

## アゲマキの生態 — IV

— 客土による養殖アゲマキの成長・生残と漁場底質の改善 —

吉本 宗央・首藤 俊雄\*

Ecological Study of Jack Knife Clam *Simonovacula constricta*-IV  
Growth and Survival of Cultured Clam, Properties of Mud in the Culture Ground  
and Its Improvement by Scattering Sands in Clam bed

Muneo YOSHIMOTO, Toshio SHUTOU\*

### Abstract

At the front of Kokuei Ariake reclaimed land in back part of Ariake Sea, experiments of Jack knife clam culture were carried out for grasping the change of its growth and survival rate by transporting it to low ground area, and the change of the properties of bottom mud in culture ground and its growth by scattering there with sand.

Cultured Jack knife clam in scattered culture ground showed better growth and survival rate than natural one. But, in no scattered culture ground, it couldn't survive. Total Sulfide, Ignission Loss and Chemical Oxygen Demand of mud in scattered culture ground showed lower value than natural mud in tideland. About the contents per a fixed volume of wet mud, it was recognized that T. S decreased and I. L which means organic substances increased in scattered culture ground, and pore water in scattered mud was more movable than in natural mud.

From mentioned above, it was presumed that better growth and survival rate by scattering culture ground with sand were due to increasing oxygen supply and improvement of feed condition by improvement of the flow of pore water in the mud.

### まえがき

佐賀県のアゲマキ養殖は、明治20年代後半から始まり、35～40年には、主に中国向けの乾物用として、1万トン近い生産をあげ活況を呈したが、その後、明治末期から大正にかけて発生した異常へい死<sup>1)</sup>により急激に衰退し、昭和初期には100トン以下に減少した。ところが、最近のノリ養殖の低迷により、夏期の貝類養殖が見直され、その中でもアゲマキはアサリ、サルボウなどに比べ成長

が早く高価であるため再び養殖対象種として注目され始めた。農林統計<sup>2)</sup>によると、昭和45年には154トンだった生産が60年には425トンにも増加している。

養殖の基本的な方法<sup>3)</sup>は、明治時代も今も同様で、高地盤高の干潟に発生した稚貝を集め、低地盤高の漁場に蒔きつけ成長を促進させる方法である。しかし、最近の養殖の際だった改善点は、砂

\* 現佐賀県水産局漁政課

を蒔きつけて干潟の泥と混合する、いわゆる客土・耕耘という漁場改良行為をそのサイクルに加えたことである。

客土は、県内の養殖業者が、当初、アゲマキの害敵であるワラスボ（ハゼ科 *Odontamblyopus rubicundus*）<sup>4)</sup>の食害防止のため始めたものだが、養殖の結果から、成長や生残にも有効なことが経験的に知られてきた。しかし、漁場改良行為としての客土・耕耘の意味は、アゲマキの生息環境の面から全く調査されていない。また、養殖アゲマ

キの成長及び生残についても、歴史の古さに比して報告例<sup>9)</sup>が少なく、また、既報告ではこれが、天然貝との比較で十分に検討されていない。

前述したように、アゲマキの養殖生産量は最近になって増加しており、過去の異常へい死を繰り返さないためにも、これら基礎データの収集は必要と考えられる。この試験では、天然貝と比べた養殖貝の成長・生残の促進量と養殖漁場の底質特性及び客土による底質改善のメカニズムについて検討した。

## 材料及び方法

### 試験漁場

図1に示す白石町北明漁協の養殖漁場に隣接した干潟（通称 北角）で、地盤高（潮位基準面からの高さ）は、1.7~1.8m

### 試験期間

1986年5月~87年4月

### 使用種苗

図1に示す地盤高2.0~3.5mの天然漁場で86年5月26日に採捕した平均殻長20.7mm、重量0.58gの天然種苗を各試験区に蒔き付けた。

### 試験方法

6×6mの試験漁場を客土区、無客土区の2つに分け、各々に289個体/m<sup>2</sup>、577個体/m<sup>2</sup>の2つの密度区分を設けた。試験区は、次の4つである。また、この他に、試験区外の同地盤高域に对照区（C区）を設け、採泥を行なった。

客土区（S区） S-3（密度 289個/m<sup>2</sup>）  
S-6（密度 577個/m<sup>2</sup>）  
無客土区（M区） M-3（密度 289個/m<sup>2</sup>）  
M-6（密度 577個/m<sup>2</sup>）

客土区には、15cmの厚さに砂を客土し、干潟泥と十分に混合した。砂は貝殻混りの細砂（中央粒径値約1.2mm）、干潟泥は、ほとんど100%近くが粒径63μm以下のシルト・粘土質である。

### 追跡調査

調査は月1回、大潮前後に実施し、坪刈り、採泥、泥温の測定を行なった。調査時間は干出

後3~4時間以内であった。調査日は次のとおりである。

1986年 5月26日 6.23 7.25 8.21  
9.18 10.15 11.17 12.16  
1987年 1月19日 2.16 3.26 4.14

坪刈りは、各試験区で50×50cmのコデラートを置いて行ない、11月までが1箇所、それ以降は2箇所である。また、天然貝の坪刈りを稚貝採取用ネット（間口58×28cm、目合い6mm）を用いて、図2の地盤高2.0~3.5mで12~80箇所行なった。採取したアゲマキは、計数と殻長、殻高、殻幅、重量の測定を行なった。

底泥は、4試験区及び对照区（C区）で0cm、10cm、30cm層の3層を採取し、層別に砂分、固形率（乾泥率）、比重、全硫化物（T-S）、I L、C O D、吸湿量を測定した。なお、各分析法は以下のとおりである。

泥温：S区、M区、对照区の3箇所、棒状水銀温度計を用いて泥深0cm、30cm、50cm層を測定した。

砂分：目合い63μmの篩で篩い分け、残量を砂分として百分率で表した。

固形率：110°Cで24時間乾燥後、秤量し、乾燥後重量/湿泥重量×100で算出した。

含水率：（100-乾泥率）で算出した。

間隙率：間隙がすべて水で充満しているものとして、（含水率/水の比重）/（含水率/

水の比重+固形率/泥の比重)×100で算出した。

比重：ピクノメーターのかわりに酸素瓶を使用し、試料を入れた後、十分に攪拌して脱気し、12時間放置後に秤量して、ピクノメーターの場合と同様の計算方法<sup>18)</sup>に準じ算出した。

T-S：ガス検知管法。

I L：乾燥泥を700°Cで2時間燃焼させ、減量を百分率で表した。

COD：水質汚濁調査指針の方法。

吸湿量：恒温恒湿器（ナガノ科学製 LH-20-01）を使用して、40°C恒温で一定の相対湿度（R. H）に8～12時間放置後、秤量して求め、100g 乾泥当りの吸湿量に換算して表した。

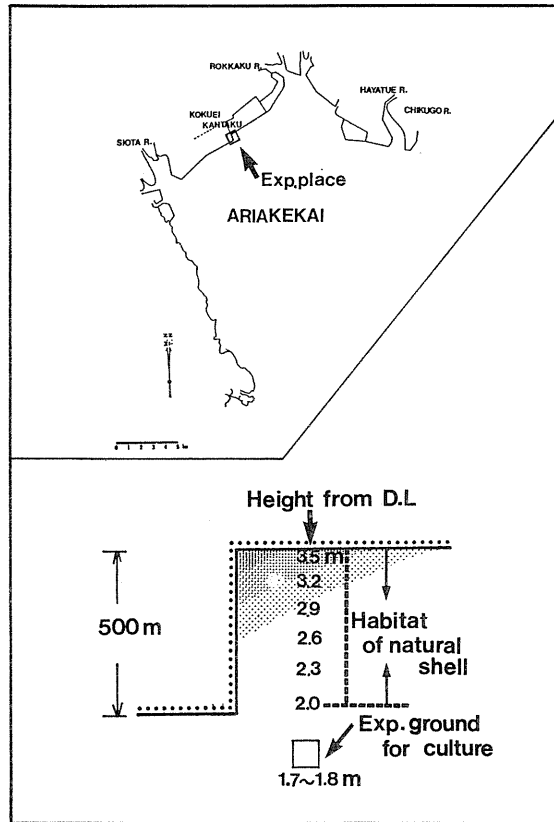


図1 試験地の位置

## 結果及び考察

### 1 成長

アゲマキの殻長及び重量の変化を試験区別に図2に示す。

S区の成長停止期である10月の殻長・重量は、65.6mm、18.0gで、天然貝の1.64、5.24倍である。また、翌年4月の殻長・重量は、66.7mm、20.8g

で、天然貝の1.38、2.09倍である。

M区の全滅前の8月の殻長・重量は、39.1mm、3.8gで天然貝の1.03、1.09倍である。

図2より日間成長量を計算すると、殻長は5～8月まで大きく成長し、5～6月に最高値を示す。その後、8～10月にかけて鈍化し、10～2月

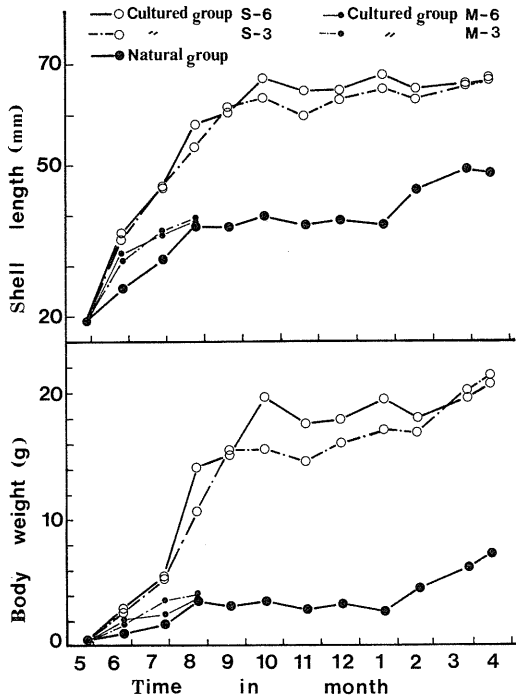


図2 アゲマキの試験区別殻長・重量の変化

には、ほとんど成長がみられない。2～4月には、再び成長が良くなっている。重量もほぼ同様に季節変化し、7～8月に最高値を示した。

S区の5月から8月の日間成長量は、5～6月、6～7月、7～8月の順に、殻長では0.55mm、0.30mm、0.40mm/日で、天然貝のそれぞれ1.87、1.65、1.59倍である。同様に、重量ではそれぞれ0.08g、0.08g、0.27g/日で天然貝の3.73、3.67、3.97倍である。

M区の日間成長量は、5～6月、6～7月、7～8月の順に、殻長では0.40mm、0.14mm、0.10mm/日で、天然貝の1.36、0.76、0.41、重量では0.05g、0.02g、0.05g/日で同2.23、0.71、0.72倍となり6～8月の成長は、天然貝以下である。

## 2 生 残 率

試験開始月の5月の生息密度を100とし、その後の調査毎の生息密度の割合を生残率として図3に示す。但し、5月の天然貝の生息密度は、62個/㎡であった。

S区の生残率は、蒔き付け直後に減少傾向を示すが、5～9月間の変動幅が極めて大きいため、

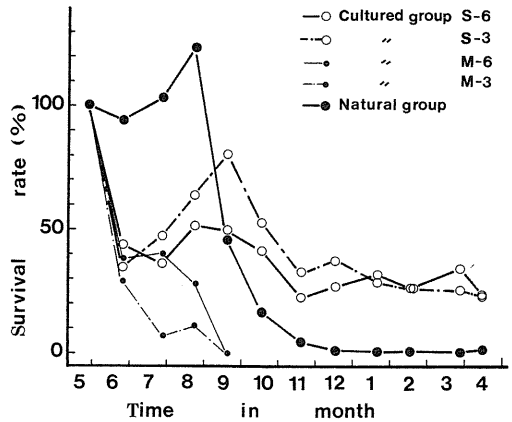


図3 アゲマキの試験区別生残率の変化

これが生息密度の減少を示すものか、あるいは、蒔き付けが不均一なために生じた採取誤差を示すものか断定は難しい。しかし、S-3、6区とも5～6月には同じ傾向を示すこと、またS-6区では6月以降9月まで50%前後と比較的安定していることから、この時期の生息密度は減少傾向にあったものと考えられる。秋口の10～11月には明瞭な減少傾向がみられ、9月の59.6%から11月には25.4%に減少した。その後、11月から冬期にかけての生残率は25～30%程度で安定し、87年4月においても23.1%を示した。M区の生残率は、蒔き付け1ヶ月後に35.1%に激減し、9月には全滅した。

天然貝の生残率は、8月まで安定しているが、9～11月に激減する。8月の127.5%から、9月には48.25%、10月に16.8%、11月には4.6%に減少した。その後の生残率は、坪刈り誤差が含まれるため一定しないものの、ほぼ0.2～1.3%で経過し、全滅に近い状況であった。

## 3 底 質 環 境

### (1) 泥 温

泥温の試験区別、層別の経月変化を図4に示す。

C区の表面温度は、5～8月が上昇期で、8月に最高、9～1月が下降期で、1月に最低値を示す。その後、1月から春先にかけて再び上昇する傾向を示す。30、50cm層も同様の時期的変化を示す

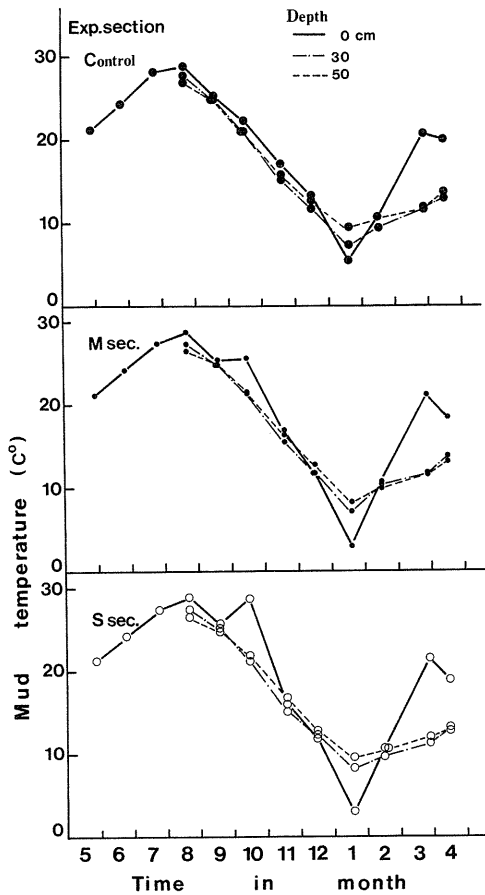


図4 泥温の試験区別層別の経月変化

が、表面温度に比べ年較差は小さく、8～11月には表面温度を下まわり、12～1月には、逆に表面温度より高い傾向を示す。3、4月には、表面温度は、30cm、50cm層の温度を大きく上まわり、その差は5°Cを越える。これらの傾向は、試験漁場でも同様で、客土の有無（S区とM区）による差もほとんどみられない。

泥温の年較差は泥深が増すほど小さくなる。アゲマキは、干潟に穿った殻長の7～9倍の深さの生息孔の中で直移動する特有の生態<sup>7)</sup>を有するが、泥温の面からみると、この生態は、干潟表面の温度変化に適応できず、温度較差の小さい層を選択して移動しているものと考えられることができる。このような年較差の傾向は、福岡県側の干潟で測定された結果と<sup>3,8)</sup>とよく合致し、上下層の逆転期も

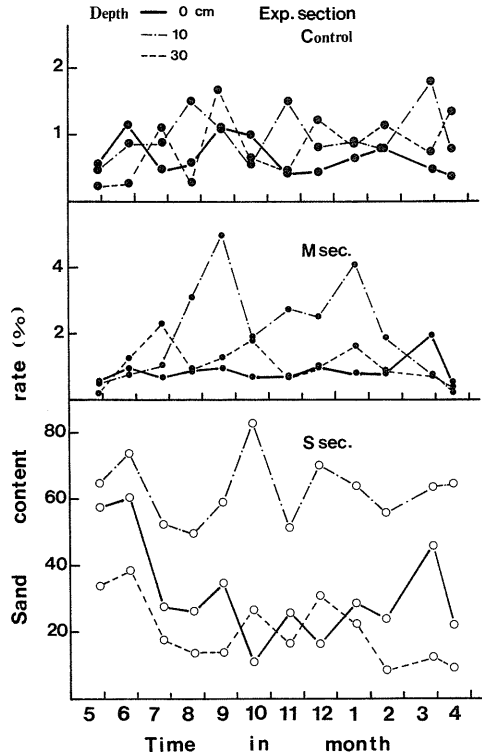


図5 砂分の試験区別層別の経月変化

ほとんど同じである。また、県内で測定された陸上の地温<sup>9)</sup>の年較差とも同様の傾向を示す。

成長・成熟と泥温の関係を見ると、成長速度が最大となる8月は最高温期にあたり、一方、11～1月の低温期にはほとんど成長せず、3、4月の昇温期になってわずかに成長を始める。また、アゲマキの肥満度、あるいは消化活動、水管運動を表す指標はいずれも8月に最高値を示す<sup>10)</sup>ことから、泥温はアゲマキの活性と密接な関係にあることが示唆される。また、アゲマキの産卵期<sup>11)</sup>にあたる9～10月の泥温は22～24°Cであり、比較的層別の較差が小さい時期に当る。

## (2) 砂 分

砂分の試験区別、層別の経月変化を図5に示す。(C、M区)

表面の砂分は0.5～1.0%を示し、10、30cm層に比べ全般に低い傾向にある。年平均値はM区が0、10、30cm層の順に0.84、2.02、1.06%、C区が

0.65、0.98、0.81%と砂分は極少なく、98%以上がシルト・粘土の典型的な“ガタ（瀉土）”<sup>11)</sup>であることを示している。

(S区)

表層の砂分は、客土直後の5、6月に約60%と高いが、7月には30%に減少、その後は20~40%である。30cm層では同様に5、6月に約30%とやや高いが、7月に15%に減少、その後は10~30%である。10cm層の砂分は、他の2層に比べて高く50~70%で、ほとんど時期的な変動傾向を示さない。このことは、5、6月までは表面近くにあった客土した砂の層が、3ヵ月後には浮泥の堆積あるいは砂粒子の沈降により沈下したことを示している。年平均値は0、10、30cm層の順に31.6、62.5、20.2%でそれぞれC区の49、64、25倍である。

(砂の混合比)

固形物中の瀉泥と客土した砂との混合比（年平均値）を、瀉泥1に対する砂量で表すと0、10、30cm層の順に0.44、1.53、0.24である。

(3) 固形率

固形率の調査区別、層別の経月変化を図6に示す。

(C、M区)

層別変化をみると、固形率は表層で低く下層で高い傾向を示し、したがって、含水率は、その反対の傾向を示す。年平均値はM区が0、10、30cm層の順に25.4、31.1、33.5%、C区が26.8、30.8、32.7%である。

時期的変化をみると、表層では6、7月に25%以下と低いですが、その後増加、9月に一旦減少するものの10~2月に再び増加し、2月には約30%と最高値を示す。

(S区)

固形率は砂分と同様の増減を示し、両者は密接に関連していることがわかる。即ち、表層の固形率は客土直後の5、6月には45%以上と高く、7月には約35%に減少し、以後一定する。30cm層も同様に5、6月には40%以上と高いが、7月には38%に減少、以後は35~40%である。また、10cm

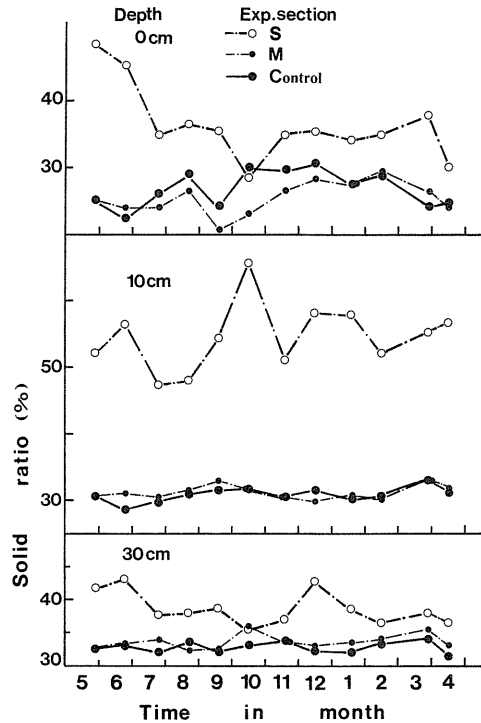


図6 固形率の試験区別層別の経月変化

層では50~60%であり、ほとんど時期的な変動傾向を示さない。年平均値は0、10、30cm層の順に、36.3、54.6、38.6%であり、C区のそれぞれ1.4、1.8、1.2倍である。

(間隙率)

底質の粒子比重は2.5~2.6でS区がやや高いが、測定誤差を考えると泥と砂でほとんど差がないと思われる。そこで底泥比重を2.55とし、間隙水の比重を1.02として、各区の間隙率（体積比率）を計算すると、0、10、30cm層の順に、C区は87、85、84%、M区は88、85、83%、これに対しS区は81、68、80%と低くなっている。

(4) 全硫化物 (T-S)

全硫化物量の調査区別、層別の経月変化を図7に示す。

(C、M区)

層別変化をみると、全硫化物は下層ほど高くなる傾向を示す。年平均値は0、10、30cm層の順に、0.09、1.05、1.31mg/g-dry mud、C区は0.08、

1.04、1.34mg/g-dry mudである。

時期的変化をみると、最高値は、表層が8、9月の最高温期に、10cm層は10月、30cm層は11、12月に出現し、下層ほど時期的な遅れがみられる。その後、0、10cm層は低温期に減少し、3、4月に再び上昇するが、30cm層では春先の上昇がみられない。

(S区)

層別変化をみると、C、M区と同様に下層ほど高くなる。年平均値は0、10、30cm層の順に、0.10、0.35、1.04mg/g-dry mudとC区の1.00、0.33、0.80倍であり、砂分の高い10cm層ではC、M区と比較して極端に低くなっている。

時期的変化をみると、表層の全硫化物は、C、M区と同様の増減をする。また、30cm層は10月に最高となり、その後減少するが、10cm層では時期的な変動傾向がみられない。

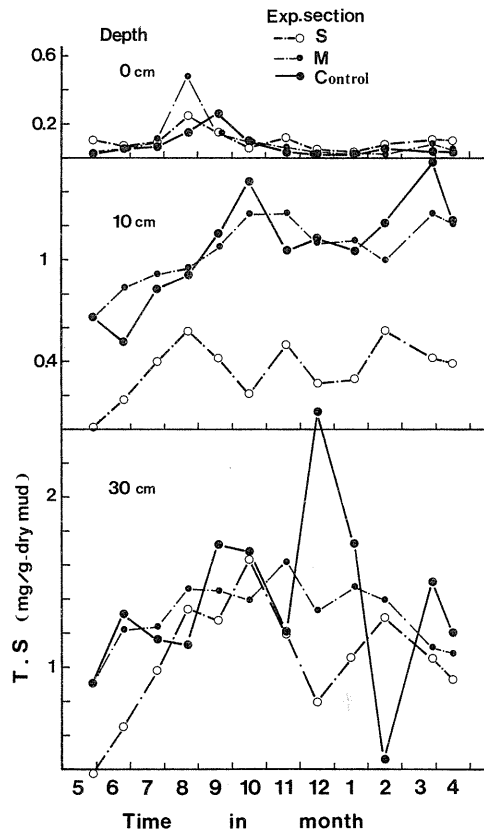


図7 全硫化物の試験区別層別の経月変化

底質の還元によって生ずる遊離の硫化水素が貝類にとって有害なことは、よく知られている。底質の硫化物の生成は、主として偏性嫌気性細菌である硫酸還元菌<sup>13,14,15</sup>が有機物を分解する際に、硫酸塩を還元するためとされている。つまり、硫化物量は底層の還元度を示し、上の結果は、S区がC、M区に比べて好氣的に保たれていることを示している。

全硫化物の季節的消長については、藤田ら<sup>16</sup>が、高温期に増加することを報告しているが、アゲマキ漁場の全硫化物はこの結果と同じ傾向を示す。硫化物の量は硫酸還元菌数と相関があり、菌量は易分解性有機物の量と相関があるとされている。後述するように、6～8月のCODは高く、また、この時期がアゲマキの最成長期にあたっていることから排泄物等による易分解性有機物の増加などが菌増加の引き金になった可能性は高いと考えられる。

また、全硫化物は、泥深とともに増加し、その最高値の出現には、表層と下層で時期的なズレがみられた。藤田ら<sup>17</sup>は硫化物の生成には、活性化された易反応性Feが必要で、9月以降の減少期にはこの活性化鉄が不足し、生成された硫化水素は硫化物として固定されず、水中に拡散するか、底質の中に遊離のまま存在するとしている。これによれば、時期のズレは、上層で生成された硫化物の下層への堆積、及び表層での活性鉄の消費に伴う下層での硫化水素の固定・集積の進行として理解できる。

(5) I. L

I Lの調査区別、層別の経月変化を図8に示す。(C、M区)

層別変化をみると、表層で高く、10、30cm層では低い傾向がみられる。年平均値は0、10、30cm層の順に、M区では、13.3、12.4、12.1%、C区は12.9、12.6、12.4%である。

時期的変化をみると、最高温期である8月に最高値を示し、温度の低下とともに減少して、12、1月に最低となり、温度の上昇する2～4月には増加する傾向を示す。

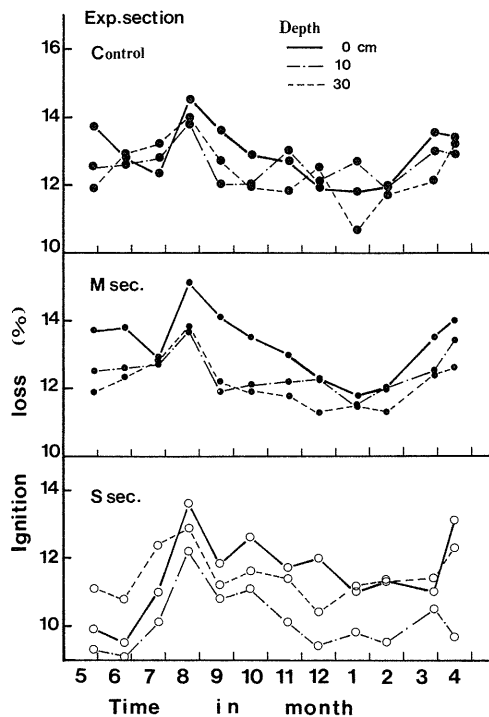


図8 I Lの試験区別層別の経月変化

(S区)

層別変化をみると、10cm層が他2層に比べて低い傾向を示す。0、30cm層は8～12月まで表層が高い傾向を示す。年平均値は0、10、30cm層の順に11.5、10.1、11.5%で、それぞれC区の0.89、0.80、0.93倍である。

時期的変化をみると、C、M区と同様に、高温期で高く、低温期で低い傾向を示す。

C、M区のI Lの層別変化をみると、表層で高く、下層で低いが、これは、I Lの成分である有機物が表層へ堆積し、下層へと沈降する過程で微生物による分解がすすむためと考えられる。

I Lの時期的変化をみると、8月に高く、低温期に減少して2～4月に増加する2峰型である。8月の山は、古賀ら<sup>19)</sup>の有明海の底泥全般に関する報告と同じ結果であるが、この報告では6～8月の降水量とこの時期のI Lに相関があることが確かめられており、この山は陸上起源の有機物の増加によるものと考えてよいであろう。次の2～4月の山は、1986～87年のプランクトンの増加

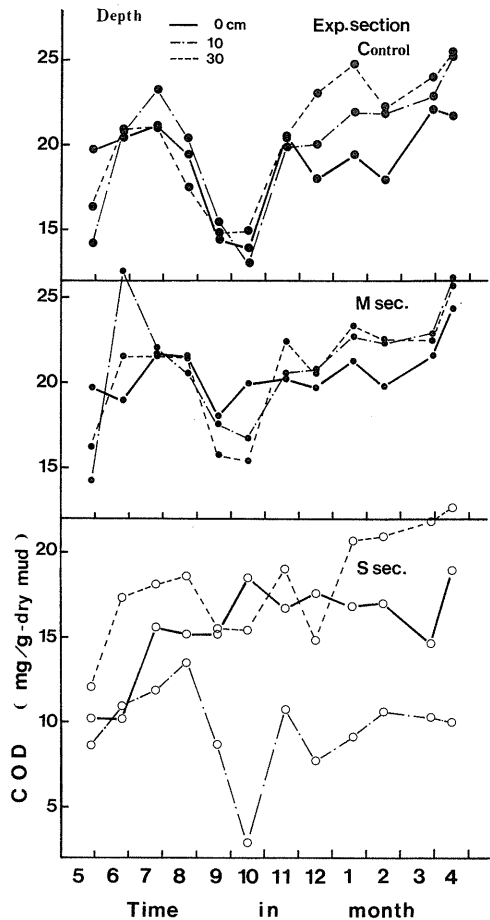


図9 CODの試験区別層別の経月変化

期(吉本：未発表)と相応しており、プランクトン沈澱量の増加によるものがまず考えられる。さらに、この時期は冷凍網の撤去時期に当たっており、落ノリや支柱竹、ノリ網、吊り綱などの付着物の堆積もその一因と考えられる。

#### (6) COD

CODの試験区別、層別の経月変化を図9に示す。

(C、M区)

層別変化をみると11～4月に下層で高く、表層で低い傾向を示す。年平均値は0、10、30cm層の順に、M区が20.5、21.1、20.7mg/g-dry mud、C区が19.0、19.8、20.4mg/g-dry mudである。

時期的変化をみると、6～7月に最高値を示した後、9～10月には激減して最低、その後11～12



月には急増し、1～4月は漸増する。

(S区)

層別変化をみると、10cm層のCODは、ILと同様に、他2層に比べ低い傾向を示す。また、表層のCODは、10、12月を除き30cm層に比べて低い。年平均値は0、10、30cm層の順に15.5、9.5、18.1mg/g-dry mudであり、それぞれC区の0.81、0.48、0.89倍と低く、なかでも10cm層はC区に比べて極端に低くなっている。

時期的変化をみると、0、30cm層は、5、6月に低いが、7月以降は15～19mg/g-dry mudである。10cm層は9、10月に激減する。

#### (7) ILとCODの関係

一般に、ILは泥中の有機物総量<sup>18)</sup>で、動植物の分解過程にある遺体及びこれらがバクテリア、かびなどにより分解された腐植とを合わせたものと考えられている。一方、CODはこれら有機物の中でも化学的分解を受けやすい易分解性の物質、つまり腐植あるいはそれ以下の低分子物質と考えられ、泥中では、微生物によるIL-COD-無機物への分解が常時行なわれていると思われる。そこで、C、M区を総合してみた場合のILとCODの関係を図10に示す。

ILとCODの関係は、相関がみられない5

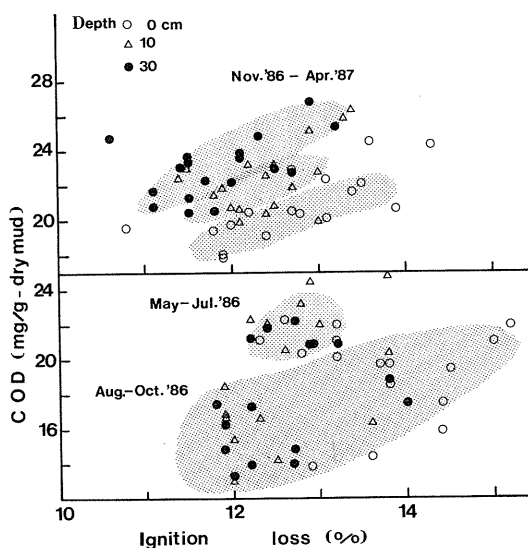


図10 5～10月、11～4月における底泥のILとCODの関係

～10月と、正相関のある11～4月の2つの期間に分かれる。11～4月はまた、CODの層別変化がILと反対に表層で低く下層で高い時期でもある。5～10月のCODの最高期はILに比べて1～2ヵ月早く、また、減少の仕方も、ILが低温期まで漸減するのに対し、1～2ヵ月で激減している。この時期は11～4月に比べて高温で、底生のペントス類による摂餌・排泄などが活発であり、微生物によるCODの分解も急速であると考えられる。つまり、IL、CODの間には生物反応的な要素の関与が大きいと、5～10月には両要素に相関がみられないのであろう。11～4月は低温期にあたり、垂直的には、表層で高IL・低COD、下層で低IL・高CODという負の相関関係がみられる。また、経時的には、ILとCODは正の相関で増減する。おそらく、この時期には微生物による分解速度が遅く、また、生物作用も低調で、主として、ILの分解によるCODの補給が徐々に行なわれるために、両要素間でこのような関係がみられるのであろう。

#### 4 底質環境の特性

C、M区の底質要素間の相関性について、期間を5～10月(高温期)、11～4月(低温期)の2つに分けてt検定値を計算し、表3に相関マトリックスとして示した。表3には全調査区を総合した底質要素間の相関マトリックスを示す。C、M区の底質環境は客土前の干潟本来の特性を示し、S区の底質環境は客土による底質変化の特性を示すと考えられる。

##### (1) C、M区の底質特性

高温期において相関がみとめられるのは、泥深とIL、T-S、固形率、T-Sと固形率及びILとT-Sである。低温期においては、これらに加えて、泥深とCOD、ILとCOD、CODとT-S及び比重と泥深、固形率、T-S、ILが相関を示す。泥深と底質要素の関係は各要素の層別変化の中で記述したが要約すると表4のようになる。泥深とIL、COD、T-Sの関係は、有機物が表層へ堆積し、底層に沈下する過程でCOD、T-Sが生成されることによると考えられる。低温期には、

表1 5～10月におけるC、M区の底質要素間の関係

n=48

Depth	固形率	砂分	T-S	COD	I L	比重	
	● 8.81	0.41	● 10.81	-0.72	● -2.97	-0.08	Depth
		● 2.19	● 10.81	0.94	● -4.15	0.36	固形率
			1.34	-0.70	-1.30	1.78	砂分
				● -1.15	● -3.71	0.60	T-S
					● 1.79	● -2.02	COD
						● -1.65	I L
							比重

●危険率5%で相関が認められるもの ( $|t| > 2.01$ )

表2 11～4月におけるC、M区の底質要素間の関係

n=54

Depth	固形率	砂分	T-S	COD	I L	比重	
	● 10.32	-0.35	● 8.75	● 3.36	● -3.45	● -3.37	Depth
		0.23	● 8.60	1.82	● -4.33	● -3.66	固形率
			1.48	-0.86	-1.36	0.25	砂分
				● 3.61	● -2.51	● -3.07	T-S
					● 2.12	0.30	COD
						● 3.53	I L
							比重

●危険率5%で相関が認められるもの ( $|t| > 2.01$ )

表3 全調査区における底質要素間の関係

n=171

固形率	砂分	T-S	COD	I L	比重	*吸湿量	
	● 28.40	-0.90	● -15.30	● -15.16	● 9.39	● -11.52	固形率
		● -4.90	● -19.51	● -13.99	12.01	● -11.25	砂分
			● 4.80	0.81	● -4.58	● 8.51	T-S
				● 9.83	● -8.01	● 9.43	COD
					● -9.17	● 6.78	I L
						● -8.23	比重
							吸湿量

●危険率5%で相関が認められるもの ( $|t| > 1.96$ )  
 ※相対湿度95% (40°C) における吸湿量

表4 泥深と底質要素の関係 (M、C区)

底質要素/泥深	表層 (0 cm)	底層 (30cm)
泥温	夏高・冬低	夏低・冬高
I . L	高	低
* COD	低	高
T-S	低	高
砂分	低	高
固形率(含水率)	低(高)	高(低)

\* : 11～4月間のみの傾向

表5 泥温と底質要素の関係 (M、C区)

底質要素/泥温	高温期 (6～8月)	下降期 (9～11)	低温期 (1～2)	昇温期 (3～4)
I . L	8月Max	↘	1月Min	↗
COD	6～7月Max	9～10月Min	↗	↗
T-S	8, 9月Max	↘	12, 1月Min	↗
砂分	—	—	—	—
*固形率(含水率)	6～7月Min	↗	↗	→

\* : 表層のみ

表6 S区の底質環境要素の年平均値とC区との比較

	砂分 (%)	固形率 (%)	T-S (mg/g-dry mud)	I, L (%)	COD (mg/g-dry mud)
S区	62.5	54.6	0.35	10.1	9.5
C区	0.98	30.8	1.04	12.6	19.8

これら3要素の相互に相関関係がみられるが、これは前述したように生物作用の影響が少なく、要素間の関係が直接的になるためと考えられる。泥温と底質要素の関係を要約して表5に示しておく。

(2) S区の底質特性

S区の底質は、無客土のC、M区に比べてI L、COD、T-Sが減少し、固形率の増加したことが特徴的であるが、この性格は、前述したように、1年中砂分の高かった10cm層で強くみられた。また、表3に示すように、砂分は全ての底質要素と強い相関関係を示しており、客土した砂が底質に大きな影響を与えたことを示している。つまりS区では、干潟本来の底質であるシルト・粘土質と物理化学的性格の全く異なる貝殻混じりの細砂を客土したことにより、この細砂の性格を強く反映した底質環境になったと考えられる。S区の10cm層の底質要素の年平均値を、C区と比較して表6に示しておく。

5 間隙水の性質

I L、CODで表される有機物は、底泥の間隙水に懸濁した状態でアゲマキに利用され、また、DOの消費とT-Sの産生などは間隙水を介して行なわれると思われ、その物理的な性質は重要な環境因子であると考えられる。ここでは、泥粒子表面への水分子の吸着<sup>20)</sup>について考察する。泥の表面は、ある相対湿度において、ある量の水分子を吸着し平衡に達することが知られている。この時に泥は相対湿度のポテンシャル(吸引圧)にみあった力で水分子を吸着しているわけである。したがって、吸湿量は吸引圧相当の力で泥表面に吸着されている水の量を表し、高い吸引圧のもとで吸着しているような水は流動せず、間隙を狭くして自由水の流れを妨げる不自由水と考えられている。

吸引圧と相対湿度の関係は次式<sup>18)</sup>で表される。但し、pFは吸引圧を水中の高さで表し、その対数

で表示したものであり、R. Hは相対湿度、Tは絶対温度である。

$$pF = 4.04 + \text{Log} (2 - \text{LOG} (R. H)) + \text{Log} T$$

(Bolt. Frissel. 1960)

図11に、1986年11~87年4月に各試験区の10cm層で採取した泥の、40°Cにおける各相対湿度に対する吸湿量をS区とC、M区に分けて示す。また、図12にはC、M区の相対湿度25%、45%条件下における吸湿量とI Lの関係及び吸湿量と砂分の関係を示す。また、図13には、C、M区の11~4月におけるI LとCODの関係を示す。

(1) C、M区

乾泥100gに対する吸湿量は、相対湿度25% (pF=6.32)のときに3.43g、50%のときに約2倍の6.03gで、pFの減少とともに徐々に増加し、70%で10.90gとなるが、その後急激に増加し、80%のとき22.62g、90%のとき33.01g、95%のときに53.55gとなる。

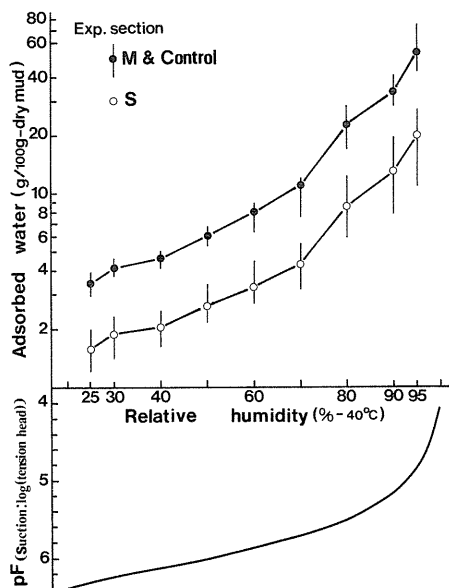


図11 40°Cの相対湿度における底泥の吸湿量と吸引圧 (pF) (11~4月)

表7 相対湿度を変化させたときのI, L及び砂分と底泥の吸湿量の相関関係

Y / X	R. H(%)	25	30	40	50	60	70	80	90	95
吸湿量 / I, L		*0.65 (3.40)	*0.55 (2.61)	*0.65 (3.39)	*0.63 (3.26)	0.23 (0.94)	0.20 (0.81)	-0.37 (1.57)	*-0.53 (2.51)	*-0.52 (2.44)
吸湿量 / 砂分		*-0.61 (3.07)	*-0.56 (2.73)	*-0.71 (4.03)	*-0.58 (2.82)	-0.20 (0.83)	-0.16 (0.65)	0.22 (0.91)	*0.52 (2.45)	*0.59 (2.94)

上段は相関係数, ( ) 内は回帰性のt検定値 (絶対値)

\* : 有意の相関があるもの

表7に示すように、相対湿度(R.H)25~50%において、吸湿量はI Lと正の直線的な相関関係を示し、砂分とは負の相関関係を示す。相対湿度90~95%においては、これと反対に、I Lとは負の、砂分とは正の相関関係を示す。このうち、低相対湿度におけるI L、砂分との相関関係は、高い吸引圧下における泥表面への水分子の吸着が、

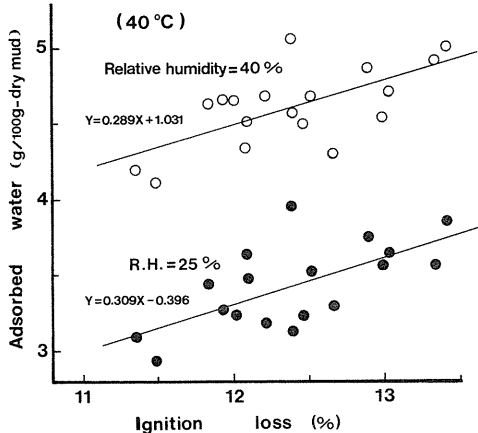


図12 相対湿度25%と40% (40°C) 下におけるI, Lと吸湿量の関係

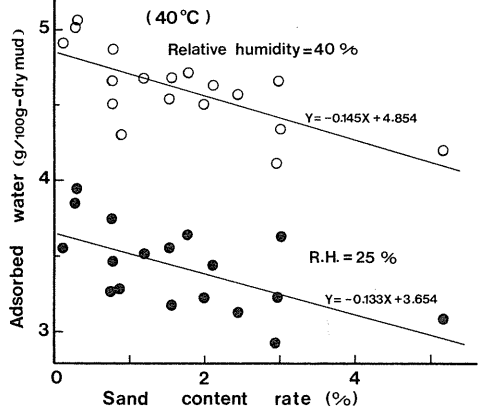


図13 相対湿度25%と40% (40°C) 下における砂分と吸湿量の関係

砂の少ない泥粒子の微細な間隙ほど起こりやすく、しかも、粒子間隙に有機物が存在した場合に促進されることを示すと考えられる。また、吸湿量が、高い相対湿度側で示した全く反対の相関関係は、毛管凝縮<sup>20)</sup>のためと考えられるが、その機構は不明である。

なお、前述のI Lと砂分には、もともと図14に示すような負の相関関係があるため、吸湿の原因となる主要因をみつける必要があった。そこで、それぞれについて偏相関係数を計算して、回帰性の強弱から要因の特定を試みたが、両要素ともに同程度の相関が認められた。この結果から、両要素は単独でも吸湿量に関係すると判断した。

(2) S 区

S 区の吸湿量はM, C 区の吸湿量の37~45%と非常に低く、しかも、相対湿度25%では1.56gでC, M 区の45%、70%では4.29gで同39%、95%では19.91gで同37%と、その差が相対湿度の増加

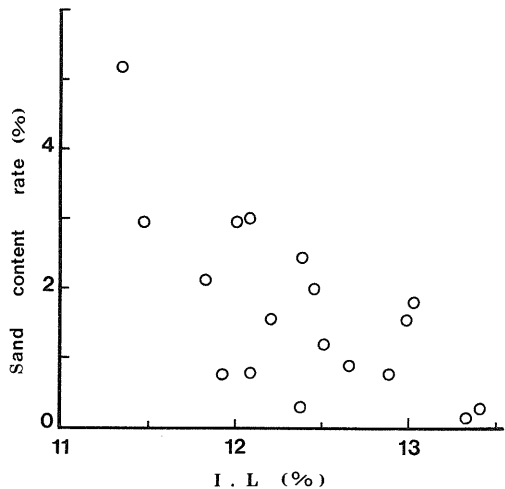


図14 C, M 区の11~4月における底泥のI, Lと砂分の関係

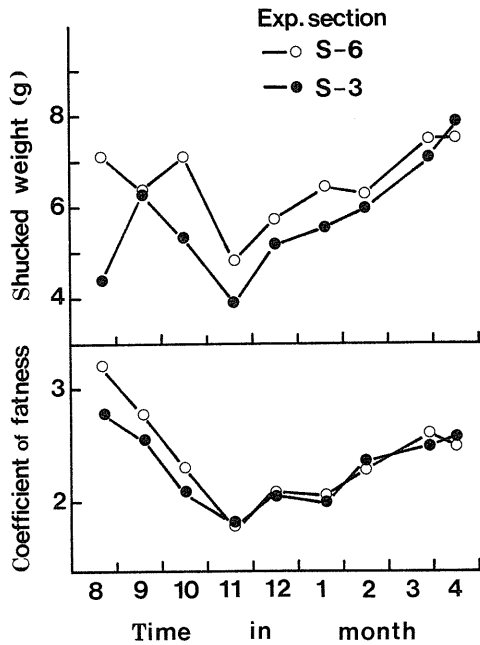


図15 S-3、S-6区のむき身重量、肥満度の比較

とともに広がる事がわかる。このことは、S区の底質は、泥粒子表面に吸着され流動の対象とならないような不自由水の割合が少なく有効間隙が大きいことを示している。

## 6 アゲマキの成長・死亡と環境要素

### (1) 成長

(成長停止の理由)

S区のアゲマキの殻長及び重量の増加は6～8月の昇温期に大きく、10～11月の降温期になって停止する。その原因としては、アゲマキ自身の生理的な要因と、環境要素によるものが考えられる。まず、アゲマキ側の要因としては、10～11月がアゲマキの産卵末期～産卵直後にあたり、産卵に伴う活力の低下<sup>10)</sup>が考えられる。次いで環境要素としては、この時期に高濃度を示すもの、あるいは特異的な変化を示したものなどが考えられた。この観点から底質要素をみると、泥温は10月の20°C台から11月には15～17°Cに低下している。また、IL、CODは8月の最高期以降は一定の減少傾向を示すことから、底質環境的には比較的安定した時期にあるように思われる。しかし、唯一、底層の全硫化物のみが8～10月まで高く、11、12

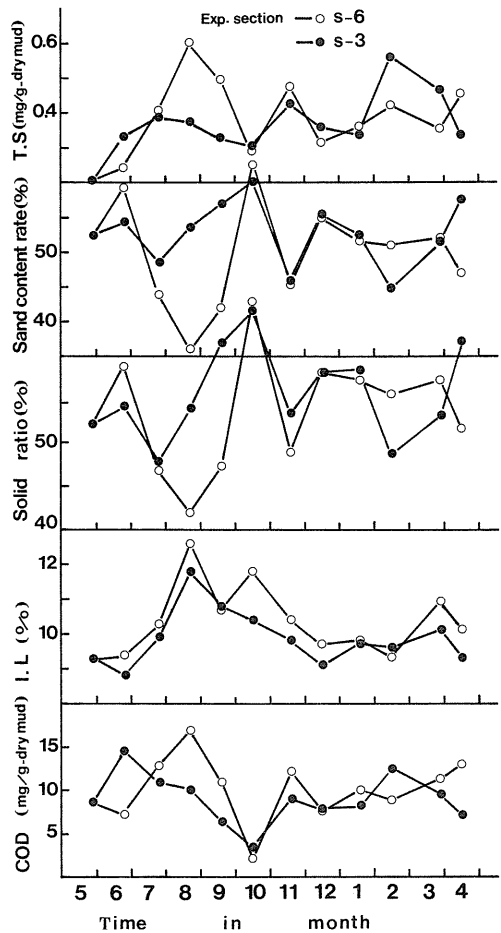


図16 S-3、S-6区の底質環境要素の比較 (10cm層)

月に減少しており、成長停止期における成長抑制因子として疑われた。

(養殖密度と成長)

図15にS-3、S-6別にむき身重量、肥満度の変化を示す。また、図16にはS区の10cm層の環境変化をS-3、S-6別に示す。

図2に示すように、S-6の殻長はS-3に比べて全般的に大きく、なかでも、8、10、11、12、1月には統計的にみても有意の差がみられる。また、S-6の肥満度は、8、9、10月にS-3に比べて有意に大きい。この成長差は、有意差の認められた時期が8～10月であり、10月以降が成長停止期であることから判断して、8～10月に生じた差が低温期になっても継続してみられたものと考えられる。

表8 死亡の多い時期におけるM、C区のI、L、COD、T-Sの比較

depth	exp.	T-S (mg/g-dry mud)				COD (mg/g-dry mud)				I, L (%)					
		sec.	月	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9
0 cm	M			*0.06	*0.10	*0.48	0.13	18.9	*21.6	*21.5	*18.0	*13.8	*12.9	*15.1	*14.1
	C			0.05	0.06	0.15	*0.26	*20.4	21.1	19.4	14.4	12.8	12.3	14.5	13.6
10cm	M			*0.83	*0.92	*0.95	1.07	*26.5	22.0	*20.6	*17.6	12.6	12.7	13.7	11.9
	C			0.51	0.83	0.90	*1.14	20.6	*23.2	20.4	15.4	12.6	*12.8	*13.8	*12.0
30cm	M			1.21	*1.24	*1.46	1.45	*21.5	*21.5	*21.6	*15.6	12.3	12.8	13.8	12.2
	C			*1.30	1.16	1.12	*1.71	20.8	21.0	17.5	14.7	*12.9	*13.2	*14.0	*12.7

\* : M、C区のうち大きい方

表9 死亡の多い時期におけるM-3、M-6区のI、L、COD、T-Sの比較

depth	exp.	T-S (mg/g-dry mud)				COD (mg/g-dry mud)				I, L (%)					
		sec.	月	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9
0 cm	M-3			0.03	0.03	*0.49	0.10	15.9	*22.2	21.0	17.5	*14.4	12.6	15.0	*14.4
	M-6			*0.09	*0.17	0.46	*0.16	*22.0	21.0	*21.9	*18.5	13.2	*13.2	*15.2	13.8
10cm	M-3			0.74	0.86	0.92	1.06	*30.7	*22.1	*24.8	16.7	*12.9	12.4	*13.8	11.9
	M-6			*0.93	*0.97	*0.97	*1.08	22.3	*22.0	16.4	*18.4	12.2	*13.0	13.6	11.9
30cm	M-3			*1.30	*1.26	*1.51	1.24	21.2	20.8	*24.4	13.9	12.2	*12.9	13.8	12.2
	M-6			1.13	1.21	1.40	*1.66	*21.8	*22.2	18.8	*17.3	*12.4	12.7	13.8	12.2

\* : M-3、M-6区のうち大きい方

表10 死亡の多い時期におけるS-3、S-6区のI、L、COD、T-Sの比較

depth	exp.	T-S (mg/g-dry mud)				COD (mg/g-dry mud)				I, L (%)					
		sec.	月	9	10	11	12	9	10	11	12	9	10	11	12
0 cm	S-3			0.12	*0.08	*0.21	*0.05	13.3	*19.4	13.2	15.5	*11.9	*13.0	10.3	11.9
	S-6			*0.17	*0.04	0.02	*0.04	*17.0	17.5	*20.1	*19.8	11.6	12.2	*13.1	*12.0
10cm	S-3			0.25	*0.22	0.45	*0.31	6.4	*3.4	8.9	*7.7	*10.8	10.4	9.8	9.1
	S-6			*0.59	0.18	*0.54	0.22	*11.0	2.2	*12.2	7.6	10.7	*11.8	*10.4	*9.7
30cm	S-3			1.19	1.46	1.10	*0.86	14.8	14.3	18.2	13.8	11.0	11.2	11.2	*10.5
	S-6			*1.35	*1.80	*1.28	0.73	*16.2	*16.6	*19.8	*15.8	*11.4	*11.9	*11.5	10.3

\* : S-3、S-6区のうち大きい方

そこで、8～10月のS-3とS-6の環境差に注目してみると、S-6はS-3に比べて砂分が低く、含水率、COD、ILはいずれも高い傾向を示している。また、S-6のT-SはS-3に比べて高い傾向を示した。

## (2) 死亡に伴う環境変化

M区のアゲマキは蒔き付け直後の6～8月に全滅した。また、S区では、蒔き付け直後と10～11月の2回死亡率が増加し、前半の死亡については、採取誤差もあって、明確ではないが、後半の死亡

期は明確であり、前述の成長停止期とは同じ時期にあたる。このように多数のアゲマキが死亡する時期においては、その遺骸によるIL負荷とT-Sの産生があり、しかも、アゲマキの生息密度によって、その度合が違ふことが考えられた。そこで、IL、COD、T-Sを、アゲマキの生息密度が異なるC区とM区(M-3とM-6の平均)、M-3区とM-6区、S-3区とS-6区の3つの組合せについて比較して表8～10に示した。M区とC区にはアゲマキの生息の有無による差があり、後2つの

組合せには、生息密度に倍の差があるため、死亡率が同じであっても片方には倍の遺骸が存在したと考えられる。

M区とC区の6～9月における底質要素を比較(表8)すると、T-Sは各層ともM区がC区に比較して高い傾向を示す。また、CODもM区が各層とも高めである。ILは表層のみM区が高い傾向を示す。

M-3とM-6の6～9月における環境要素(表9)は、M-6のT-Sが、0、10cm層でM-3に比較して高い傾向を示す。COD、ILには明確な傾向がみられない。

また、S-3とS-6の9～11月における環境要素(表10)は、S-3のT-Sが、30cm層ではS-6に比較して高いが、表層ではその反対の傾向を示す。CODは0、30cm層でS-6がS-3に比較して高い傾向を示す。ILは10、30cm層でS-6がS-3に比較してやや高い傾向を示す。

以上の結果からは、仮定したようなアゲマキの遺骸によるIL、COD、T-Sの増加傾向はM区とC区、S-3、6区の比較において若干みられたのみで、M-3、6区の比較ではほとんどみられなかった。M区のアゲマキ289個/m<sup>2</sup>が3ヵ月で全数死んだ場合のIL負荷量を、殻長30mmでむき身乾重量0.2gとして厚さ10cm層(固形率32%)まで負荷されるとして試算すると、負荷量は一月当たり約0.05%に相当する。また、S区のアゲマキ289個/m<sup>2</sup>が2ヵ月で30%死んだ場合のIL負荷量を、殻長65mmでむき身乾重量1.8gとして、厚さ10cm層(固形率45%)まで負荷されるとして同様の試算をすると、一月当たり約0.13%のILに相当するが、上の結果及びC区におけるILの月間減少量の最大値が1%以上であることからみて、この程度の量は、干潟の自然浄化力の範囲内にあるものと思われる。

## 7 養殖による成長促進

養殖アゲマキのうちS区群は、天然貝を、その生息地より低地盤高の客土・耕耘して造成された漁場に移植した群であり、M区群は単に同じ低地盤高の漁場に移植しただけの群である。試験の結

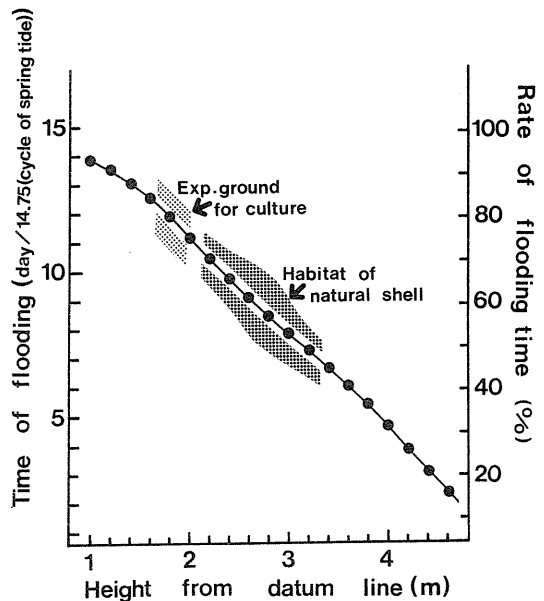


図17 試験漁場及び天然貝生息域の一潮(半月潮)当りの冠水時間

果から、①S区は天然群に比べて成長量、生残率ともに優れていること②M区は移植後3ヵ月で全滅したことがわかる。この結果は、アゲマキの養殖行為は①低地盤高への移動②客土・耕耘による漁場造成の2つの条件が揃って有効なことを示している。

### (1) 冠水時間

生息地の地盤高の高低によって、アゲマキの稚貝<sup>21)</sup>及び天然貝の成長量(吉本：未発表)には差があり、低地盤に生息するアゲマキほど成長がよいことはわかっている。その理由は、冠水時間の増加による摂餌時間の延長によるものと考えられたが、養殖により成長が促進される理由についても同じ指摘<sup>3)</sup>がなされている。図17に示すように、養殖漁場と天然漁場の最高地盤域とでは、一潮(半月潮：大(小)潮～大(小)潮)当り5.3日の冠水時間の差がある。また、一般には、地盤高1.5～3.5mの範囲なら、20cm違うと冠水時間には、一潮でほぼ0.7～0.8日の差が生じる。

### (2) 客土の効果

(底質の改善)

客土区の底質要素の特性は前述したが、これら

表11 S、C区における底質要素の容積当たり濃度の比較

	固形率 (Vo%)	T-S (mg/cm <sup>3</sup> -wet mud)	I, L (mg/cm <sup>3</sup> -wet mud)	COD (mg/cm <sup>3</sup> -wet mud)
S区	67.5	0.29	83.7	7.87
C区	84.9	0.40	48.6	7.63

はすべて環境量を泥粒子に含まれる重量濃度として捉え、T-S、CODはmg/g-dry mud、I Lは乾泥に対する減少量を%で表したものである。ところが、アゲマキの底泥中での生息環境として、例えば、DO、I Lの補給、T-Sの産生などが生息孔周辺の底泥間隙中からであることを想定すると、底質の環境要素は、一定容積の底泥中に含有される量として捉えた方が生息条件の実態によく即していると考えられる。そこで、底質要素を底泥(湿泥) 1 ml当りの含有量に換算して表11に示す。但し、比重は2.55とした。

表6と表11を比較すると、S区のT-Sが低いことは同様であるが、容積当りの濃度表現ではS区のI Lが高くなるのが特徴的である。この結果は客土区の底質が一般的な干潟の泥に比べて好氣的で、しかも餌料条件も優れていることを示すと考えられる。

(物理的性質の改善)

I L、DOの補給媒体としての間隙水の流動の重要性は前述したとおりである。DOの補給に関して考察してみる。いま、殻長65mm、重量18gのアゲマキについて考えると、酸素消費量は20°Cで約30ml/kg-hour (杠・吉本：未発表)であり、1

個体の消費量は約0.54ml/hourと計算できる。ついで、アゲマキの生息孔水の量を殻高×殻幅×生息孔長で試算すると、約160mlであり、間隙水のDOを4 ml/lとすると生息孔水全体でのDOは0.64mlになる。このアゲマキが生息孔水中のDOを利用するとして、DO摂取率が50%では生息孔水の交換率は1日当り41回にも達する。このように、アゲマキは生息孔中で自身が吸入ポンプとして活発な換水を行っており、冠水時には生息孔の開口部から上層水の直接侵入があるとしても、干出時には底質間隙との水交換が主体になると思われる。この場合、客土した漁場の底質では、間隙中の水が低い吸引圧でも吸引できる自由水であることが流動要素として非常にプラスに作用していると考えられる。

また、底質の透水性についても、Kozeyの公式<sup>20)</sup>によると、ほぼ間隙率に比例し、比表面積(表面積/体積)に反比例することが示されている。つまり、粒子の径が大きいほど透水性が大きいことを示しており、砂粒子の混入によって、客土区における透水性はおそらく高くなったものと考えられる。

## 要 約

佐賀県有明海灣奥西部の国営干拓前で試験養殖を行ない、天然貝を低地盤高域へ移殖し、養殖することによってアゲマキの成長量及び生残率がどのように変化するか、また、養殖漁場における客土が干潟の底質特性やアゲマキの成長等にどのような変化を与えるかを検討した。

1. 干潟の底質要素の層別変化をみると、砂分、T-S、CODは表層で低く、下層ほど高い傾向を

示した。これに対し、I L、含水率は表層で高く下層で低い傾向を示した。

2. 底質要素の経時変化をみると、I L、COD、T-Sは泥温が最も高くなる8月前後に最高値を示し、低温期には減少、春先に再び高くなる傾向を示した。

3. 11～4月には、泥深とI L、T-S、CODは強い直線相関を示した。また、これら底質要素の



相互間にも相関がみられるところから、低泥温期には、底質環境は比較的安定した状態(成層状態)にあると考えられた。

4. 客土した漁場の底質では、COD、IL、T-S及び含水率の低下がみられた。客土した砂は3ヵ月後には表層下10cm程度まで沈下して砂層を形成するため、この層では砂分が高くなり前述の傾向がより強くみられた。この結果を、湿泥の一定体積当りの含有量に計算し直すと、T-Sが低下し、ILが増加しており、酸素補給や餌料条件などが改善されたものと考えられた。

5. 客土区におけるアゲマキの成長を密度別にみると、高密度区の成長が良好な傾向がみられた。高密度区のT-S、ILは低密度区と比較して高い傾向がみられた。

6. アゲマキの通常の死亡が多かった時期における底質要素を、死亡個体数に差のある各試験区ご

とに比較した。その結果、遺骸数の多かった区では若干T-S、IL、CODが高い傾向を示した。しかし、この程度の遺骸(有機物)負荷は干潟の環境浄化力の範囲内にあると思われた。

7. 客土区と無客土干潟の底質について、泥の吸湿度と相対湿度の関係から、吸引圧と間隙水の間係を検討した。その結果、干潟泥では強い力で泥表面に吸着された不自由水が多く、一方、客土区では、このような不自由水は干潟泥の約40%以下まで減少した。

8. 客土区では①低地盤高への移動②客土・耕耘の実施により、天然群と比較して成長量の増加と生残率の向上がみられた。この理由は、①による冠水時間の増加と②による底質間隙水の流動性の向上と、それに伴う酸素補給、餌料条件の改善などがあつたためと考えられる。

## 文 献

- 1) 吉本宗央 1986:アゲマキの生態—II 漁獲量の変動について。佐賀県有明水産試験場報告, 第10号, 9-16.
- 2) 九州農政局佐賀県統計事務所 1970~1985:第18~33次佐賀農林水産統計年報.
- 3) 藤森三郎 1929:有明海干潟利用研究報告。福岡県水産試験場。
- 4) 道津善衛 1957:ワラスボの生態・生活史。九大農学芸雑, 16(1), 101-110.
- 5) 佐賀県水産試験場 1913~1929:蜆被害調査。佐賀県水産試験場業務報告。
- 6) 有明海蜆研究会 1916:有明海蜆研究会報告(佐賀・長崎・福岡・熊本・農商務省)。佐賀県水産試験場。
- 7) 島崎大昭・北嶋博卿・中島 浩 1980:アゲマキの生態—1 アゲマキの生息孔と成長について。佐賀県有明水産試験場報告, 第7号, 111-114.
- 8) 曾根元徳 1979:干潟域の底泥中温度の変動—(1)。沿岸環境変動予察方法についての研究報告書, 水産庁・西海区水研・福岡有明水試・佐賀有明水試, 197-201.
- 9) 西日本気象協会 1962:佐賀県の気象。189-195.
- 10) 吉本宗央 1989:アゲマキの生態—V 成長・成熟に伴う形態及び生理指標の変化。本誌, 57-66.
- 11) 三井所正英 1966:あげまきの産卵期について。佐賀県養殖試験場報告, 第4号, 35.
- 12) 鎌田泰彦 1980:有明海の沿岸地質・海底地形と底質。海洋化学, Vol. 12, No. 2, 海洋出版、東京、88-96.
- 13) 高井康雄 1966:水田土壌の物質変化と微生物。土壤微生物研究会編, 土と微生物, 岩波書店, 東京, pp. 45.
- 14) 古坂澄石 1969:土壤微生物入門。共立出版, 東京, pp. 178-183.
- 15) 畑 幸彦 1974:硫黄サイクルと微生物との関連。多賀信夫(編), 海洋微生物, 東京大学出版会, 東京, pp. 187-204.
- 16) 藤田雄二・谷口忠敬・銭谷武平 1967:浅海域の微生物学的研究—III。長崎大学水産学部研究報告, 第23号, 187-196.
- 17) 藤田雄二・谷口忠敬・飯塚昭二・銭谷武平 1967:浅海域の微生物学的研究—IV。長崎大学水産学部研究報告, 第24号, 79-88.
- 18) 土質工学会 1979:土質試験法。土質工学会編, 第1~第5編。

- 19) 古賀秀昭・小澄千尋・杉原雄二・山下康夫 1986 :  
有明海湾奥部における底泥の化学成分について,  
佐賀県有明水産試験場報告, 第10号, 115-122.
- 20) 八幡敏雄 1975 : 土壤の物理. 東京大学出版会,  
東京.
- 21) 吉本宗央・杠 学 1988 : アゲマキ天然採苗に  
ついて. 西海区ブロック藻類・介類研究会報, 第  
5号, 西海区水産研究所, 65-73.