響

植 本 東 彦\*\*

(1966年11月11日受理)

### Effects of Shitate-sagyo and the Operation of Nuclear Insertion on Some Serum Components and on the Weight of Crystalline Style in the Pearl Oyster

Haruhiko UEMOTO\*\*

In the pearl culture "Shitate-sagyo" is regarded as a necessary process prior to the operation of nuclear insertion. The objective of this process is generally accepted to make oysters spawn so as to produce conditions of gonad suitable for the operation. The method is as follows; the oysters are placed densely in bamboo-cages, and are laid over the bottom or suspended again from rafts for an artificial spawning, during the period of not less than two weeks.

In previous studies<sup>1)</sup>, however, the author clarified that Shitate-sagyo checks physiological decline and mortality of oysters and fall of inserted nuclei after the operation, and thus brings good results in the yield and quality of pearls.

In view of accumulating further information concerning the physiological effects of Shitate-sagyo on oysters investigation was made on changes in both protein and carbohydrate metabolism in oysters which underwent Shitate-sagyo. In an attempt to estimate the balance between anabolism and catabolism in the protein metabolism, amount of serum protein and that of rest-N were measured. Measurement was also made of weight of crystalline style and amount of lactic acid in serum in relation to the carbohydrate metabolism.

Measurements revealed that Shitate-sagyo brought oysters decreases in both anabolism and catabolism in either of the protein and carbohydrate metabolism (Fig. 2, 4, 6). This means that oysters were physiologically repressed by Shitate-sagyo.

When oysters first went through Shitate-sagyo and then received the operation catabolism as well as anabolism was intensified in both metabolism to some extent. As a result the balance between them was maintained (Fig. 7, 8). On the contrary in case of oysters which underwent no Shitate-sagyo catabolism in both metabolism were intensified to a large extent after the operation, while anabolism were reduced, that is the balance was disturbed.

From the above it is concluded that a physiological repression caused in oysters by Shitate-sagyo provides a condition necessary for the maintenance of balance in their metabolism after the operation.

アコヤガイの真珠養殖に際して、挿核手術前に行なわれる仕立て作業は、一般に挿核手術が生殖腺に対して行なわれることから、主として生殖細胞を人為的に放出させる手段として行なわれてきたが、現在までの研究によつて、この作業は単に生殖細胞の排除に役立つのみでなく、挿核手術後に起こる生理状態の低下の

\* 国立真珠研究所業績第145号 (Contribution No. 145 from National Pearl Research Laboratory.)

\*\* 国立真珠研究所 (National Pearl Research Laboratory.)

防止と、手術後の順調な回復に大きな役割を果たしており、このことが手術後の斃死・脱核を防止し、移植された外套膜片によつて形成される真珠袋上皮組織の形態的・機能的分化を促進して、結果的に真珠の品質に良好な影響を与えることがわかつた<sup>1)</sup>。

なにゆえに仕立て作業がこのような影響をもたらすかについて、筆者は仕立て作業によつて貝が生理的に抑制を受けること、それによつて挿核手術および挿入された核の刺激に対する生体防衛反応が起こりにくくなり、生理的平衡が保たれるためであろうと考えた。仕立て作業が貝に生理的抑制をもたらすと推定される理由としては、たとえば酸素の消費量が正常値の70~80%に落ちること<sup>2)</sup>、中腸腺内のポルフィリン体(呼吸酵素群の補欠分子団)の量が減少すること<sup>3)</sup>、中腸腺内の酸性およびアルカリ性フォスファターゼの活性が低下すること<sup>4)</sup>などが挙げられる。また、挿核手術の影響が上記の抑制によつて減殺されることも、杆晶体の重量の増加、生殖腺の発達状況<sup>5)</sup>、上記のポルフィリン体の増加などからみて明らかであるが、なお、仕立て作業あるいは挿核手術が貝の生理活動に及ぼす影響に関して十分に解明されたわけではない。筆者はこれらのことについて代謝活動の面から推察する手掛りを検討すべく、アコヤガイの血清成分の変動について調べた。

稿を草するに当り、御校閲を賜わつた東京大学農学部大島泰雄教授ならびに江草周三助教授に深甚なる感謝の意を表する。

#### 材料および方法

実験は1964年7月8日から8月27日まで真珠研究所多徳島臨海実験所で行なつた。材料には三重県産アコヤガイの満2年貝を使用した。仕立て作業、挿核手術および材料の採取などはFig. 1の実験実施計画にしたがつて行なわれた。すなわち、7月8日に母貝を対照群および実験群の2群にわけ、対照群は合成繊維網籠へ1籠当たり60個体を収容して臨海実験所沖の筏に垂下養殖した。一方、実験群は容積約20lの竹籠(仕立て作業に用いる有蓋の籠)へ1籠当たり210個体(籠容積の約70%)を収容して、干潮時に約3時間海底へ籠が接する深さに、岸の棧橋筏から垂下養殖し、仕立て作業を開始した。すなわち、7月27日に挿核手術を行なうまで19日間この条件に置かれたが、その間7月15日および21日に次のような処理を行なつた。籠を海中から引揚げ、貝を取り出し、足糸を切断してからよく混合し(籠の中での貝の位置によつて生理状態および生殖腺の状態にムラを生ずるので、それを平均化するために行なう)、再び籠に収め約1時間直射日光下に放置してから水中に戻し、約50cmの深さに垂下して放精放卵を行なわせ、数時間後に再び海底に接する元の位置に垂下した。この処理によつて生殖腺内は挿核手術に適する状態になる。

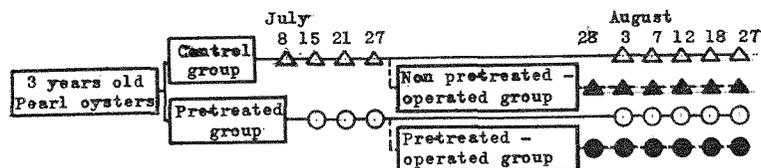


Fig. 1. Experimental programm.

Four experimental groups are expressed by different marks and lines. The same marks and lines are used in the following figures.

—○— Pre-treated (Shitate-sagyō) group, --●-- Pre-treated-operated group, —△— Control group, --▲-- Non pre-treated-operated group.

実験群について以上の処理を終了した後に、対照群および実験群をそれぞれさらに2群にわけ、各々の1群に対して7月27日に挿核手術を行なつた。挿核手術を終了した後に、全ての群を合成繊維網籠へ60個体ずつ収容し、臨海実験所沖の筏に垂下した。各群の呼称は次の通りとした。実験群、対照群は引き続き同様に呼び、実験群から挿核手術を行なつた群は実験手術群、対照群の中から挿核手術をしたものを対照手術群と呼んだ。

各群の材料の採取に当つては、各群1回に40個体を取り、各個体の心室から注射器で0.2ccずつ採血し、40個体分をプールして遠心した後、その血清を $-20^{\circ}\text{C}$ で凍結・保存した。さらに各個体から杆晶体を取り出し秤量した。

血清蛋白質の定量にはビューレット法を用いた。血清2.0ccに対し、次に述べる非蛋白性窒素の定量に用いる除蛋白剤を加えて、沈澱をビューレット反応に、上澄を非蛋白性窒素の定量に用いた。測定にはベックマン型光電分光光度計の $330\text{m}\mu$ を用いた。基準液は上記の方法で得られた血清蛋白質を用い、あらかじめマイクロケルダール法によつてN量を測定した。

血清非蛋白性窒素の定量はRAPPAPORTの方法<sup>5)</sup>によつた。上記の蛋白質量および非蛋白性窒素量の測定に当つては、貝の血清中の両者の濃度が小さいので、1回の測定に使用する血清量を人血の10倍とし、それに応じて除蛋白剤の量を予備実験により決定した。すなわち、沈澱した蛋白質および上澄中の非蛋白性窒素の量が両者共に最大の値を示す血清と除蛋白剤の量の割合は2:1であつた。

血清乳酸の定量は石井の方法<sup>9)</sup>によつた。ただし、予備実験によつて除糖処理の必要がないことがわかつたので省略した。また、除蛋白剤には20%トリクロル酢酸を用い、血清との量比を1:1とするのが最もよいことがわかつた。さらに加熱時間は原法の5分間を、発色濃度を最大にするため10分間に延長した。基準液には乳酸リチウムを用い、比色は前記の光度計で $565\text{m}\mu$ を用いて行なつた。

### 実験結果

**血清蛋白質量** 蛋白質量の変化はFig. 2に示す。蛋白質量と水温との関係を調べるために実験群および対照群の値について計算した結果、蛋白質量と水温との間には正の相関関係が認められた( $r = 0.559$ ,  $n = 17-2$ )。相関図表をFig. 3に示す。しかし、さらに多くの資料について検討する必要があるが、 $27^{\circ}\text{C}$ 以上の対照群の値からみて、蛋白質量と水温との上記の関係は、 $27^{\circ}\text{C}$ 以上の水温において崩れるのではないかと思われる。

対照群の蛋白質量は、実験開始後水温の下降にしたがつて減少しているが、それ以外に、おそらく実験開始時の作業の影響(空中への露出、籠の入れかえなど)も加わつていると思われるが、水温以外の要因につ

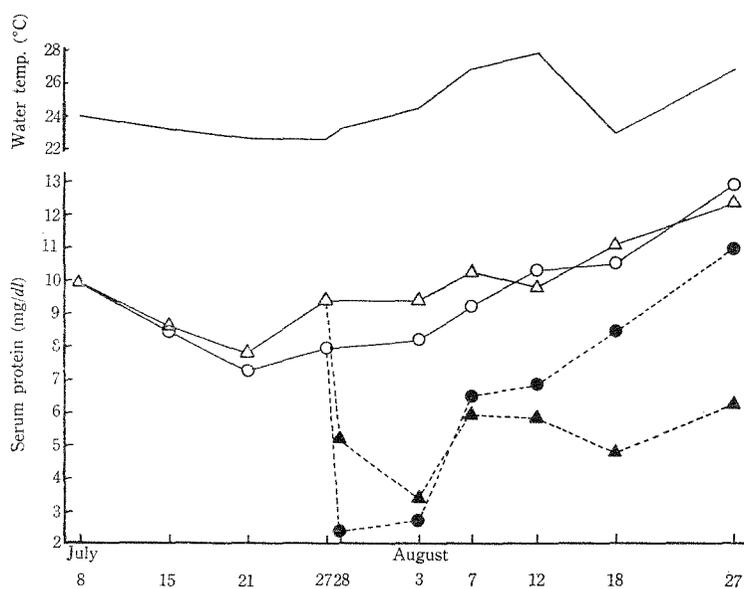


Fig. 2. Changes in the amount of serum protein (mg/dl).

いては何も検討されなかつた。

実験群も対照群と同様の減少を示しているが、仕立て作業の終了時の値は対照群の約 80% まで減少した。その後、普通の養殖方法に戻してからは、約 2 週間でほぼ対照群の水準まで回復した。

実験手術群および対照手術群の変化は著しく、手術直後に蛋白質の急激な減少が起こり、約 1 週間にわたり低い値を示した。それ以降の両群の動向にはかなりの相違が生じ、実験手術群が 1 カ月後にほぼ対照群の水準まで回復したのに反し、対照手術群では 10 日後までに対照群の 1/2 程度の値まで回復したが、それ以降実験終了時まで同様の値に止まつた。

**血清非蛋白性窒素量** 非蛋白性窒素量は Fig. 4 のように変動した。まず、水温との間には対照群について負の相関関係が認められた ( $r = -0.818$ ,  $n = 9-2$ ) が、他の群ではこの関係が崩れていると思われた。27°C 以上の水温における両者の関係についても、検討される必要があると思われる。相関図を Fig. 5 に示す。

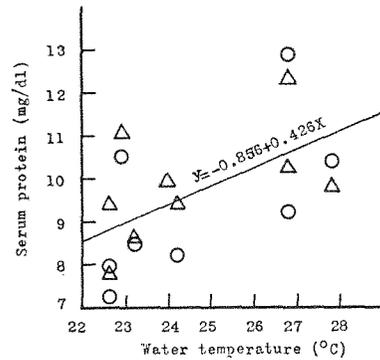


Fig. 3. Relation between the amount of serum protein and water temperature.

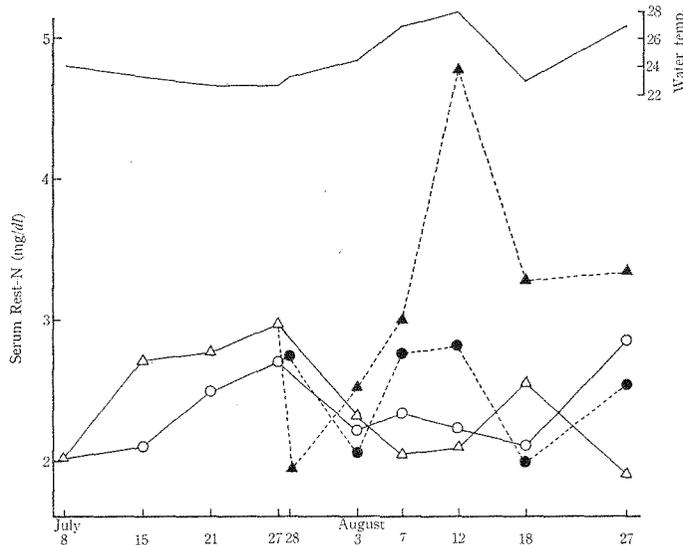


Fig. 4. Changes in the amount of serum rest-N (mg/dl).

実験群の非蛋白性窒素量は、仕立て作業の間は対照群より常に小さい値を示すが、その終了後は対照群の値のまわりを振動する形をとり、次第に対照群の水準へ戻ると思われるが、この実験ではその終了時における値は対照群よりもかなり大きかつた。仕立て作業の影響と間接的に水温の影響が考えられるが、対照群の水準まで戻るために要する日数について追及される必要がある。

実験手術群は手術後 1 週間からその値が一たん増加したが、ほぼ 20 日後に実験群の値へ近づいた。

対照手術群は他の 3 群にくらべ極めて激しく変動し、手術直後の急激な低下とそれに続く異常な増加が観察された。

血清中の蛋白質量と非蛋白性窒素量との関係をみると、4 群全体では  $r = -0.334$  ( $n = 29-2$ )、また対照群のみでは  $r = -0.632$  ( $n = 9-2$ ) とそれぞれ有意の負の相関関係が認められる。

**血清乳酸量** 乳酸量の動向を Fig. 6 に示す。同図の下端は杆晶体の重量の変化を示している。

乳酸量と水温との間には相関関係が認められなかつた。したがつて、対照群の乳酸量の変動がどのような要因によつてもたらされたか明らかではない。

実験群の乳酸量は仕立て作業によつて対照群より低い値になるが、その終了後は一時的に減少あるいは増加がみられた。実験終了時には対照群よりやや大きい値をもつて、ほぼ対照群と同じ動向を示すようになった。

実験手術群および対照手術群は、手術直後に乳酸量の増加がみられる。実験手術群はその後 10 日目に実験群あるいは対照群とよく似た値および推移を示すようになったが、対照手術群は常に他の 3 群よりも高いを示した。

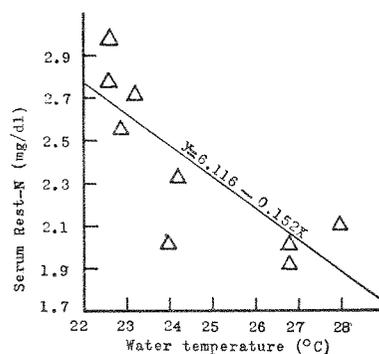


Fig. 5. Relation between the amount of serum rest-N and water temperature.

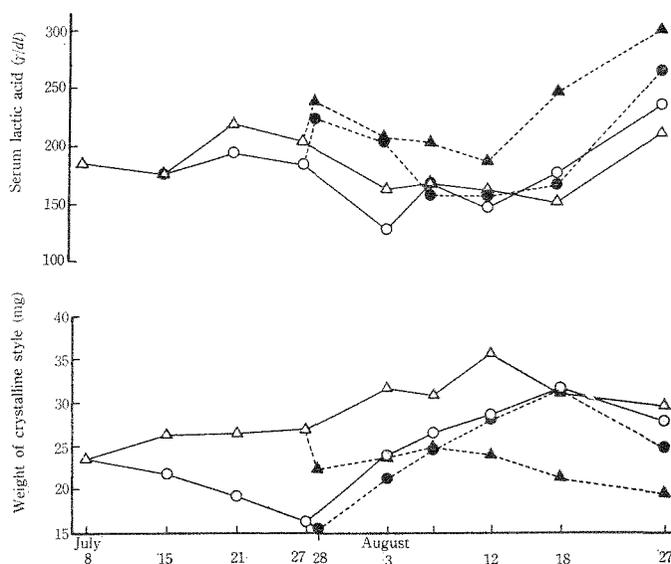


Fig. 6. Changes in the amount of serum lactic acid and the weight of crystalline style.

**杆晶体の重量** 杆晶体の重量は、各群 1 回の採取個数 40 個体について測定し、その平均値をもつて示した。対照群の変動は、季節の変動など長期にわたる観測では水温との間に相関関係があるようであるが、短期間における変化には明瞭な相関がみられない。

実験群の杆晶体の重量は、仕立て作業によつて減少し、同作業終了時には対照群のおよそ 60% まで減少した。その終了後には急速な回復が始まり、約 20 日で対照群の値まで回復した。

実験手術群では、手術直後僅かに低下した後に回復が始まり、実験群とほぼ平行に増加し、実験群と同様に手術後 20 日で対照群と同じ水準に復帰した。しかし、実験群についても同じ傾向がみられるが、対照群における値が僅かに変動する程度の要因が働いた場合でも、実験群あるいは実験手術群では値の変動が大きくあらわれる。実験手術群の実験終了時における値は、対照群の約 84% であつた。

対照手術群は手術直後に急激な減少がみられ、10 日目まで回復の兆しがみられるが、その後減少が始まり、実験終了時には対照群のほぼ 66% まで減少した。

血清乳酸量と杆晶体重量との間には負の相関関係が認められる ( $r = 0.451, n = 29-2$ )。

### 考 察

一般に高等動物の血清中の蛋白質量は、蛋白質代謝における同化作用の強さをあらわす指標として用いられ、同様に血清中の非蛋白性窒素は同代謝における異化作用の強さを、また、血清中の乳酸量は含水炭素代謝の異化作用の強さを示すとされている。アコヤガイの血清について、この面から研究された例はないが、筆者は上記の指標を用いることとした。ただ、含水炭素代謝の同化作用の指標として一般には血糖量が用いられるが、アコヤガイの血清中には血糖値として測られてくる還元性の物質は存在しても、真正血糖がほとんどあるいは全くないので、含水炭素分解酵素を多量に含む杆晶体の重量を指標としたわけである。実験の結果によれば、これらの2組の物質の間には、いずれも負の相関関係が認められるので、代謝の傾向を見出すための指標となると考えられた。

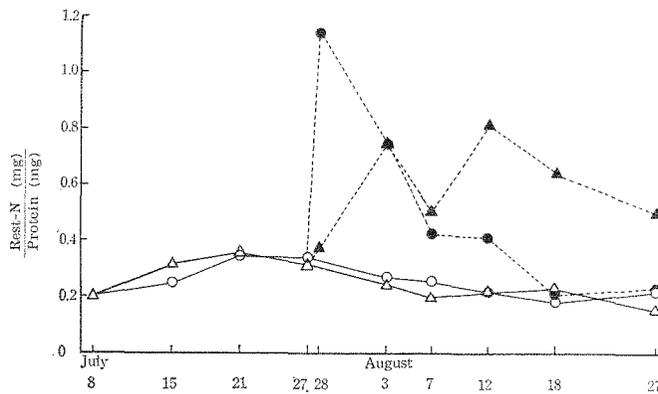


Fig. 7. Changes in the relationship between anabolism and catabolism in the protein metabolism.

Showing that the larger the values (rest-N/protein), the greater is the catabolism.

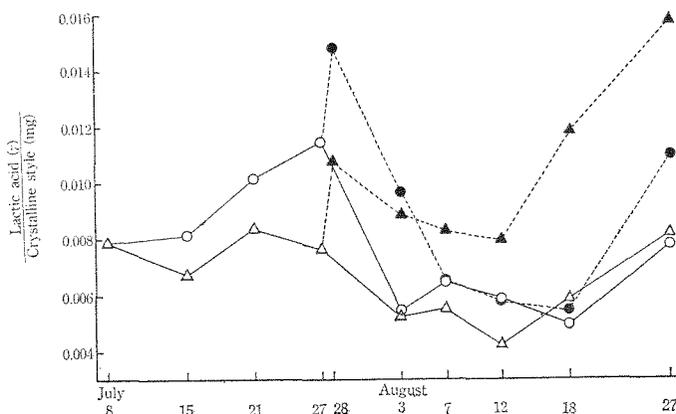


Fig. 8. Changes in the relationship between anabolism and catabolism in the carbohydrate metabolism.

Showing that the larger the values (lactic acid/crystalline style), the greater is the catabolism.

以上のような観点から、蛋白質代謝の傾向を推定するために、非蛋白性窒素量を蛋白質量で除した値をとり、比較してみることにした。Fig. 7 にそれを示す。そこに得られた数値が大であるほど同化作用と異化作用の均衡が相対的に異化へ偏っていることを示している。同様に含水炭素代謝についても乳酸量を杆晶体の重量で除した値を求めた (Fig. 8)。

実験群についてみると、仕立て作業によつて蛋白質代謝がとくに異化へ傾くことはなく、均衡が対照群と同様に保たれていると考えられるが、その強さは Fig. 2 および Fig. 4 から明らかのように、蛋白質量・非蛋白性窒素量ともに減少していることから、代謝の均衡が保たれたままその強さを減弱した状態にあると考えられる。含水炭素代謝では対照群よりも値が大きくなり、仕立て作業の影響が観察されるが、これは Fig. 6 で明らかのように異化作用が増強されたためではなく、同化作用が異化作用の減少よりもさらに大きく減少したために生じた見掛け上の異化への偏りである。実際には乳酸量が対照群のそれより減少しており、蛋白質代謝と同様に代謝の強さは対照群よりも低くなっている。しかし、この図から仕立て作業によつて含水炭素が主として消費されると推定される。このように代謝における均衡が保たれたまま、その強さを減少した状態は、代謝活動が抑制されたことを示すと考えられる。

仕立て作業後の実験群の動向は、蛋白質代謝では対照群とほとんど同じ傾向を示し、含水炭素代謝では1週間以内に対照群とほぼ同じ傾向に戻るが、杆晶体の重量が急には増加しないことから、異化への偏りがやや強くあらわれている。

実験手術群における動向は、蛋白質代謝と含水炭素代謝が共に異化の増強を示している。蛋白質代謝では手術直後の蛋白質の激減が異化への偏りとして示されているが、以後その傾向は次第に少なくなり、手術後約20日で実験群あるいは対照群と同じ水準にまでその均衡をとり戻している。含水炭素代謝でも杆晶体の増量にしたがつて、手術後10日で実験群と同じ水準まで回復し、均衡の崩れは少ないと思われた。

対照手術群の場合は、蛋白質・含水炭素両代謝共に異化作用の増強と同化作用の停滞および減少によつて、相対的に異化への偏りが他の3群にくらべ、かなり大きくみられる。しかも両代謝共に手術後1カ月を経過しても、他の3群の水準まで復帰せず、大きく代謝の不均衡が生じたと推定される。

以上の実験手術群および対照手術群の動向から、挿核手術そのものの影響として考えられる変動は、蛋白質量、非蛋白性窒素量ともに手術後10日までに、乳酸量と杆晶体の重量についても約10日までに起こっており、この間においては両群とも同じような変動の仕方をしていくことが観察される。しかし、その後における動きには相違があり、仕立て作業によつて代謝活動が均衡を保つたまま低減した状態に置かれた貝では、手術後10日ないし20日で正常の均衡状態あるいは水準にまで回復するにもかかわらず、正常な代謝活動を営んでいた貝では、手術後10日以降は代謝が大きく異化の方向へ傾き、均衡が崩れて回復が長びくことが観察された。

このように、生体に対して同じ強さの外科的侵襲(挿核手術)を与えても、その時の生体の生理状態の在り方によつて、術後の代謝の均衡に相違があらわれている。このような現象を説明するために、筆者は対照手術群における過剰な生体防禦反応の発動があつたからであると考えているが、この反応の存否を確かめるためには貝の神経-内分泌性調節機構についての研究が必要とされる。現在までの実験<sup>7)</sup>では、神経分泌物の確認がなされておらず、単に生理状態の抑制による神経節および軸索内の糖原の減少から、神経伝導機能の減退が推定されたすぎない。今後の研究にまたねばならない。

## 摘 要

1. アコヤガイの真珠養殖において、挿核手術とその前に行なう仕立て作業が、貝の蛋白質代謝と含水炭素代謝の活動に与える影響を、血清中の蛋白質量、非蛋白性窒素量および乳酸量ならびに杆晶体の重量を指標として推察した。

2. 血清蛋白質量と水温との間には正の相関関係が、また、血清非蛋白性窒素と水温との間には負の相関関係が認められる。蛋白質量と非蛋白性窒素量との間には負の相関関係が、また、血清乳酸量と杆晶体の重

量との間にも負の相関関係が認められる。

3. 仕立て作業による影響は、主として蛋白質・含水炭素両代謝の抑制としてあらわれるが、蛋白質代謝が異化・同化両作用の低下という形をとるのに反し、含水炭素代謝では異化への偏りがみられる。しかし、対照群のそれよりも活動の水準が低い。

3. 挿核手術の影響は、挿核手術時の貝の生理状態によつて異なる。しかし、手術後 10 日までにあらわれる代謝の異化への偏りは、手術時の生理状態の違いによつて大きな差異を生ずることがなく、この間の動向は主として挿核手術による外科的侵襲のみの影響に基因すると考えられる。手術後 10 日以降の動向は明らかに手術時の生理状態の在り方による相違を示し、代謝の抑制を受けた貝では手術後 10 日ないし 20 日で代謝活動の水準あるいは異化・同化作用の均衡を回復した。一方、正常な代謝活動を営んでいた貝では、異化作用の増強と同化作用の停滞ないし減退から、代謝の均衡が大きく異化の方向へ偏り、1 ヶ月を経過してもその不均衡状態から脱し得なかつた。

5. このような代謝の不均衡をもたらす原因について、生体防禦反応の発動が推測されるが、今後の研究にまたねばならない。

#### 文 献

- 1) 植本東彦： 国立真珠研究所報告，6，619～635 (1961).
- 2) 植本東彦： 同誌，9，1121～1127 (1964).
- 3) 植本東彦： 同誌，9，1113～1120 (1964).
- 4) 植本東彦： 未発表
- 5) 金井 泉： 臨床検査法提要，20 版，金原出版，東京 (1955).
- 6) 藤井暢三： 生化学実験法 (定量篇)，南山堂，東京 (1964).
- 7) 植本東彦： 水産学会年会講演 (1966).

**Studies on the Mineralization of Calcified Tissues in  
Molluscs—XV. Amino Acids in Organic Matter  
of Extrapallial Fluids Forming Calcite Shell**

Koji WADA

日本水産学会誌  
第三十三卷 第十一号 別刷  
昭和四十二年十一月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of  
the Japanese Society of Scientific Fisheries  
Vol. 33, No. 11, November 1967.

## Studies on the Mineralization of Calcified Tissues in Molluscs—XV. Amino Acids in Organic Matter of Extrapallial Fluids Forming Calcite Shell\*

Koji WADA\*\*

(Received June 5, 1967)

It has been suggested from experimental results by many investigators<sup>1-4)</sup> that several environmental conditions in calcifying fluids as pH, temperature, ionic strength of magnesium and strontium and content of certain organic matters in the fluids where calcium carbonate is crystallized, may be important factors influencing upon polymorphic formation of carbonate. Recently, KOBAYASHI<sup>5)</sup> has shown using paper and cellulose acetate electrophoresis that the extrapallial fluid forming calcite shell in molluscs contains a single component of protein, and that forming aragonite one, three or more. He paid, therefore, his attention on effects of the components upon crystalline forms of the calcium carbonate.

On the other hand, amino acid analysis of organic matrix, conchiolin, in the shell indicates a possible participation of the protein components to the polymorphic formation of carbonate in molluscan shells (ROCHE *et al.*,<sup>6)</sup> HARE,<sup>7)</sup> WADA<sup>8)</sup>). WATABE and WILBUR<sup>9)</sup> have demonstrated *in vivo* and *in vitro* that the organic matrix plays an important role on determining the type of crystals through their experiments on remineralization of decalcified aragonite shell in the solution favouring to the calcite formation. Similarly, SIMKISS<sup>10)</sup> has found that conchiolin in decalcified calcite shell helps the calcite formation in media even which promotes the aragonite formation *in vitro*. These experimental results mean that the conchiolin may possess a catalytic function which facilitates the formation of aragonite or calcite. The present author<sup>11)</sup> further suggested in his preceding paper that organic matter in the extrapallial fluid which was in contact with a nacre may be modified in its amino acid pattern while it was denatured to conchiolin and mineralized simultaneously.

This work will propound two answers to suggest (1) whether the modification of amino acid composition will occur in the protein matrix of species with calcite shell in the course of formation and mineralization of conchiolin, as already suggested in the nacre of several bivalve molluscs, and (2) whenever the precursor of conchiolin will get the functions to determine the crystal form of calcium carbonate.

### Materials and Methods

*Chlamys nobilis* and *Crassostrea gigas* used in this study were collected in the

---

\* Contribution No. 155 from National Pearl Res. Lab.

\*\* National Pearl Research Laboratory, Ago, Mie (和田浩爾: 国立真珠研究所)

water around the Tatokujima Station of the National Pearl Research Laboratory in Ago Bay, in January 1966, and at an oyster farm in Matoya Bay, Mie Prefecture, Japan in November 1966, respectively. The marine bivalves have calcite shell consisting of calcitostracum.

Hydrolysis and amino acid analysis of the extrapallial fluid and of the conchiolin were carried out according to the same procedures as those used in the preceding investigation.<sup>11)</sup> Amino acid composition of conchiolin of the *Crassostrea* shell was the data<sup>8)</sup> published by the present author in 1966.

### Results

The number of amino acid residues per 1000 total residues is shown in Table 1 for the hydrolyzates of the extrapallial fluid of the two marine bivalves, *Chlamys nobilis* and *Crassostrea gigas*, indicating the characters described below. The fluid of both of the species contains as relatively a high content of glutamic acid residue as that of the bivalves with nacre, and larger amounts of aspartic acid and histidine. However, *Crassostrea gigas* secretes the extrapallial fluid having taurine, aspartic acid, proline, methionine, leucine and arginine residues in larger contents and glycine,

**Table 1** Comparison of amino acid composition between the extrapallial fluid and conchiolin of the bivalve molluscs with calcite shell.

Materials Amino acid	<i>Chlamys nobilis</i>		<i>Crassostrea gigas</i>	
	extrapallial fluid	conchiolin	extrapallial fluid	conchiolin
Cysteic acid	5	3.2		9.1
Taurine	10.3		32.8	
Aspartic acid	143.3	378.4	203	392.9
Threonine	39.4	16	48.5	10.7
Serine	37.7	170.1	37.6	183.9
Glutamic acid	113	57.3	123.8	31.8
Proline	22.4	+	37	17.1
Glycine	115.2	159.5	55.4	224.9
Alanine	34.5	54.2	47.7	10
Cystine			8.1	
Valine	24.8	14.3	28.4	10.5
Methionine	8.2	+	30.9	+
Isoleucine	27.2	7.1	35.1	4
Leucine	33.2	16.3	75.1	8
Tyrosine	22	+	37.8	45.9
Phenylalanine	160.6	+	43.9	5.2
Lysine	46.8	87.6	4	22.6
Histidine	122	8.6	94.3	1.7
Arginine	34.5	27.4	56.5	22
NH <sub>3</sub>	(2.5)	(1.2)	(1.6)	(7.7)

phenylalanine and lysine in smaller contents compared with *Chlamys nobilis*.

Fig. 1 illustrates the modification of amino acids in the process of formation and mineralization of the organic matrix of the calcitostracum as common logarithm of ratio of each residue in the extrapallial fluid to corresponding residue in the conchiolin contacted with the fluid. About two-fifth of aspartic acid content and about one-fifth of serine in the conchiolin are in the fluid of the two species, while much larger amounts of threonine, glutamic acid, phenylalanine and histidine residues are contained there. The rate of increase of glycine residue is less in *Chlamys nobilis* than that in the other bivalves used in the series of this study, since the fluid of the former has a large amount of the residue. A considerable increase of alanine content

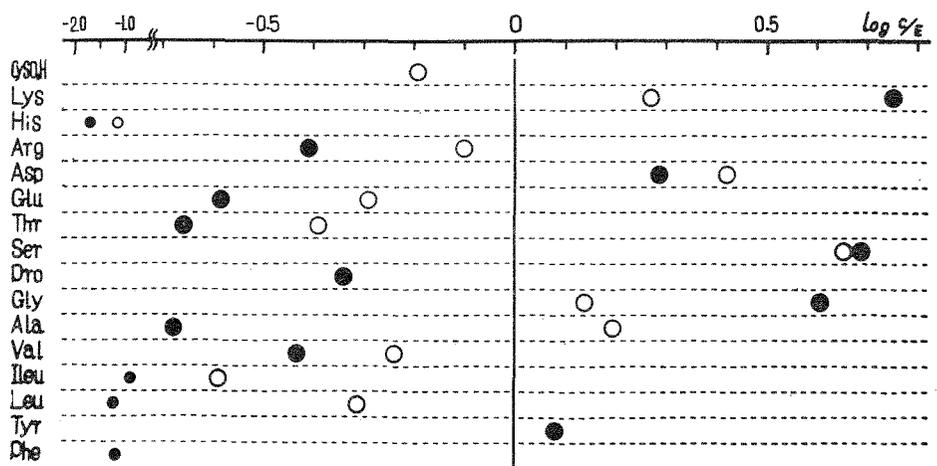


Fig 1. Showing ratio of 16 amino acids in the conchiolin of calcitostracum to corresponding residues in the extrapallial fluid covered on the layer.

○; *Chlamys*, ●; *Crassostrea*.

as seen in the course of formation of the nacre does not appear to occur in formation of the calcitostracum. Although a larger amount of lysine and smaller of arginine were found in the fluid of *Pinctada martensii* and of *Hyriopsis schlegeli* than in the nacreous conchiolin of each species, an inverse relationship was found between the fluid and conchiolin of *Chlamys nobilis* and *Crassostrea gigas*. Taurine is abolished in the process of formation and mineralization of the organic matrix.

The marked differences found in the ratio of acidic to basic amino acid residues and in nonpolar amino acids between calcitic and aragonitic conchiolins of these species appear to be obscure between the extrapallial fluid from which calcite or aragonite is crystallized.

### Discussions

HARE<sup>77</sup> has reported that the ratio of acidic to basic amino acid residues in the organic matrices contained in calcitic units of the *Mytilus* shell differs appreciably

from in aragonitic units. In his biochemical study on the amino acid composition of conchiolin obtained from calcitic and aragonitic layers of several cephalopods, gastropods and bivalves, WADA<sup>6)</sup> indicated that both the organic matrices have large amounts of aspartic acid, serine and glycine residues, and that relatively higher contents of aspartic acid and serine are characteristic of the calcitic conchiolin and of alanine, proline, leucine and arginine are of aragonitic one. It was suggested experimentally by WATABE and WILBUR<sup>9)</sup> and SIMKISS<sup>10)</sup> that structural configuration and conformation of conchiolin may be effective the polymorphic formation of calcium carbonate *in vivo* and *in vitro* remineralization of demineralized matrices of molluscan shells. On the other hand, KOBAYASI<sup>5)</sup> pointed out that the extrapallial fluid of bivalves with aragonite shell is in a more complex system of proteins and carbohydrates than that of species with calcite shell.

As found in the extrapallial fluid contacted with the nacre, relatively large amounts of acidic amino acid residues, aspartic and glutamic acid residues being respectively 143.3 and 113 in *Chlamys nobilis* and 203 and 123.8 in *Crassostrea gigas* per 1000 of total residues, are contained in the fluid of the species with calcite shell. This fact further indicates that aspartic acid, serine and glycine appear to be incorporated largely into the conchiolin of the calcitostracum and of the nacre<sup>11)</sup> in the process of formation and mineralization of the matrix, though the first two residues are much larger and the last one is less in the calcifiable matrices than in uncalcifiable ones. Threonine, glutamic acid, proline and histidine appear to decrease in the processes of formation of calcitostracum. While much larger amounts of aspartic acid and serine are concentrated in the conchiolin of the calcitostracum. It seems to be in contrast to that the increase of alanine occurs in that of the nacre at a high rate. These results may suggest that available fragments of aspartic acid and serine in the organic matrix involve the initiation of crystal nucleation in molluscan shells in some way, and that the stereochemical properties of the organic matrix is important in the polymorphic formation of shell minerals. It is also probable that some organic matters contained in the extrapallial fluid affect the precipitation rate of calcium carbonate, pH and roles of other elements in the fluid because of complex formation with cation and anion in the solution, and then may be one of important factors influencing on crystal form of calcium carbonate in biological mineralization, as pointed out in non-biological systems by KITANO and HOOD.<sup>4)</sup>

### Summary

1. Amino acid composition of the extrapallial fluid which favours to occurrence of calcite shell was investigated on *Chlamys nobilis* and *Crassostrea gigas*, and results were presented together with discussion in special reference to the polymorphic formation of calcium carbonate in molluscan shells.

2. The amino acid pattern of the fluid was to differ from conchiolin in each

species. It is therefore possible that parts of organic substances secreted from the mantle are abolished or changed in the process of formation of a calcitostracum as seen in the nacre.

3. The extrapallial fluid contacted with the calcitostracum or the nacre did not appear to have the amino acid pattern which is characteristic of calcitic or aragonitic conchiolin, respectively.

#### Acknowledgement

The present author expresses his sincere thanks to Professor HIROYUKI HATANO of Kyoto University for his useful advices and reviewing the manuscript and to Director SHIGERU OTA of National Pearl Research Laboratory for his encouragement. The author is in debt to Mr. TADAO SATO for several experimental specimens of *Crassostrea gigas*.

#### References

- 1) M. WATANABE: *J. Geol. Soc. Japan*, **23**, 1~25, 60~84, 110~126, (1916).
- 2) K. TOGARI and S. TOGARI: *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. 6*, **9**, 55~60 (1955).
- 3) Y. KITANO: *J. Chem. Soc. Japan*, **76**, 581~584 (1955).
- 4) Y. KITANO and D. W. HOOD: *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **29**, 29~41 (1965).
- 5) S. KOBAYASI: *Biol. Bull.*, **126**, 414~422 (1964).
- 6) J. ROCHE, G. RANSON, and M. EYSSERIC-LAFON: *Compt. Rend. Soc. Biol.*, **145**, 1474~1477 (1951).
- 7) P. E. HARE: *Science*, **139**, 216~217 (1963).
- 8) K. WADA: *This Bull.*, **32**, 295~303 (1966).
- 9) N. WATABE and K. M. WILBUR: *Nature*, **188**, 334 (1960).
- 10) K. SIMKISS: *Biol. Rev.*, **39**, 487~505 (1964).
- 11) K. WADA: *This Bull.*, **33**, 613~617 (1967).

## Studies on the Mineralization of Calcified Tissues in Molluscs—XVI. Amino Acid Composition of Mucous Substance Secreted through Inner Surface of Mantle of Some Marine Bivalves\*

Koji WADA\*\*

(Received June 5, 1967)

In biological mineralization, it has been supported theoretically and experimentally that organic matrices in such calcified tissues as bone and tooth have an important role in initiating the nucleation of mineral crystals under the physiologically controlled concentration of calcium phosphate. Different considerations appeared on the role which chemical fractions of the matrices are most available as the crystal-nucleating site. SOLOMONS and IRVING<sup>1)</sup> have found that dentine collagen differs probably from skin and tendon collagen on some properties of structural observation and chemical behaviors and paid attention to the  $\epsilon$ -amino groups contained in the nucleation center of lysine and hydroxylysine in the calcifying collagen. It was proposed by NEUMAN and NEUMAN<sup>2)</sup> that crystals of hydroxyapatite may be introduced onto the organic matrices by epitaxial growth without exceeding the solubility product of calcium phosphate. GLIMCHER<sup>3)</sup> concluded that the nucleation and mineralization of collagen in non-mineralized tissues are inhibited by the negatively charged mucopolysaccharides and glycoproteins in the ground substance. Most of histochemical investigations,<sup>4~6)</sup> on the other hand, have suggested that acid mucopolysaccharides may be important in calcification *in vivo*. SOBEL<sup>7)</sup> has paid special attention to the functional role of acid mucopolysaccharides together with sulfate, which charges negatively and can bind with calcium, as a "local factor" in calcification. From a fine electron micrograph which showed clearly the microcrystals of apatite deposited at regular intervals along the striations of the collagen fibrils, PIEZ<sup>8)</sup> has emphasized that the mechanism of nucleation in biological mineralization may probably depend on some sequential order of amino acid side chains which would constitute an "active" surface akin to the active site of enzymes.

In shell formation of molluscs, it has been already suggested that sulphated mucopolysaccharides in mucous substances of the mantle may combine an enormous amount of calcium and transport them to the site of mineralization of the shell throughout the mantle tissue (TANAKA and HATANO<sup>9)</sup>), and so occurrence of sulfatase in the mantle mucus assumes to liberate calcium by hydrolysing the sulphated mucopolysaccharides there (SOUDA<sup>10)</sup>). TANAKA and HATANO<sup>11)</sup> has thought, based on the above-mentioned concepts, that the sulphated mucopolysaccharides and mucoprotein

---

\* Contribution No. 156 from National Pearl Res. Lab.

\*\* National Pearl Research Laboratory, Ago, Mie (和田浩爾, 国立真珠研究所)

may act as a calcium carrier and then calcium carbonate put out to precipitate crystals in molluscan shells. Mucous substances in the extrapallial fluid secreted between mantle and shell show metachromasia with toluidine blue (NAKAHARA,<sup>12)</sup> WADA<sup>13)</sup>) and appear to be of acid mucopolysaccharides and mucoprotein (TANAKA and HATANO,<sup>9)</sup> KOBAYASHI,<sup>14)</sup> FURUHASHI and WADA<sup>15)</sup>). Although the mucous substances seem to be incorporated into the calcified nacre in *Pinctada martensii* and *Pinna attenuata*, (NAKAHARA<sup>12)</sup>) it is possible that the mucous substances may be denatured to form the organic matrix, conchiolin.<sup>15, 16)</sup> A part of organic matters in the fluid appears to be removed in the process of formation and mineralization of conchiolin. HARE<sup>17)</sup> and WADA<sup>18)</sup> have found that amino acid composition of the organic matrix in mineralized layers differs markedly in quantity but not in quality from that of the matrix in non-mineralized layers. That side chains of acidic and basic residues of the organic matrix are important in opening of nucleation has been reported by HARE.<sup>17)</sup> Furthermore, WADA<sup>19)</sup> has found mixing of mineralized and non-mineralized organic granules formed on a coverslip put between the mantle and shell and the incorporation of calcium-45 in only the organic granules, which show metachromasia with toluidine blue, when the isotope was injected into adductor muscle of the oyster with coverslips. That mineral crystals occur along distribution of the metachromatic substance in the organic granules may suggest that the segment of the organic matrix which is metachromatic involves in some ways in initiation of *in vivo* mineralization of shells without excess supersaturation of calcium carbonate, as has been discussed by WADA.<sup>18, 19)</sup> He<sup>20)</sup> found histochemically that metachromasia of the matrix is probably due to sulfate groups of acid mucopolysaccharides. ABOLINŠ-KROGIS<sup>21)</sup> thought that the metachromatic granules which appeared in broken areas on repairing of the shell of *Helix pomatia* and were termed "organic crystal" by her, have a physiological function corresponded to the segment of the organic matrix to induce the nucleation in bones and teeth. On the other hand, an attention has been paid that organic and inorganic phosphates in metabolites and natural sea water behave as a crystal poison which inhibit the nucleation and subsequent growth of shell minerals (SIMKISS<sup>22)</sup>).

All of the organic matrix which reacts metachromatically and has the higher ratio of acidic to basic amino acid residues, however, do not always mineralize in process of formation of shells.<sup>13)</sup> For example,<sup>18)</sup> amino acid pattern of conchiolin appears to be modified in dependence on taxonomic significance, and several non-mineralized conchiolin of Cephalopoda and Gastropoda has the similar ratio of acidic to basic residues as pointed out in mineralized conchiolin by HARE.<sup>17)</sup> While young periostracum formed between outer and middle folds of mantle of several marine bivalves never be calcified itself *in vivo*, despite it shows metachromasia.<sup>18)</sup> In addition, shell minerals occur from outer secretion, so-called "extrapallial fluid", excreted through the outer surface of mantle tissue but do not precipitate from inner mucous substances secreted through the inner surface of mantle tissue. In his histochemical

comparison of the mucous substances included in mucous cells on the inner and outer surfaces of *Anodonta*, BEEDHAM<sup>23)</sup> has reported that sulfated mucopolysaccharides are contained in only the inner mucous cells. According to the WADA's report,<sup>13)</sup> it is evident that mucous substances in the mucous cells distributed in the mantle of fresh-water and marine molluscs appear to contain acid mucopolysaccharides, but the intensity of metachromasia depends upon molluscan species and local areas of a mantle. JODREY<sup>24)</sup> and HORIGUCHI,<sup>25)</sup> on the other hand, suggested that almost all of dynamic calcium concentrated in the mantle may be excreted in a narrow space between the mantle and the shell valve in some marine bivalves by using calcium-45. For exploring the mechanism of nucleation in mineralization of molluscan shells, it is important to consider how the shell could be formed only in outer secretion of the mantle.

### Materials and Methods

This study was carried out with same individuals of *Pinctada martensii* and *Chlamys nobilis* used in the preceding works.<sup>16,26)</sup> Mucous substances secreted and adhered on the inner surface of the mantle were collected with an injector without a needle with scrupulous care so as not to be contained such contaminations as small fragments of the mantle tissue and organic matters in sea water. Hydrolyzates of pooled samples of each species with 6 N hydrochloric acid were offered in order to amino acid analysis. An KLA-3 Hitachi amino acid analyzer was used for automatic determination of amino acid contents.

### Results

Table 1 shows amino acid composition of mucous substances covered on the inner surface of mantle of *Pinctada martensii* and *Chlamys nobilis* compared with that of extrapallial fluid of each species. In *Pinctada martensii*, amino acid patterns of the secreted mucous substances on inner and outer surfaces of the mantle appear to be quite similar each other. While the number of taurine, tyrosine, phenylalanine and histidine residues of the inner differs markedly from the outer mucous substance in *Chlamys nobilis*. That is, the inner mucus contains larger amounts of taurine and tyrosine, whereas about one-second of phenylalanine and histidine in the extrapallial fluid. Taurine is also higher in the inner mucus of *Pinctada martensii* than in the fluid.

The inner and outer mucous substances secreted from the mantle of *Pinctada martensii* have higher contents of taurine and non-polar amino acids excepts to phenylalanine and about twice to three times of arginine residue in those of the *Chlamys* mantle. On the contrary, larger amounts of glycine, phenylalanine and histidine residues are contained in the mucus of the latter species. Similar concentrations of aspartic acid, serine and glutamic acid, as seen in Table 1, are found between both of the species, respectively.

**Table 1.** Comparison of amino acid composition between the mucous substances secreted through the inner and outer surfaces of mantle of the same species (amino acid residues per 1000 total residues).

Materials Amino acid	<i>Pinctada martensii</i>		<i>Chlamys nobilis</i>	
	inner mucus	extrapallial fluid*	inner mucus	extrapallial fluid*
Cysteic acid	12.4	13.8	4.2	5
Taurine	135.7	82.2	55	10.3
Aspartic acid	110.3	127.6	112.3	143.3
Threonine	50.2	60.4	39	39.4
Serine	40.2	49.9	40.3	37.7
Glutamic acid	110.5	116.4	106.1	113
Proline	44.9	36.7	24.9	22.4
Glycine	65.4	48	101.1	115.2
Alanine	43.8	39.8	29.2	34.5
Valine	44.1	51.9	28	24.8
Methionine	9	11.2	4	8.2
Isoleucine	38.7	42.7	23.3	27.2
Leucine	54.2	56.5	37.8	33.2
Tyrosine	44.7	53.7	192.8	22
Phenylalanine	37.8	55.6	64.3	160.6
Lysine	65.8	59.3	46.1	46.8
Histidine	28.2	33.4	63.4	122
Arginine	64.2	60.9	28.1	34.5
NH <sub>3</sub>	(7.6)	(9.9)	(2.4)	(2.5)

\* extrapallial fluid=outer mucus.

The content of crude protein calculated from total nitrate which was determined by micro-Kjeldahl technique is about 4~8 mg/dl of the outer mucus and about 6 mg/dl of the inner one for *Pinctada martensii*, but varies more or less with conditions and seasons of the sampling.

### Discussions

There are similar features in carbohydrate content between the mucous substances covered on the inner and outer surfaces of mantle of *Pinctada martensii* (FURUHASHI and WADA<sup>15</sup>). Further the present results indicate that amino acid composition of the inner mucous substance appears to be essentially same from that of the outer one, extrapallial fluid, in *Pinctada martensii* at least. These facts seem to suggest that if both the mucous substances consist of the same organic constituents, available circumstances which will promote the occurrence of shell materials are provided in the extrapallial fluid, whereas factors which will inhibit the formation and mineralization of conchiolin exist around and in the inner mucus.

The following considerations may be made on the basis of the above-mentioned results and the pictures of calcification in molluscs described in the previous introduction.

The mantle and periostracum consisting of a quinon-tanned protein may form together the ground of crystal growth of shell minerals separated from surroundings between them. Consequently, it is probable that (1) ions and molecules which act as crystal poison will be removed from the extrapallial fluid, (2) some organic constituents of the extrapallial fluid will be able to denature to form premineralized matrix, and (3) the effective activity of calcium carbonate which are quite enough to induce the nucleation of shell minerals on the matrix will be controlled through the homeostatic mechanism of the organisms. When such the circumstances are created by molluscs and no shell mineral occurs there, metachromatic conchiolin which is synthesized in a biological system and shows the strongest affinity for shell minerals appears to act effectively in initiating of nucleation of mineral crystals. It is assumed, as suggested in the preceding papers,<sup>26)</sup> that the mineralizing matrix gets the stereochemical structure having the active surface to be available to the initiation of crystal nucleation in the course where proteinous substances contained in the extrapallial fluid are supposed to denature to the matrix in irreversible change. Especially, the present author has paid the most important attention to the combination of certain segments of serine and aspartic acid with acid mucopolysaccharides or with calcium itself in opening of mineralization of the organic matrix, since the amount of these residues is significantly larger in the conchiolin of mineralized layers than in that of non-mineralized ones. Non-mineralized matrix such as periostracum and horny plate may also serve as the substratum for the mineralized matrix.

### Summary

1. Amino acids of the mucous substance covered on the inner surface of mantle of *Pinctada martensii* and *Chlamys nobilis* were determined by using a KLA-3 Hitachi amino acid analyzer.
2. In *Pinctada martensii* at least, the amino acid pattern of inner mucus where shell matters never occur *in vivo* did not differ from that of extrapallial fluid which is secreted on the shell side of a mantle and able to form mineralized shell.
3. The similar number of aspartic acid, serine and glycine residues which are the main amino acids of mineralized matrix were found between both the mucus of the two species, respectively.

### Acknowledgement

The present author expresses his sincere thanks to Professor Hiroyuki HATANO of Kyoto University for his useful advices and reviewing the manuscript and to Director Shigeru OTA of National Pearl Research Laboratory for his encouragement. The author is in debt to Professor H. HATANO for determination of amino acid contents through the series of this study and to Mr. Miyasaburo TANIGUCHI for determination of total nitrate.

## References

- 1) C. C. SOLOMONS and J. T. IRVING: *Biochem. J.*, **68**, 499 (1958); (cited by SOLOMONS *et al.*, 1960).
- 2) W. F. NEUMAN and M. W. NEUMAN: *The Chemical Dynamic of Bone Mineral*, 209 pp., The University of Chicago Press, Chicago (1958).
- 3) M. J. GLIMCHER: in "Calcification in Biological Systems" (R. F. SOGNAES, ed.), 421~487, *Amer. Assoc. Advance, Sci.*, Washington (1960).
- 4) G. BEVERANDER and P. S. JOHNSON: *Anat. Rec.*, **108**, 1~21 (1950).
- 5) J. T. IRVING: *Clin. Orthopaedics*, **17**, 92~102 (1960).
- 6) S. YOSHIKI and Y. KUWANA: *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, **5**, 1~9 (1964).
- 7) A. E. SOBEL: in "Recent Advances in the Study of the Structure, Composition, and Growth of Mineralized Tissues" (R. W. MINER, ed.), 713~732, *Ann. New York Acad. Sci.*, **60** (1955).
- 8) K. A. PIEZ: in "Comparative Biology of Calcified Tissue" (M. L. MOSS, ed.), 256~268, *Ann. New York Acad. Sci.*, **109** (1963).
- 9) S. TANAKA and H. HATANO: *Aisotopu Kenkyu Riyo Souran* (Japan), 307~311 (1956).
- 10) T. SOUDA: *Kagaku* (Japan), **7**, 101~103 (1937).
- 11) S. TANAKA and H. HATANO: *Rep. No. 74 of the Nippon Institute for Scientific Research on Pearls*, 1~8 (1963).
- 12) H. NAKAHARA: *Bull. Natl. Pearl Res. Lab.*, **8**, 871~878 (1962).
- 13) K. WADA: *ibid.*, **11**, 1283~1297 (1966).
- 14) S. KOBAYASHI: *This Bull.*, **30**, 893~907 (1964).
- 15) T. FURUHASHI and K. WADA: unpublished.
- 16) K. WADA: *This Bull.*, **33**, 613~617 (1967).
- 17) P. E. HARE: *Science*, **139**, 216~217 (1963).
- 18) K. WADA: *This Bull.*, **32**, 304~311 (1966).
- 19) K. WADA: *Bull. Natl. Pearl Res. Lab.*, **9**, 1087~1098 (1964).
- 20) K. WADA: *This Bull.*, **30**, 993~998 (1964).
- 21) A. ABOLINŠ-KROGIS: *Acta. Zool.*, **39**, 19~38 (1958).
- 22) K. SIMKISS: *Biol. Revs.*, **39**, 487~505 (1964).
- 23) G. E. BEEDHAM: *Quart. J. Micro. Sci.*, **99**, 181~197 (1958).
- 24) L. H. JODREY: *Biol. Bull.*, **104**, 398~407 (1953).
- 25) Y. HORIGUHI: *Rep. Fac. Fish., Mie Univ.*, **3**, 381~390 (1959).
- 26) K. WADA: *This Bull.*, **33**, 1002~1006 (1967).

昭和42年11月1日印刷  
昭和42年11月5日発行

三重県志摩郡阿児町賢島

発行所 **国立真珠研究所**

発行者 太 田 繁

印刷者 古 門 龍 雄

大阪市東淀川区下新庄町4丁目167

印刷所 国際印刷工業株式会社

# Bulletin of the National Pearl Research Laboratory

12

November 1967



## CONTENTS

- Sawada, Y. and Taniguchi, M. The oceanographical studies on the pearl culture ground IV. On the seasonal changes of bottom condition and the improvement method of bottom mud in the superannuated pearl farm .....1379
- Kuwatani, Y. and Nishii, T. Effect of the amount of rice powder supplied as the diet on the growth of Japanese pearl oyster in tank culture .....1409
- Hasuo, M. The influence on the qualities of cultured pearls caused by difference of the activity control period in so called "Shitate" (control of physiological condition of the pearl oyster for the operation) .....1432
- Sakaguchi, S. Studies on a trematode parasite of the pearl oyster, *Pinctada martensii*—VI. Artificial infection with the encysted metacercaria to the final host .....1445
- Studies on the under water blasting of reef in the pearl culture ground  
—I .....1455
- Wakazono, Y. and Nakano, M. I. Studies on the under water blasting—  
on the clearing of under water obstruction
- Wakazono, Y. and Ogawa, T. II. Studies on the under water blasting—  
on the shock wave due to under water blasting
- Sawada, Y., Mizumoto, S., Sakaguchi, S. and Seki, M. III. Studies on the  
effects of marine faune by the shock wave due to under water blasting  
**The originals published in other journals**
- Wada, K. Studies on the mineralization on 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
- Uemoto, H. Effects of Shitate-Sagyo and the operation of nuclear insertion on some  
serum components and on the weight of crystalline style in the pearl  
oyster
- Wada, K. Studies on the mineralization on the calcified tissue in molluscs—XV.  
Amino acids in organic matter of extrapallial fluid forming calcite shell.
- Wada, K. Studies on the mineralization on the calcified tissue in molluscs—XVI.  
Amino acid composition of mucous substance secreted through inner  
surface of mantle of some marine bivalves.

---

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