

東京湾木更津地先における冬季のアサリへい死の特徴

柿野 純・鳥羽 光晴・兼子 昭夫・深山 義文

はじめに

東京湾千葉県沿岸の木更津地区アサリ漁場(図1)では、種苗を放流して成貝まで養成しているが、生産性が低く、歩留りは良くても50%程度ではないかと推定されている。この主な資源の減耗は冬季に発生していることも明らかになってきていたが^{2),3)}、これらの減耗は顕著なへい死現象を伴ったことがなかった。

ところが、1989年から1990年にかけて、へい死を伴った大きな資源の減耗が発生した。調査結果では1989年1月下旬から3月下旬にかけて木更津地区で6,300トン^{*1}、富津地区で100トン^{*1}、1989年10月から翌年3月下旬にかけて千葉北部地区で24,000トン^{*2}の資源が減耗した。

千葉北部地区で発生した事例については、既往調査結果³⁾から、冬季の活力低下に波浪による底質移動の

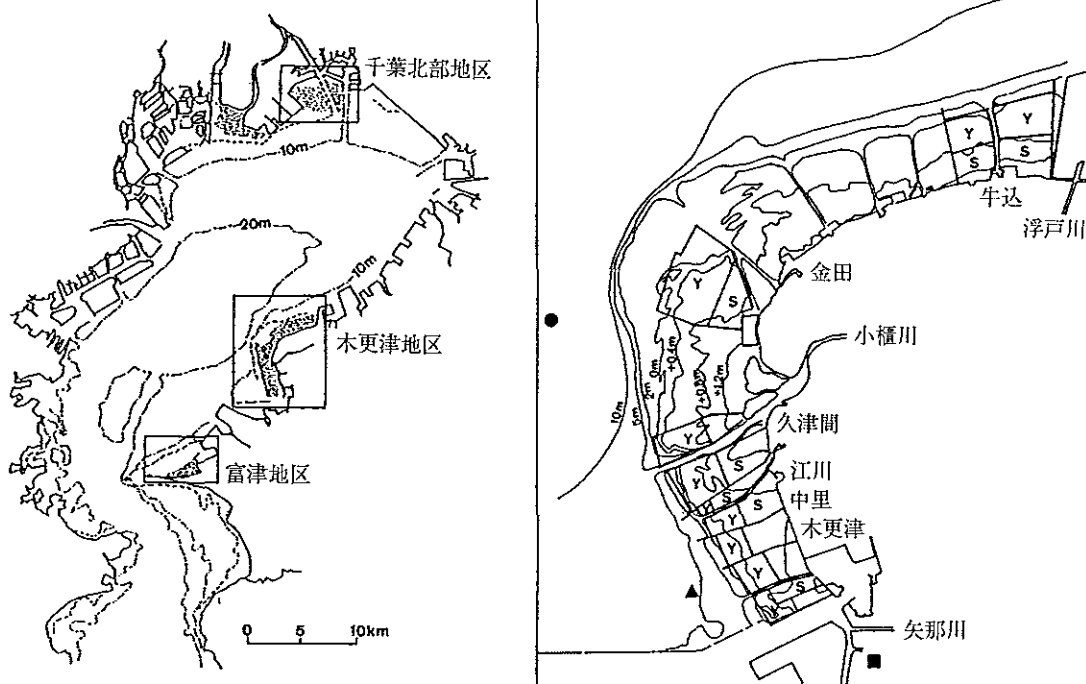


図1 東京湾千葉県沿岸のアサリ漁場と木更津地区の位置

- Y : アサリ種苗の放流区域
- S : 潮干狩場
- : 風および雨量の観測点
- ▲ : 水温の観測点
- : 透明度の観測点

* 1 : 千葉県水産試験場 (1989) : 木更津市・富津市管内貝類漁場におけるアサリのへい死について (未発表資料)

* 2 : 千葉県水産試験場 (1990) : 北部地区貝類資源状況調査報告 (同上資料)

要因が加わり、アサリが底土から掘り出されて移動し、この時にへい死も同時に発生したものと推定された。

一方、木更津地区のへい死については、特定出来る単一的环境悪化の要因は見い出せなかったが、へい死が発生した頃のアサリの肥満度や潜砂率の状況および気象・海象にはいくつかの特徴的な事項が見い出された。本報では、これらの要因によるアサリへい死の可能性とへい死までの過程について推定した内容を報告する。

調査の方法

1. へい死に関する情報の収集

アサリのへい死と関連して、1989年3月に3回、4月に1回、5月に1回の関係組合長、担当理事会議が開催され、各組合からアサリに関する状況報告があったので、この内容を整理した。また、随時に関係組合から情報を収集した。

2. へい死量に関する調査

1989年3月6、7日および4月12～14日に木更津地区内に139調査点を設定(図2)して、調査を実施した。

試料の採取については、1mm目の網を内張りした間口約50cmの腰巻籠(ジョレン)を用いて長さ2m、深さ10cmまでの貝類と砂泥をともに採取し、内容物の1mm以下の小さい粒子をよく洗い落とし、全重量を秤量後、この中から1kg計り取った。そして、この試料を5段階の大きさのふるい(2mm, 5mm, 10mm, 14mm, 21mmの各目合)で選別し、ふるい上に残ったアサリの生貝、および柿野らが報告した方法⁴⁾に基づいて判断したへい死後の経過時間が短いと推定される死貝の個体数を計数し、単位面積当りの個体数に換算した。また、予め各ふるい上に残るアサリ1個当りの生貝の平均重量を求めておき、ふるい毎の出現個体数から単位面積当りの重量に換算した。

上記によって求めた各調査点におけるへい死量や生息量から0.2kg/m²以下～6kg/m²以上まで7段階の等密度線を引いて場所を区分した。そして、この区分した場所の面積と平均密度からへい死量や生息量を算出し、これを累計して全体の資源量やへい死量を求めた。

アサリは波浪によって移動することが確認されているが、波浪の影響が比較的大きい場所で、150～200m程度³⁾なので、この程度の位置の誤差を含むものとして3月6、7日の調査結果についてのみへい死率(へい死貝のm²当り出現個数/(へい死貝+生貝)のm²当り出現個数)の分布を求めた。また、最終的な資源の減

少量についてもアサリの移動を勘案し、3月6、7日の資源量(へい死貝+生貝の量(t))から4月12、13日の資源量(生貝の量(t))を差し引いて求めた。

3. へい死過程におけるアサリの状態

へい死が進行中のアサリの状態を調べる指標として、潜砂率、肥満度、寄生虫の寄生率、現場で衰弱している個体が健全と思われる個体に影響を与えるかどうか、の以下に記す4項目の実験や測定を行った。

アサリの採取点は各組合でアサリ種苗を放流している干潟の沖側(図1, Yの区域、養貝場と称される)と潮干狩場(図1, Sの区域)や平場(図1, Y, S以外の自由操業区域)として使われている干潟の岸側、の大きく2区分とした。

1) 潜砂率

潜砂率の測定は1989年3月6～7日、12～15日、24～26日、および4月12～14日の4回行った(調査区域は図1, 表1を参照)。縦37cm、横60cm、深さ12cmのトロボ箱に厚さ10cm程度に砂を入れ、この砂の上に当日現場で採取した殻長30mm以上のアサリ成貝100個体を置き、24～48時間経過後に殻の2/3以上が砂中に潜った個体の割合(%)を潜砂率とした。測定は、屋外で流水の状態で行った。

2) 肥満度

肥満度測定用の試料の採取は1989年3月6～7日、12～15日、4月12～14日の3回行った(調査区域は図1, 表1を参照)。現場で採取したアサリを10%ホルマリンで固定した後、実験室に搬入し、1調査点につき20～30個体の殻長(SL, mm)、殻高(SH, mm)、殻幅(SW, mm)、肉身湿重量(MW, g)を測定し、以下の式によって肥満度を求めた。

$$\text{肥満度} = \text{MW} / (\text{SL} \times \text{SH} \times \text{SW}) \times 100,000$$

3) 寄生虫の寄生率

1989年3月12～15日の間に牛込、久津間、江川、中里、木更津の各漁協の養貝場、およびへい死が激しい久津間、木更津の両漁協の潮干狩場、の計7か所からアサリを各々30個体前後採取し、実験室に搬入し、生殖腺や消化管等の腹腔内容物を取り出し、実顕微鏡下で吸虫のセルカリア^{5)~7)}を中心として寄生の有無を調べた。

4) 衰弱した個体が健全な個体に与える影響

本実験は病原性微生物による疾病を想定しながら行った。1トン水槽を2個準備し、各々に次亜塩素酸ナトリウムで滅菌した後、チオ硫酸ナトリウムで中和した海水を300ℓ入れた。この1つの水槽には1989年3月24日に久津間漁協管内で採取した砂上に50%程度殻を露

出している衰弱個体および潜砂している個体，そして同年3月23日に採取された県外産の健全と思われる個体を併せて収容し，他の1つの水槽には県外産の個体のみを収容した。この水槽は止水，室温，無通気のまままで放置し，アサリがへい死するかどうかが20日間追跡観察した。

4. 気象・海況の状況

1) 気象

木更津市役所で毎日1時間に1回，10分間の平均風向・風速として測得されている風のデータおよび降雨量の1984～1991年まで7か年の11月～翌年3月のデータを整理した（観測点：図1）。

風については毎日のデータ24回分の中から，その日を代表させる風として最大の風速を採用し，木更津地先に大きな波浪をもたらすSWを中心とするNW～SSEの風を上向きに，冬季に頻度高く吹くNNEを中心とするNNW～SEまでの風を下向きに表示し，図化した。

2) 海況

のり漁場の油監視船「七四郎丸」が木更津地先で11月～翌年3月まで，ほぼ毎日観測した透明度および水温の1984～1991年まで7か年のデータを整理した（観測点：図1）。

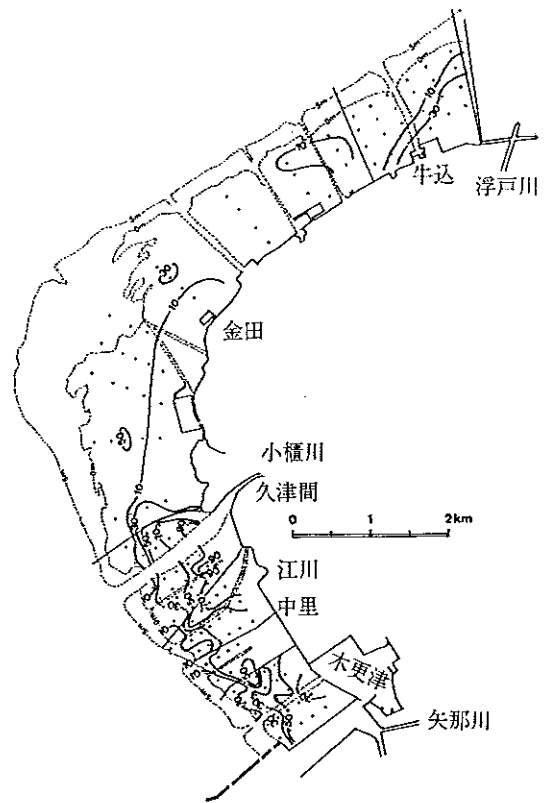


図2 木更津地区におけるアサリへい死率(%)の分布

1989年3月6, 7日, 139点(黒点は調査点)
地名は漁協名

調査結果

1. へい死の経過

漁協からの情報および著者らの現場調査に基づいてへい死の経過を整理すると，1989年1月下旬に江川漁協管内でへい死が確認された。2月に入ると木更津地区の各所のいずれも岸側部分でへい死が確認された。3月には富津地区全富津漁協管内の岸側部分でもへい死が確認された。また，千葉北部地区の岸側部分でも，この時期にへい死が確認されており，へい死はほぼ東京湾の千葉県下全域に及んでいた。4月中旬になると新たなへい死個体は見られなくなった。

2. へい死量およびその他の生物の状況

へい死率の分布を図2に示した。この図をみると久津間漁協管内の岸側(90%以上)，木更津漁協管内の岸側(70%以上)，牛込漁協管内の岸側(30%以上)の3か所からへい死が始まったことを伺わせる分布となっていた。また，この3ヶ所には小櫃川または矢那川，浮戸川という小河川が流入していた。

3月6, 7日の調査による生貝の量は12,900トン，へい死量は3,800トン(22.8%の減耗)，両者の合計は約16,700トンであった。一方，4月12～14日における生貝の資源量は10,400トンであったので，資源の減少

量は最終的に約6,300トン(37.7%の減耗)と推定された。

また，3月から4月にかけて木更津地区で調査をしている時の目視観察の結果では，へい死したのはアサリだけであり，同じ場所に生息するバカガイ，ウミニナ，シオフキ，スナモグリ，カニ類等にへい死は見られなかった。また，周辺海域で魚類等のへい死も確認されなかった。

3. アサリの状態

1) 潜砂率

潜砂率の測定結果を表1に示した。へい死程度が軽かった牛込漁協管内のアサリでは，100%近い数値であったが，久津間～木更津漁協管内の岸側のようにへい死率が高い場所のアサリでは数値が低かった。4回の測定結果のなかでは3月12～15日の数値が全般に最も低く，久津間の岸側では30%しかなかった。4月12～14日の段階ではこの潜砂率が，最低でも70%以上の数値にまで回復した。

表1 木更津地区におけるアサリの潜砂率, 肥満度の推移 (1989年)

調査区域	調査月日						
	3月6~7日		3月12~15日		3月24~26日		4月12~14日
組合場所 (*1,2)	潜砂率 (%)	肥満度 (%)	潜砂率 (%)	肥満度 (%)	潜砂率 (%)	潜砂率 (%)	肥満度 (%)
牛込 沖側	99	15.9	—	12.3	90	98	17.5
	97	16.2	—	—			
金田 沖側	92	12.0	—	—	—	92	12.6
	—	—	—	—			
久津間 沖側	86	12.2	45	12.2	—	—	—
	61	10.8	30	10.8			
江川 沖側	—	—	73	13.3	72	73	13.1
	—	—	—	—			
中里 岸側	—	—	85	12.7	94	—	—
木更津 沖側	75	11.6	61	11.4	—	89	12.0
	80	11.4	41	9.2			

*1 沖側：干潟沖側のアサリ種苗の放流が行われている養貝場

*2 岸側：干潟岸側の潮干狩場や平場（自由操業区域）として使われている場所

2) 肥満度

肥満度の測定結果を表1に示した。3月6, 7日の肥満度をみると、久津間～木更津漁協管内の岸側で低く、10.8～11.4であった。3月12～15日には、調査区域によって3月6, 7日と同様の数値か、または更になくなる傾向を示した。特に木更津漁協の岸側では9.2まで低下した。4月12～14日でもまだかなり肥満度の低い調査点が多いが、場所によっては17を超える場合が見られ、全体的には回復傾向にあった。

3) 寄生虫の寄生率

セルカリアの寄生は見られなかった。しかし、寄生虫と推定される種類不詳の生物は見られた。これらの生物のアサリに含まれる割合は岸側が19～21%、沖側が40～75%であり、沖側の方が高かった。

4) 衰弱した個体が健全な個体に与える影響

各個体群の生残率を図3に示した。久津間産の半潜砂個体が試験開始後1週間の間に全個体へい死したが、他は20日間の試験中にほとんど差異がなく、20%程度がへい死した。

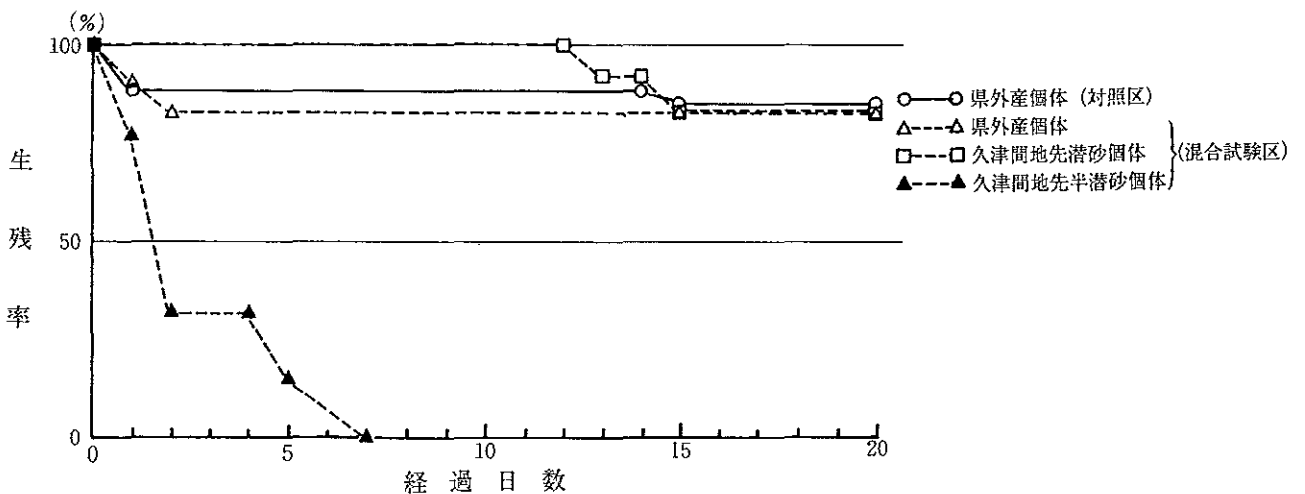


図3 衰弱した個体が健全な個体に与える影響試験の結果
混合試験区では各々11～13個体, 対照区では33個体を使用

3. 気象・海況の状況

1) 気象

風と降雨量の変化について図4に示した。

へい死が発生した1989年1~3月については、1月に例年にない93mmの降雨量を記録した。また、風については、1月下旬に強いSWを中心とする風が吹いた。

しかし、へい死が発生していない時にもこの程度の風雨は認められた。

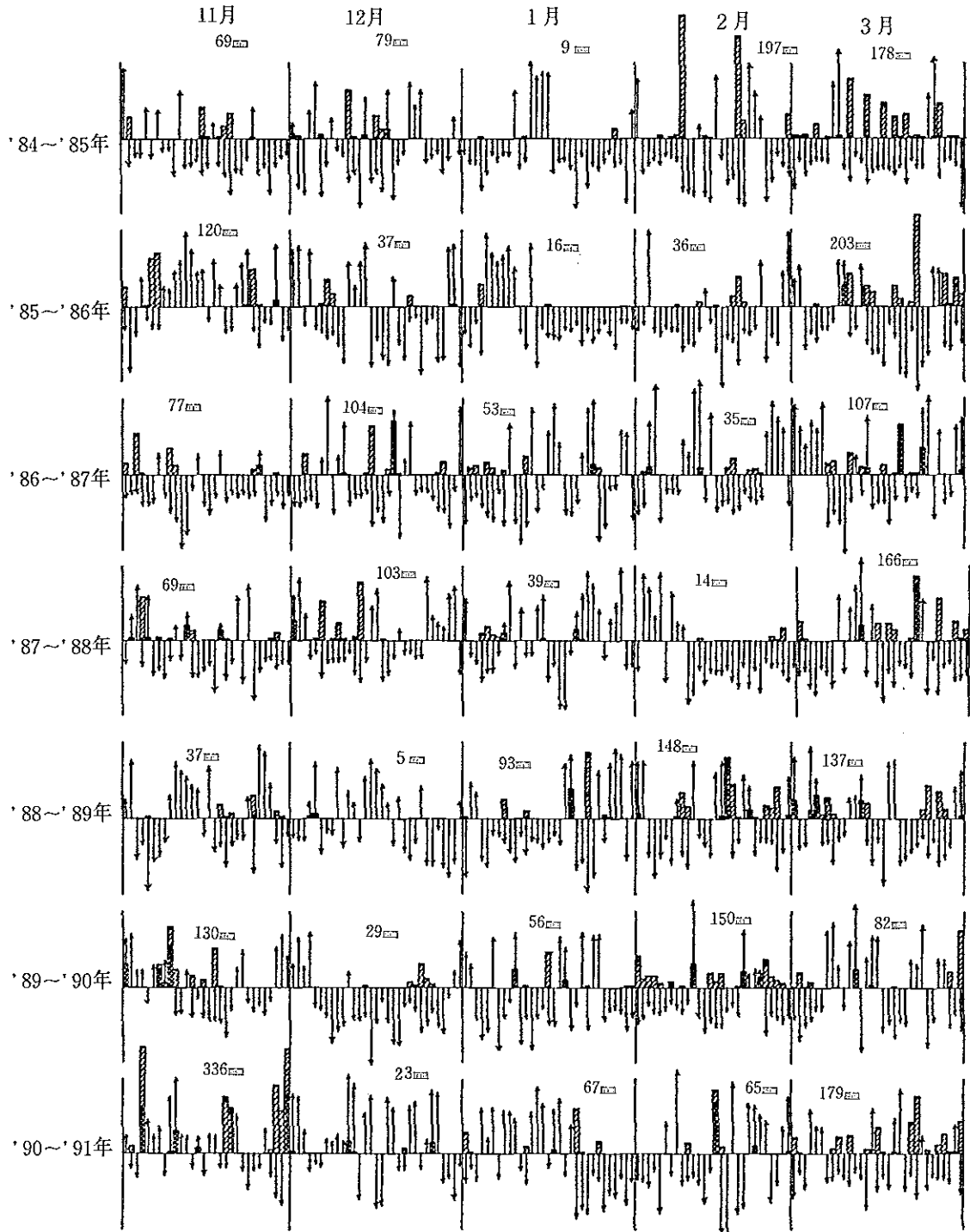
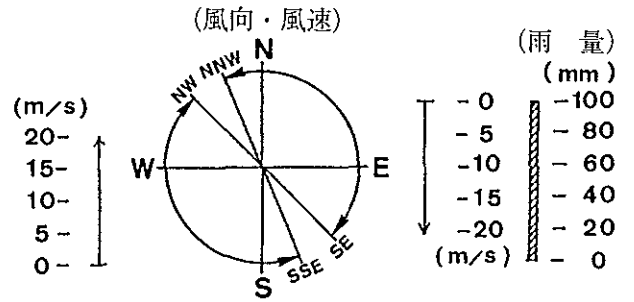


図4 風向・風速と雨量の変化 (1984~1991年)
図中の数値 (mm) は月間降雨量

2) 海況

透明度の変化について図5に、水温の変化について図6に示した。

透明度については、へい死が発生した前年の1988年11月中旬から翌年3月下旬までそれ以外の時よりも2～5m高いままで推移した。

水温については、1987年12月中旬～翌年2月初旬、1989年、1990年の2月中旬～3月下旬、1990年11月～翌年1月初旬等の期間については、それ以外の時よりも約2～3℃高く推移した。また、1986年2月～3月はそれ以外の時よりも低く推移した。

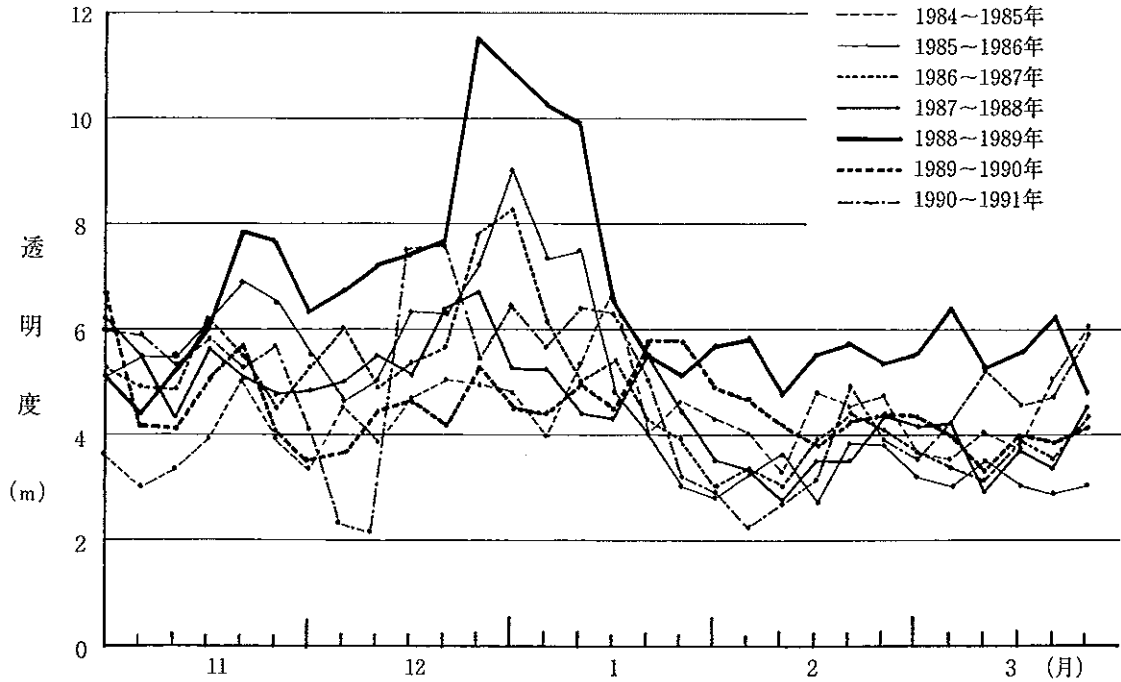


図5 透明度の変化

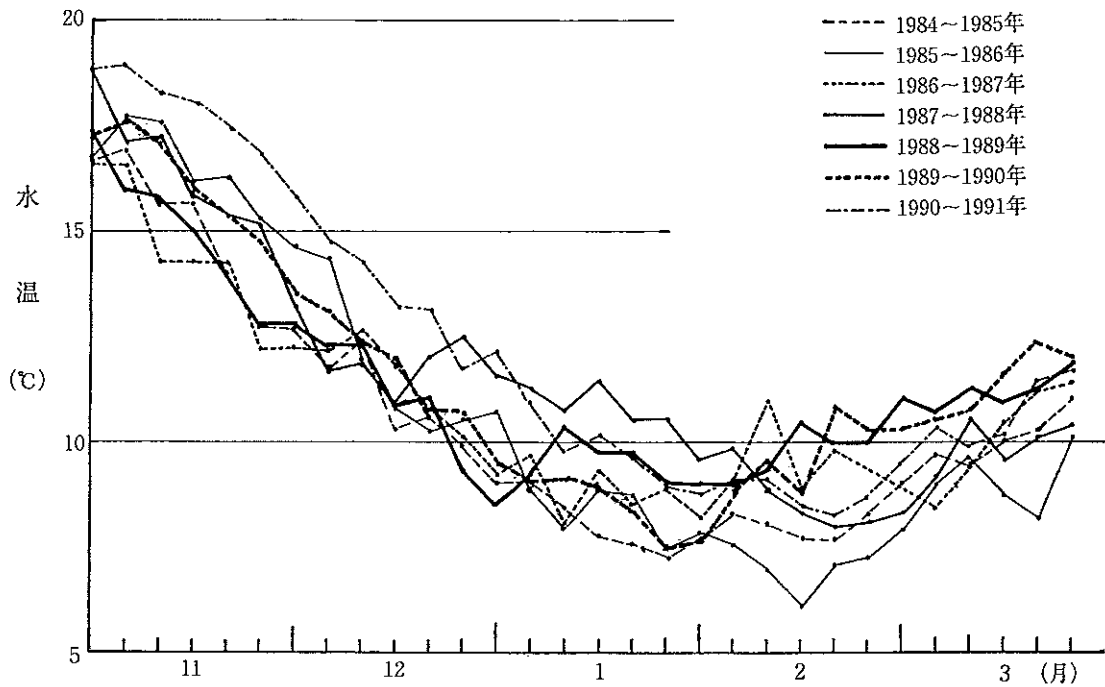


図6 水温の変化

考 察

アサリ等二枚貝のへい死や資源の減少、活力低下または活動低下等と関係する要因は、①低水温または高水温^{8,9)}、②塩分の低下¹⁰⁾、③降雨時の濁水による浮遊土の増加¹¹⁾、④溶存酸素濃度の低下¹²⁻¹⁵⁾、⑤餌料量の低下¹⁶⁾、⑥泥分の堆積^{17,18)}、⑦底質移動^{3),19-22)}、⑧貝類のへい死に伴う二次的な水質悪化^{23,24)}、⑨有害プランクトン²⁵⁾、⑩寄生虫^{7),26)}、⑪動物あるいは植物の群落による場の占有²⁷⁾、⑫食害^{16,28)}、⑬遺伝形質（一代雑種の出現）^{*3)}、⑭重金属類や各種の薬剤^{29,30)}、⑮漁業者が採貝時にアサリに与える傷害（主として水管の切断と殻の破損）、等大変に多くのものを上げることができる。また、これ以外にも⑯細菌やウイルス等による疾病もあるかも知れないが、ほとんど調査・研究をされていないのが現状であろうと思われる。

今回のへい死の特徴は、1) 冬季の現象であり、4月に入るとへい死は止まった、2) 河川の影響域からへい死が始まった、3) 透明度が高かった、4) 冬季としては水温が例年よりも高かった、の4点を上げることができる。上述の16項目のうちこれと関係がありそうな要因としては、①水温の低下、②塩分の低下、⑤餌料量の低下、の3項目が考えられる。また、へい死が始まった時と大量降雨、強い南風とは時を一致（図4）しており、⑦底質移動、も直接的な要因の中に加えた方が良いように考えられる。これ以外にも、へい死要因の中から消去したものの中には調査・研究知見

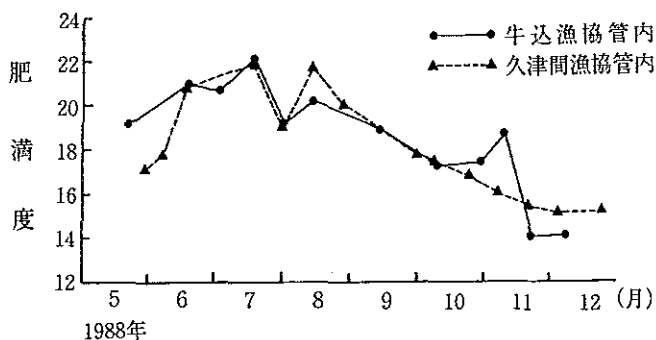


図7 牛込、久津間漁協管内におけるアサリ肥満度の変化

が十分ではなかったものが含まれている。ここでは、この4項目によってへい死が起こり得るかどうかを検討した。

当年の春季から東京水産大学と千葉県水産試験場富津分場が共同で調査^{*4)}していた牛込、久津間両漁協の養貝場内のアサリ肥満度の変化（図7）をみると、久津間地先では9月から既に肥満度が低下しているが、牛込地先では11月末になって急激に低下した。両地先でこのように異なっている原因については今後とも十分な検討を要するが、少なくとも牛込地先のアサリの肥満度の低下については透明度の上昇（図5）と時期的に連動しているように見える。

1988年11月下旬から翌年3月までは透明度が例年よりも2~5mは高かった。1985年2月に測定された東京湾における透明度とSSの関係^{*5)}を図8に示した。

この図から、1988年11月下旬から翌年3月の透明度が5.5~10mなのでSS量にすると1.2~2.6ppm、例年が透明度4~5mなのでSS量にすると、2.8~3.3ppmであり、へい死が発生した年は例年の1/2~2/3程度のSS量で推移したようであった。SSの全てがアサリの餌料ではないが、アサリは濾過食者であるので餌料が例年の冬季よりも少なかったことが十分に考えられる。

水温も例年と異なっており、2~3月に2~3℃程度は高く推移した。アサリの濾水量を秋山の測定結果から図化（図9）して例年と比較すると、例年よりも約1.3~1.5倍前後は高いと想定された。

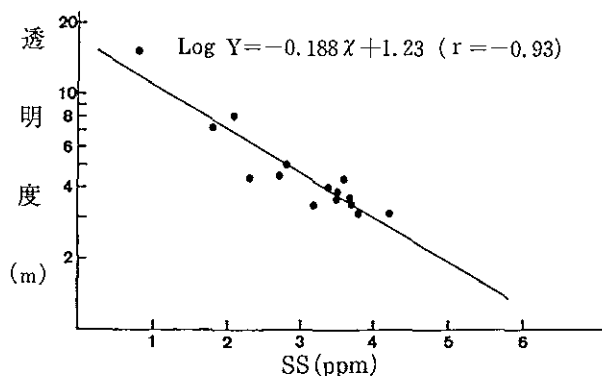


図8 透明度とSSの関係

- * 3 : IFREMER (PARIS) (1985) : 私信, 英国の漁場で他国産アサリを放流したところ一時的に資源の増大をみたが, その後再生産が全く無くなった。検討の結果, アサリに一代雑種が出来たことが原因とされた。
- * 4 : 夏目 洋・山川 紘・鳥羽光晴・柿野 純 (1989) : 牛込および久津間地先におけるアサリ肥満度の測定資料。
- * 5 : 柿野 純・羽山紀章 (1985) : 内湾~内房の15調査点の表層, 透明度水深の1/2, 透明度水深, の3層で採水, 混合した海水のSSを分析した資料。

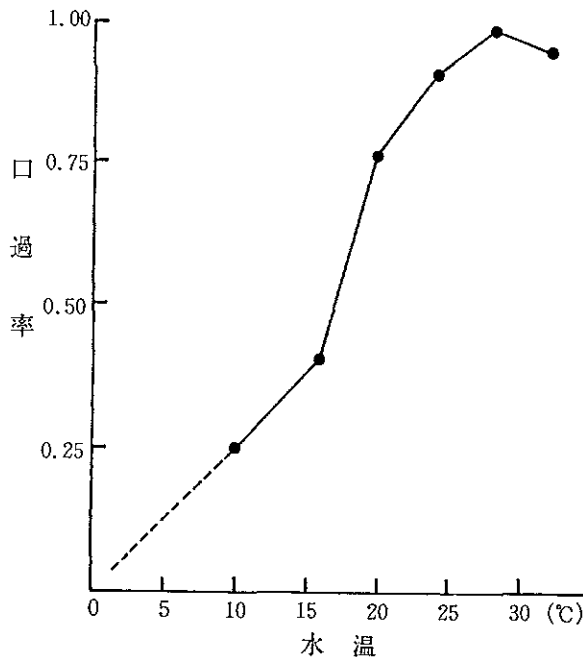


図9 水温とアサリの濾水量との関係

これらの状況から、アサリの基礎代謝量が高いのに餌料そのものは例年になく少なかった。全体に餌料不足の中で、干潟の沖側に分布するアサリ・バカガイ等に餌量の多くを摂餌されるために岸側の区域では顕著にそれが出現し、特に木更津地区南部の久津間漁協～木更津漁協管内では養貝場が連続（図1）しているのでアサリの分布量も多かったことが餌料不足を更に増大させ、衰弱をより助長させた可能性があった。

木曾・古川³¹⁾は“ホルマリンで固定したアサリを養殖場に埋めると1～3週間で大部分が流出移動するが、生きているアサリは殆どが留まっている”ことを報告している。これは、アサリが一定の場所に留まるためにはそのための活動をしなければならないことを示しているものと考えられる。調査結果の中で報告したようにへい死率の高い場所では潜砂率が低下していたことは、この場所のアサリが強い風（図4）による底質攪乱によって砂中から掘り出され易く、そして、掘り出された個体は回復することなく次第にへい死（図3）していったのではないかと考えられる。

また、河口に近いところから次第にへい死していったことは、おそらくは河川水によるアサリ生息域の低塩分がへい死を助長する方向へ働いたのだと考えられる。

以上のように、1989年1月下旬～3月下旬にかけて発生したアサリへい死の特徴を報告し、へい死の過程を推定した。アサリの活力が低下した要因として餌料不足と冬季としては水温が高いことを上げたが、これ

ら以外の要因があったかどうか定かではなかった。これらの解明のための前提として、へい死に関わるアサリの生理的要因、特に詳細な活力の指標を確立する必要があると考えられる。網尾らは二枚貝の活力測定に桿晶体中のスピロヘータ細菌の密度が有効であることを報告しており、また、中野・日向野³³⁾はウバガイを試料としてRNA/DNAやグリコーゲン等を測定し、二枚貝の生理的状态を測定する指標となり得ることを報告している。二枚貝、特にアサリの生理的要因に関しては、今後ともこれらの手法に基づいたデータの積み重ねが必要であるように思われる。

要 約

- 1) 1989年1～3月にかけて木更津地区でアサリの大量へい死が見られたので、この時の状況を調査し、へい死原因について検討した。
- 2) へい死率の分布をみると、へい死は岸側の河川水の流入域から始まったことを伺わせた。これらの区域で採取したアサリは潜砂率、肥満度ともに低かった。
- 3) へい死が発生した年は、例年と比較して東京湾盤洲地先の透明度が2～5 m、水温が2～3℃高かった。これらの数値から既往調査データによって検討すると、餌料量は例年の1/2～2/3であるのに対して、アサリの基礎代謝量は例年よりも高かったと推定された。
- 4) 従って、餌料不足により、特に岸側のアサリは衰弱がひどくなり、風による底質攪乱や河川からの出水時の低塩分等に併せて次第にへい死していったのではないかと推定した。

謝 辞

本調査は二宮敏郎前千葉県水産試験場富津分場長（現千葉県部主幹）、福原実前のり貝類研究室長（現千葉県内水面水産試験場養殖研究室長）、木更津市内の各漁協組合長をはじめとする担当理事、アサリ研究会員、系統機関、県市の担当の方々等の協力のもとに行われた。特にアサリの潜砂率試験は県漁連アサリ事業所によって実施された。紙面の都合で発表者として割愛させていただいたこれらの先輩諸氏に敬意と謝意を表する次第です。

文 献

- 1) 飯塚恒平（1989）：アサリ漁場の管理とアサリ漁業の将来展望，第35回全国漁村青壮年婦人活動実

- 績発表大会資料. 全国漁業共同組合連合会, pp. 14-29.
- 2) 柿野 純・鳥羽光晴 (1988): 東京湾のアサリ漁場における最近年の調査結果と今後の研究方向について. *さいばい*, **46**, pp. 27-30.
 - 3) 柿野 純・鳥羽光晴 (1990): 千葉北部地区におけるアサリ資源の特性について. *千葉水試研報*, **48**, pp. 27-33.
 - 4) 柿野 純・竹脇 博・鈴木和良 (1984): 最近の東京湾におけるアサリへい死現象とへい死調査に関する考察. *千葉水試研報*, **42**, pp. 23-28.
 - 5) 志村 茂・良永知義・若林久嗣 (1982): 浜名湖産アサリのセルカリア3種の形態と寄生状況. *魚病研究*, **17**(2), pp. 129-137.
 - 6) 志村 茂・良永知義・若林久嗣 (1982): 浜名湖産のアサリに寄生するメタセルカリア2種 *Parvatrema duboisi* (Gymnophallidae) と *Proctoeces* sp. (Fellodistomidae) の形態と寄生状況. *魚病研究*, **17**(3), pp. 187-194.
 - 7) 桃山和夫・岩本哲二 (1979): 山口・大海湾におけるアサリの産卵期について. *山口県内海水試報告*, **7**, pp. 19-34.
 - 8) 倉茂英次郎 (1957): アサリの生態研究, 特に環境要素について (松本文夫編), 第2章 致死水温. *水産学集成*, 東京大学出版会, 東京, P. 616-617.
 - 9) 秋山章男 (1985): 底生動物の挙動と食物連鎖, 潮干帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究, 昭和59年度研究成果報告書. 東海区水産研究所・南西海区水産研究所, P. 99-104.
 - 10) 倉茂英次郎 (1957): アサリの生態研究, 特に環境要素について (松本文夫編), 第7章 海水塩分の変化に対するアサリの抵抗性. *水産学集成*, 東京大学出版会, 東京, P. 620.
 - 11) 倉茂英次郎 (1957): アサリの生態研究, 特に環境要素について (松本文夫編), 第9章 海水中の浮遊土に対するアサリの抵抗性. *水産学集成*, 東京大学出版会, 東京, P. 621-622.
 - 12) 田中弥太郎・浜田サツ子・相良順一郎・筒井久吉 (1975): 貧酸素水塊の形成と貝類の生産に関する研究, 農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究. 昭和49年度研究成績報告書, pp. 45-57.
 - 13) 田中弥太郎・浜田サツ子・相良順一郎・筒井久吉・戸倉正人・井戸津都史 (1976): 貧酸素水塊の形成と貝類の生産に関する研究. 農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究, 昭和50年度研究成績報告書, pp. 35-42.
 - 14) 田中弥太郎・筒井久吉・井戸津都史 (1977): 貧酸素水塊の形成と貝類の生産に関する研究. 農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究, 昭和51年度研究成績報告書, pp. 45-51.
 - 15) 柿野 純 (1982): 青潮によるアサリへい死原因について, 貧酸素水および硫化物の影響. *千葉水試研報*, **40**, pp. 1-6.
 - 16) 網尾 勝 (1982): アサリの増殖について. (社) 日本水産資源保護協会月報, **217**, pp. 4-10.
 - 17) 倉茂英次郎 (1957): アサリの生態研究, 特に環境要素について (松本文夫編), 第1章 アサリ場の粒子組成より見たる土質. *水産学集成*, 東京大学出版会, 東京, P. 614-616.
 - 18) 五十嵐彦仁 (1956): 北海道における鮟工業排水と水産被害. pp. 355-356, 楡書房, 北海道.
 - 19) 倉茂英次郎 (1957): アサリの生態研究, 特に環境要素について (松本文夫編), 第11章 アサリの適正条件としての地盤並びに土質の変動. *水産学集成*, 東京大学出版会, 東京, P. 623-624.
 - 20) 山口県 (1979): 大規模増殖場造成事業調査報告書. 山口・大海湾地区, -アサリ-, 水産庁.
 - 21) 藤本敏昭・中村光治・小林 信・林 功・滝口克巳・小田一成・鶴岡治市 (1985): アサリの漁場形成について. 昭和58年度・福岡県豊前水産試験場研究業務報告, pp. 34-106.
 - 22) 柿野 純・中田喜三郎・西沢 正・田口浩一 (1991) 東京湾盤洲地先におけるアサリの生息と波浪との関係. *水産工学*, **28**(1), pp. 51-55.
 - 23) 菅原兼男・海老原天生・宮沢公雄・川名順之 (1966): 水更津市地先ハマグリへい死調査について. *千葉県内湾水試試験調査報告書*, **8**, pp. 43-56.
 - 24) 柿野 純 (1986): 東京湾奥部における貝類へい死事例, 特に貧酸素水の影響について. *水産土木*, **23**(1), pp. 41-47.
 - 25) 高野秀昭 (1965): 日本産海産硅藻の新種希種-I. 東海区水産研究所研究報告, **42**.
 - 26) 熊本県のり研究所 (1989): 昭和63年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業 (アサリ種苗初期減耗原因の究明に関する研究) 成果報告資料.
 - 27) 内田 晃 (1965): ホトトギスの成長とアサリに及ぼす影響について. *千葉県内湾水試試験調査報*

- 告書, 7, pp. 69-78.
- 28) 相良順一郎 (1983): アサリの増殖 (巡回教室資料). 日本水産資源保護協会月報, 234, pp. 10-17.
- 29) Charles G. Wilber (長瀬隆子訳) (1972): 水質汚染の生物学的研究. pp. 73-92, 恒星社厚生閣, 東京.
- 30) 金沢 純・田中二良 (1988): 水生生物と農薬, 理論応用編. pp. 106-111, サイエンティスト社, 東京.
- 31) 木曾 亮・古川 厚 (1953): アサリの非移動性について. 日水誌, 18(12), p. 738.
- 32) 網尾 勝・浜野龍夫・浜崎日出男・花田貴志・石飛博敏・村上雅信 (1989): 二枚貝の活力を何で評価するか. 水産増殖, 37(4), pp. 281-288.
- 33) 中野 広・日向野純也 (1991): 生化学的活力判定手法と二枚貝の活力. 平成3年度日本水産工学会シンポジウム「内湾性貝類—特にアサリ—の生息条件と増殖場造成」講演要旨集, pp. 16-18.