

中海本庄水域におけるアサリの生残と成長

—関連する要因の予察と潮通しパイプの効果の検討—

山口啓子¹・門脇義雄²・藤森恒至³・立見博俊³

Survival and growth of *Ruditapes philippinarum* in Honjo Area of Lake Nakaumi, southwest Japan

Keiko Yamaguchi¹, Yoshio Kadowaki², Kouji Fujimori³ and Hirotoshi Tatsumi³

Abstract: Survival rate and growth were examined for adult *Ruditapes philippinarum* in Honjo Area of Lake Nakaumi. This area is a brackish lake enclosed by embankments built for reclamation. Two tidal flow pipes of 2.5m in diameter were constructed on March 1998, to investigate potential of fishery promotion. Containers carrying 50 individuals of *Ruditapes* each were set on the lake bottom of 3 stations; (1) Pipe-front in Honjo (2) Off-Eshima in Honjo and (3) West Channel around Honjo. Survival rate, growth and water quality (temperature, salinity, dissolved oxygen) were examined between 1.5m and 4m in water depth for these stations, from June 4 to November 5 in 1998. Survival rates of Pipe-front were higher than those of Off-Eshima, mainly because mass mortality occurred around off Eshima Island in the end of July. This event was observed as formation of anoxic and hydrosulfide-rich water layer, or masking of the surface that derived by concurrent death of sea algae, *Cladophora speciosa*. The water current through the tidal flow pipes appeared to make animals avoid the influence of the mortal event around them. Shell growth was apparently higher among individuals set on 1.5m depth than on 4m depth, for both Pipe-Front and Off-Eshima stations.

Key words: growth, Honjo-area, *Ruditapes*, survival rate, tidal flow pipes

はじめに

斐伊川水系の末端に位置する中海は、境水道を通して日本海につながる中-高塩分の汽水湖である。中海は、宍道湖・中海淡水化干拓計画工事にともないその北西部が堰堤で仕切られ、現在は本庄水域(本庄工

区)と中海水域とに分かれている。本庄水域は、1981年に堰堤建設工事がほぼ完成して以来、西部の承水路を通してわずかに中海水域の湖水が出入りするのみの閉鎖的環境となっている。1988年以降、干拓計画はこの段階で凍結されていたが、1995年島根県知事が干拓工事再開の方針を表明し、1996年には島根

1 島根大学汽水域研究センター

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, Matsue 690-8504, JAPAN

2 中海漁業協同組合 八束郡東出雲町下意東 548-5

The Nakaumi Fishery Cooperative Association, Higashiizumo 699-0102, JAPAN

3 島根大学総合理工学部地球資源環境学科

Faculty of Science and Technology, Shimane University, Matsue 690-8504, JAPAN

県議会が干拓事業再開を了承した。一方で、住民団体による計画中止の陳情や干拓による中海水域の水質悪化の可能性も指摘され、より詳細な調査が求められた。平成9・10年度(1997年から)には、干拓の代案としてこの水域の水産利用の可能性を検討するため、中国四国農政局により環境基礎調査と潮通し実験が行われた。潮通し実験は境水道に近い北部承水路の堤防に直径2.5mの潮通し用パイプを2本設置し(図1), 新鮮な海水の流入を促し、水の流量・水質・底質・生物相の変化などを調査している。また、この潮通しパイプ付近には本庄水域内に覆砂を施して、アサリ(*Ruditapes philippinarum*) 成貝を放流し生存と成長を調査することが実験の一つの軸となっている。この潮通しパイプは1998年3月に設置され、面積10m×50mを2実験区(水深1-4m)造成し覆砂が行われ

たのち、同年6月に三重県産アサリ成貝(殻長25mm程度)約1tが放流された。このように水産利用を検討する農政局の実験において、アサリは主要資源として取り上げられている。しかし、現在の本庄水域にはアサリは生息するもののその数は非常に少なく(藤本ほか, 1999b), サイズも殻長1cm程度の個体为主である。このことは、現在のこの水域の環境が基本的にアサリの生存にとって好条件ではない事を示唆している。本研究では、水産資源としてアサリを考えたとき、本庄水域内で生存・成長するために関わる要素(水深・水質・水流・捕食者・競合生物など)について予察的知見を得ること、および、農政局の設置した潮通しパイプがアサリの生存・成長に効果があったかを検討すること、を目的として、農政局とは独自にアサリ成貝の生残と成長を調査した。

材 料 と 方 法

アサリ: 1998年5月18-20日に境水道において潜水漁によって採集した平均殻長約25mmのアサリを、調査水域に5月21日より6月3日の13日間垂下し馴致した後、衰弱した個体は除去して実験に用いた。殻の成長を確認するため殻の縁辺部をカッターナイフで軽くなぞり、標識を施した。

飼育方法: 殻長・殻高・殻幅・全重量を計測したアサリ1個体を実容積約250ccのポリプロピレン製カップに入れた。底面に直径1~2mm×10ヶ所の通水孔をあけたカップには、底から礫50cc、その上に鳥取県弓が浜海岸にて採集した海浜砂180ccをいれ(図2-a), これを50個、62cm×46cm×16cmのカゴ状コンテナに並べた(図2-b)。このコンテナを12個(記号A~L)用意した。

設置地点と条件: 1) パイプ前, 2) 江島沖, 3) 西部承水路の3地点を選定した(図1B)。「パイプ前」は、農政局の設置した潮通しパイプを通り潮位差によって流入出する海水流の直接の影響がおよぶ場所として本庄水域内に選定した(図1C)。コンテナを設置したのはパイプの南横約10m(水深1.5m, 岸より約5m)の地点、およびパイプから南西へ約70m(水深4m)の地点で、パイプからの流れが到達していることを目視でも確認できた。「江島沖」はパイプや西部承水路から遠く離れていて、それらの流れの影響の最もおよばない、水の停滞が ocorrência やすい地点として選定した。「西部承水路」はパイプ設置前に天然でアサリ漁が行われていた地点として、対照のために選定した。これら3地点についてそれぞれ1.5mと4mの水深

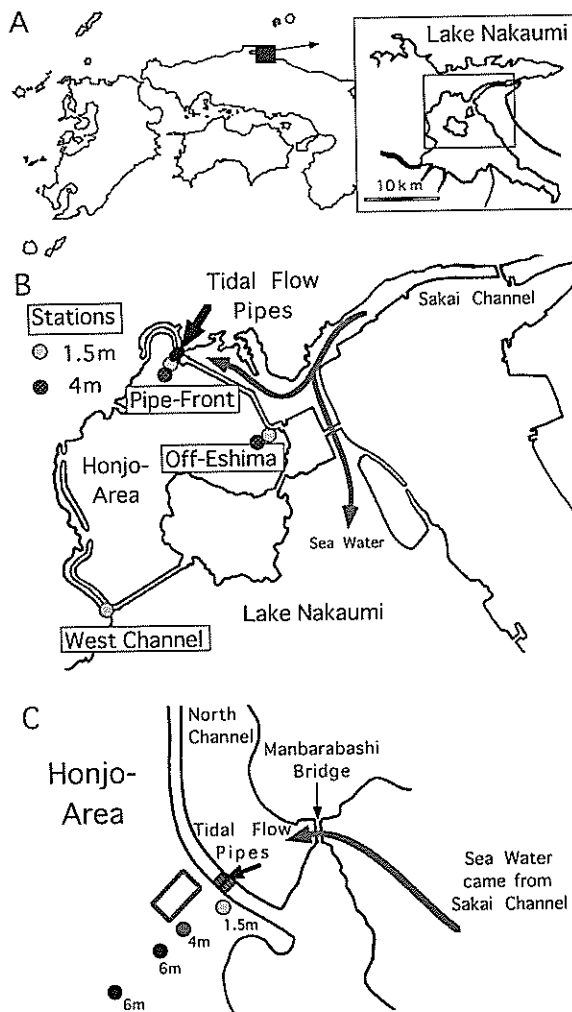


図1. 地点図 A) 調査地の位置 B) 本庄水域とアサリ設置地点 C) 潮通しパイプ付近の拡大図。

Fig. 1. Index maps A) Location of the field in Southwest Japan B) Honjo-Area and Stations C) Close-up map of Pipe-front station.

の湖底にコンテナを設置した。これまでの水質のデータを参照したところ（藤本ほか，1999a），表層から水深3mまでは貧酸素化する事はほとんどなく，水深5m以深では貧酸素化する可能性が高い。水深4m付近は，鉛直方向で溶存酸素が下がり始める微妙な水深となっていることが多い。これと比較するため，貧酸素の影響を受けないと予想される浅部でかつ波浪による転覆が起こらない程度の1.5mの水深を選定した。各水深に2つのコンテナを配置し，その1つには，捕食者を避けるため，目合い1cmのネットをかけた（図2-c）。

測定：約1ヶ月ごとに殻長・殻高・殻幅・全重量を計測し，生存個体数を確認した。1998年6月4日に初回の計測をし，予定地点にコンテナを設置した。計測日は第2回6月30日（西部承水路は7月1日に確認・補充のみ，計測無し），第3回7月28日（西部承水路7月29日），第4回10月6日（同10月7日），第5（最終）回11月5日に行い，8月25日は死亡個体の確認のみを行い，計測は行わなかった。体サイズの変化・成長量について，本報告では殻長と全重量を使用した。6月4日の体サイズ測定値を初期値とし，終了時までの全期間生存した個体のみの値を使用して，増加量を成長量とした。但し，コンテナFについては7月28日までに全個体が死亡したため，7月28日に再スタートした時点の測定値を初期値とした。本論文の中では6月4日-6月30日を6月期，6月30日-7月28日を7月期，7月28日-8月25日を8月期，8月25日-10月6日を9月期，10月6日-11月5日を10月期とした。

環境調査事項：水質は現場で多項目水質計（YSI社製610型を主に使用）を用いて，水温（℃）・塩分（psu）・溶存酸素濃度（DO mg/l）について測定した。水質測定は基本的に午前中に行った。2週間に一度，コンテナの生物付着状況を観察し，付着物を除去した。

注）北部承水路水深4mのコンテナK，Lについては人為的妨害により継続が不可能となり，6月期の生残率以外，データを取ることができなかった。

結 果

1) 生存・死亡状況と生残率

各期間ごとの生残率を表1に示す。パイプ前では捕食者である大型腹足類アカニシ（*Rapana venosa*）の進入がコンテナ内に確認された場合に生残率が低くなっているが，それを除くと全般に高い生残率を示

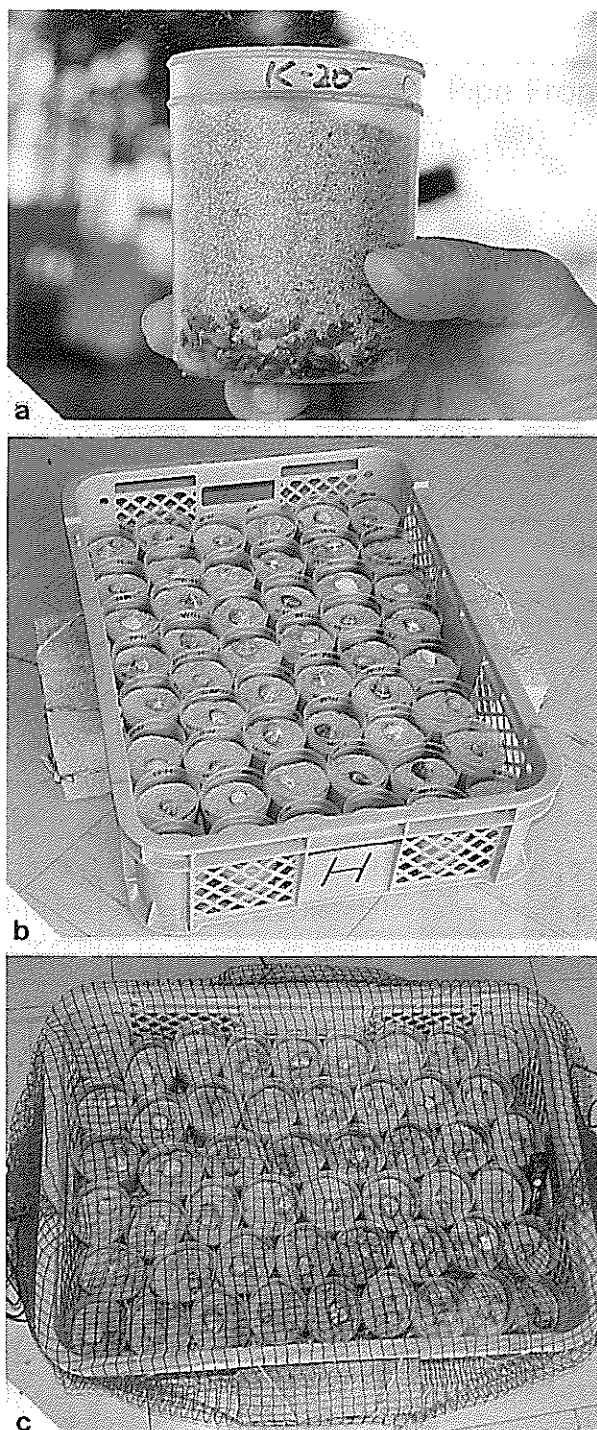


図2. コンテナの使用前の状態 a) 個体識別用カップ b) ネットをかけていないコンテナ c) ネットをかけたコンテナ。

Fig. 2. Containers before setting in water. a) A cup used for identifying individuals b) A container without net c) A container covered with net.

した。7月期のコンテナCはネットの掛け方が悪かったため，アカニシ1個体が内部に進入し，2週間の間に14個体のアサリが死亡していた。8月期のコンテナDでは，2週間の間にアカニシ2個体が進入し，30個

表 1. 生存率.

Table 1. Survival rate.

Symbol of Containers			Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Total
Pipe-front	1.5m	A	90%	96%	92%	98%	96%	68%
		B	100%	96%	94%	96%	96%	75%
	4m	C	90%	70%	90%	94%	96%	50%
		D	98%	88%	40%	98%	100%	30%
Off-Eshima	1.5m	E	94%	32%	98%	96%	98%	22%
		F	94%	0%	96%	30%	100%	0%
	4m	G	98%	90%	96%	96%	92%	72%
		H	80%	68%	96%	66%	96%	32%
West Channel	1.5m	I	88%	92%	90%	76%	96%	50%
		J	64%	90%	100%	96%	100%	58%
	4m	K	100%					
		L	92%					

Covered with net
 Rapana were found in the container

体のアサリが死亡していた。

一方、江島沖では7月下旬に水深1.5m (E, F) で大量死がおこったことが7月28日に確認された。特にFは生存率0%であった(図3)。この時期E, Fにアカニシの進入は確認されなかった。これに先立つ7月21日に付着物の清掃のためコンテナを確認した時点では、ほとんどの個体は生存していた。9月期のコンテナFも生存率が低い値となっているが、9月期後半も7月後半と類似した状態であった。江島沖でアカニシのコンテナ内への進入が確認されたのは6月期のコンテナHのみであった。

西部承水路は6月期のコンテナJで、やや生存率が低くなっていた(アカニシの進入があった)が、全般には生存率が高かった。7月期・8月期のコンテナJも複数個体のアカニシが進入していたが生存率は高かった。

これらの死亡個体はほとんどが砂の上に両殻を開いた状態で残されていた。パイプ前では潜砂したまま上面がホトトギスガイ (*Musculista senhousia*) に覆われた状態で死亡していたものもあったが、ごく希であった。

2) 成長

期間ごとの成長量として、全重量の増加量平均値の変化を図4に示した。本庄工区内では6月・7月期の成長が悪く、8月・9月期によく成長した。江島沖のE-Hでは極端に6・7月期の成長が小さく、特に7月期ではG, Hは全重量が減少した。これらに対し、西部承水路のI, Jでは6月期から9月期はほぼ均等に成長したが、10月期でやや成長が落ちた。また、本庄水域内のパイプ前と江島沖について、水深1.5mと4m



図3. 7月末にアサリが全滅した時のコンテナFの写真 (98年7月28日撮影)。

Fig. 3. Photography of Container F taken on July 28, 1998.

との間で比較してみると、全期間を通じて水深1.5m A, B, E, Fの方が水深4m C, D, G, Hよりも成長量が大きかった。そこで各地点の水深ごとに成長量の個体数頻度をとってみると(図5, 6)、水深1.5mのA, B, E, Fでは成長量が殻長・全重量ともに1mm以上、1g以上の成長を示す個体数頻度が高いのに対し、水深4mのC, D, G, Hでは殻長・全重量ともに成長量1mm未満、1g未満すなわち成長量がほぼゼロに個体数が集中していた。

3) 水質 (水温・塩分・溶存酸素濃度)

3-1 底層における経時変化 (図7)

水温は6月の開始時が約22℃、夏に向かい上昇し、最も高い8月で29.6℃、11月の終了時には18℃前後に下がり、3地点とも同様の季節変化を示した。期間を通じて、本庄水域内のパイプ前と江島沖、および1.5mと4mとで水温の差はほとんどなかった。

塩分は開始時の6月4日本庄水域内の2地点では14psu程度で、夏期に向かって徐々に高くなり、8月期から9月期はほぼ18-20psuを維持していた。9月末から10月になると降雨・斐伊川の流量増加で中海の表層の塩分が下がった影響がおよび、本庄水域でも塩分が徐々に下がっていった。パイプ前ではやや深度による塩分の違い(1psu程度)がみられることがあった。江島沖では1.5mと4mとで塩分がよく一致していた。

溶存酸素濃度は調査日により変動が激しいが、全体に6月から7月前半は高く、7月後半から8月はじめに低下する傾向がみられた。パイプ前1.5mの溶存酸素濃度は7-8mg/l前後で推移しており、5mg/lを大きく下回ることとはなく、十分な酸素が供給されていた。水深4mでは7月後半と10月上旬に1.5mと比較して幾分低い値を取るが、それ以外は大きな違いはなかった。江島沖では7月下旬に1.5m、4mともに急激に溶存酸素濃度が低下した。1.5mと4mとで溶存酸素濃度に差がみられる日が散在的にあった。

西部承水路の水質は、調査の都合上、測定日が少ないため、傾向をはっきりと示すことが難しいが、特に塩分に顕著に現れているように、この地点の水深4mには中海から塩水楔(塩分躍層)の末端が到達していて、1.5mと4mで値の差が大きいことが多かった(～7psu)。大橋川の流量の直接の影響も受けやすく、中海の本庄水域内部に比べて変化が激しかった。塩分では、6月期・7月期は18-21psu前後と比較的高い日が多いが、1週間の間に4psu以上変化したり、一日のうちでも時間によって変化がみられたこともあった。溶存酸素濃度は1.5mでは全般に高い値で安定しているが、4mでは変化が激しい傾向がみられた。水温は4m地点で低いことが多かった。

3-2 鉛直変化(図8, 9)

パイプ前での溶存酸素濃度が水深1.5mと4mとでほぼ同じであった測定日(7月7日:図8)と明瞭な違いのあった測定日(7月15日:図9)を選んで、パイプ前と江島沖の水質鉛直プロフィールを示した。また、パイプ前については、アサリ設置地点よりも水深の深い更に沖合い地点(パイプからの距離約100mおよび200m, 水深約6m:図1C)でのプロフィールも示した。7月7日では塩分は湖底付近、特に水深4mを越えた付近から深部でやや高くなっていた。しかし、溶存酸素濃度・水温は表層から湖底までほとんど変わらなかった。一方、7月15日は江島沖では表層の水温がやや高い程度で、塩分・溶存酸素濃度は7月7日とほぼ同様であるが、パイプ前では水深3m以深で

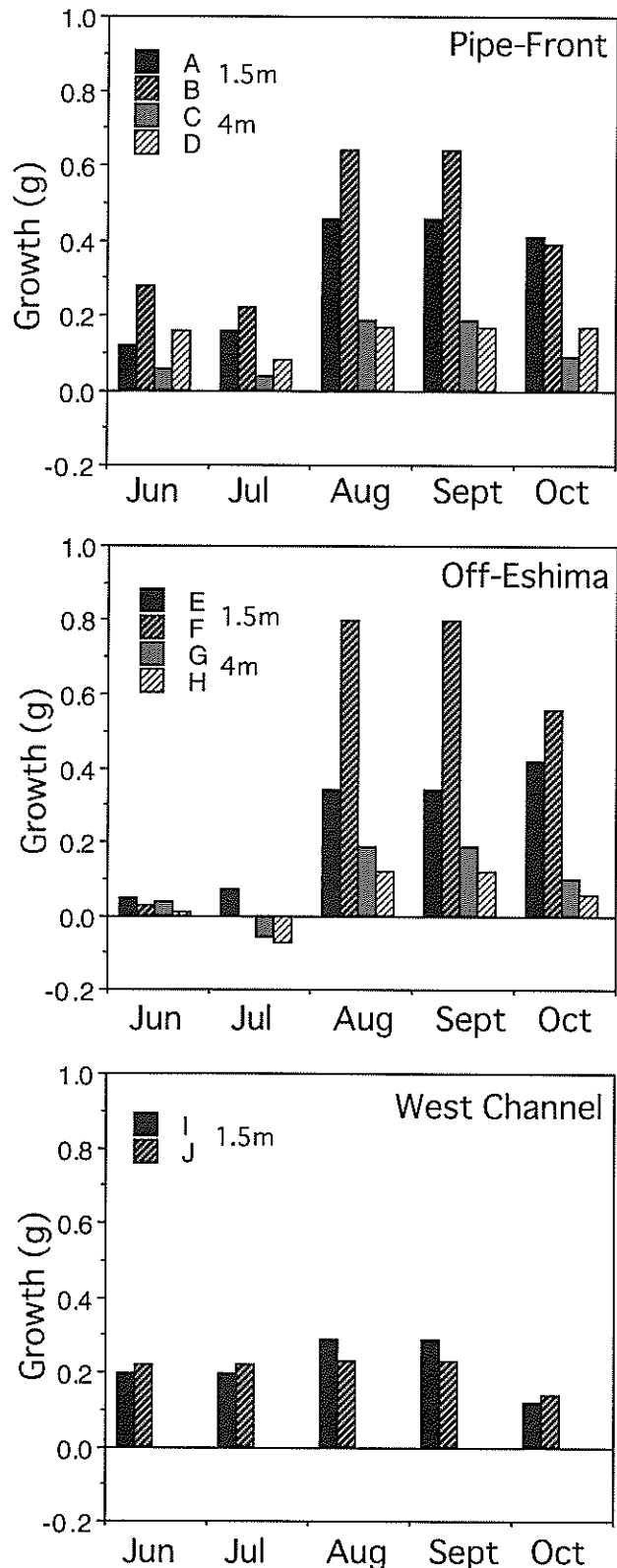


図4. 期間ごと成長量(全重量増加量 g)の平均値(8月期・9月期は2期分を2分割)。

Fig. 4. Mean shell growth (g) for each period.

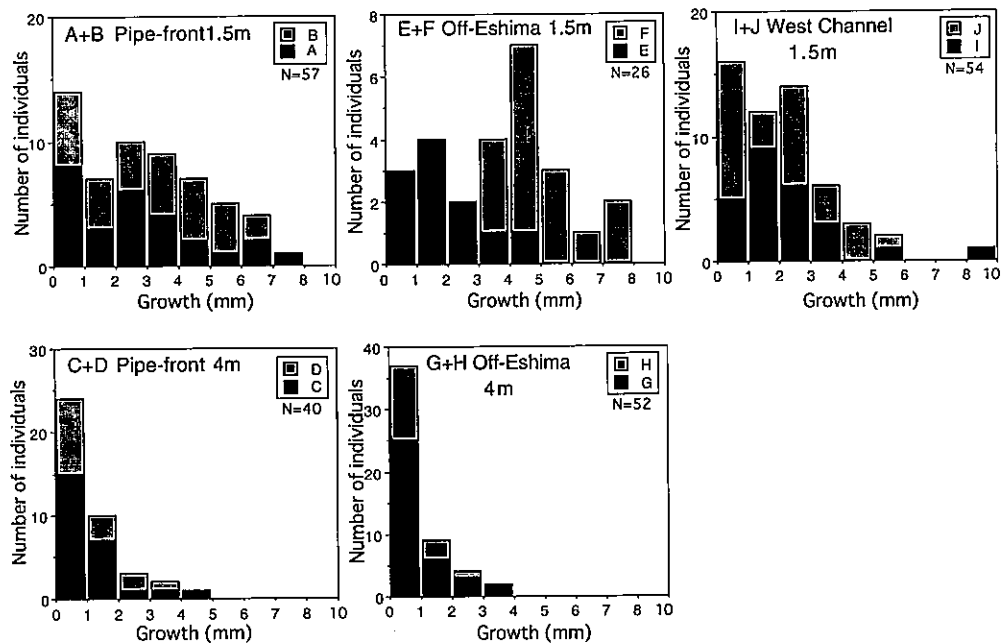


図 5. 殻長における全期間成長量 (mm) の個体数頻度分布。

Fig. 5. Histograms on number of individuals for total growth amount of shell length (mm).

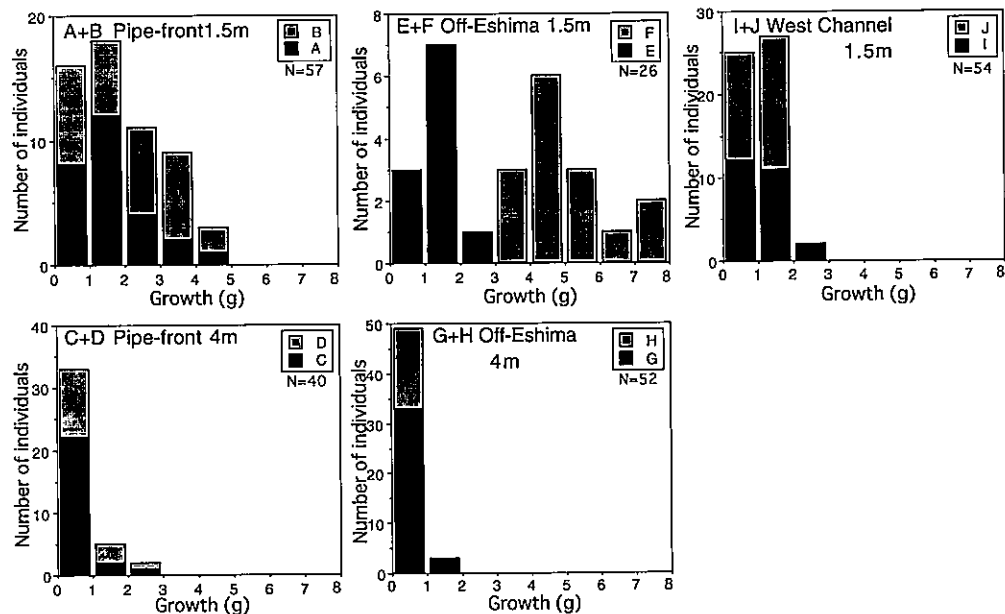


図 6. 全重量における全期間成長量 (g) の個体数頻度分布。

Fig. 6. Histograms on number of individuals for total growth amount of wet weight (g).

塩分が徐々に上昇し、溶存酸素濃度もその付近から急激に低下する傾向がみられた。

4) 生物付着状況の変化・その他

パイプ前: 海藻の付着はほとんどなく、ごく僅かに海藻のシオグサ類の付着がみられたことがあった。期間を通じて、水深 1.5m ではカップの砂表面周辺にホトギスガイが、コンテナとカップ表面にはナミマガシワガイ (*Anomia chinensis*) が多数付着した。水

深 4m では、カップの周囲やネットにもホトギスガイの付着が目立った。

江島沖: 6月から7月にかけて海藻のシオグサ類が付着した。シオグサ類群生の上にはホトギスガイが散在的に付着していた。2週間に一度付着物の除去を行っていたにも関わらず、特に水深 4m では6月後半から急激にシオグサ類が増加し、7月にはコンテナが完全に覆われるようになった (図 10)。シオグサ群生をコンテナ上から取り除くと、ほとんどのアサリは

砂の上に姿を見せており、潜砂していなかった。7月15日にコンテナの付着物を取り除いた際には、シオグサの色がそれまでの明緑色ではなく暗緑色になっていた。7月28日には、このシオグサ類の枯死した遺骸と思われる黒色の繊維状あるいはそれが平面状に固まったノリ状有機物が水深4mだけでなく水深1.5mのコンテナにも多く付着していた。特にE, Fではカップ上部1-2cmの砂が黒色化し、上面にはホトギスガイの死骸が多数のっていた（図3）。この黒色の腐敗物およびカップの砂は硫化水素臭を放っていた。水深1.5mでネットをかけていたコンテナEでは、ネットのほぼ半分がこの黒色のシオグサの遺骸に覆われていた。このEではアサリは全滅はしていなかったが、シオグサ遺骸の付着物下に位置するアサリが選択的に死亡していた。8月はほとんど付着物はみられなかった。9月中旬にもコンテナをうすく覆う程度のシオグサ類が付着し、それが枯死した9月期にコンテナFのアサリが再び大量に死亡した。

7月末の大量死のあと8月11日、江島沖付近の水深3-4m地点で採泥器（エックマン・バージ型）を使い、底質の観察を行った。その結果、明らかにシオグサ類の枯死した遺骸、それが腐敗した繊維状有機物およびヘドロ状腐敗物（ともに硫化水素臭あり）が湖底の砂を覆っている事が確認された。すなわちこの近辺で繁茂していたシオグサ類がこの時期に一斉に枯死し、その腐敗物が湖底を覆っていた。

7月15日に採集した付着物をホルマリン保存した標本について、このシオグサはミヤビシオグサ *Cladophora speciosa* Sakai 1964 と同定された。

西部承水路：主にイボニシ (*Reishia clavigera*) とアカニシの卵嚢が7月-8月（特に7月水深1.5mのコンテナに顕著に）大量に付着した。産卵集団と思われるイボニシが多数、コンテナ内にみられた。アカニシも、最高で同時に5個体（7月1日、コンテナJ）が一つのコンテナにみられ、産卵中の個体・交尾行動中のペア個体も確認された。貝類では他にホトギスガイ・ナミマガシワガイがみられた。海藻・海草では1.5m・4mともにアナアオサ (*Ulva pertusa*)、アオサの仲間 (*Ulva* sp.)、オゴノリ (*Gracilaria verrucosa*)、ジュズモの仲間 (*Chaeromorpha* sp.)、1.5mでは更にアオノリの仲間 (*Enteromorpha* sp.) などがコンテナおよび係留ロープに絡まった状態でみられ、主に承水路を漂流していたものと判断された。

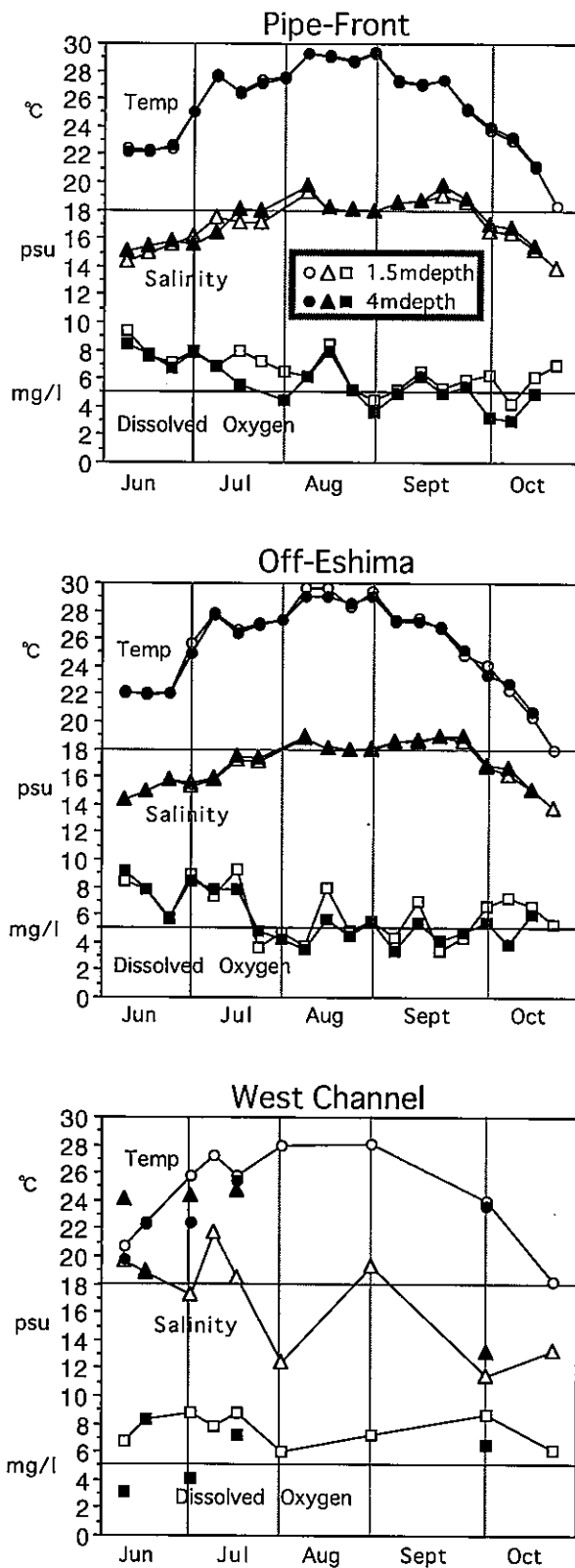


図7. 各地点底層の水質の経時変化（溶存酸素濃度・塩分・水温）。

Fig. 7. Change of Water quality through the period.

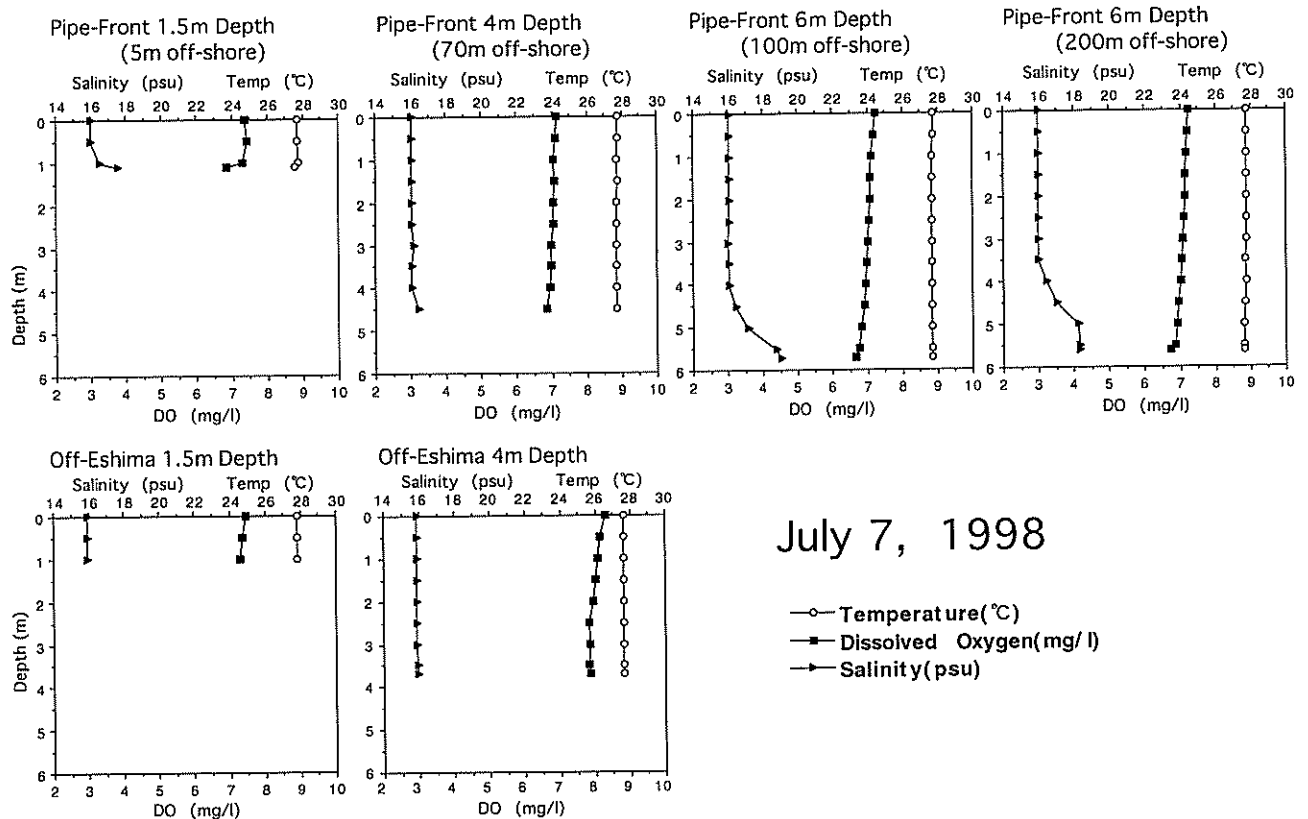


図8. パイプ前における水質の鉛直プロフィール (1998年7月7日).

Fig. 8. Vertical profiles of the water quality at Pipe-front on July 7, 1998.

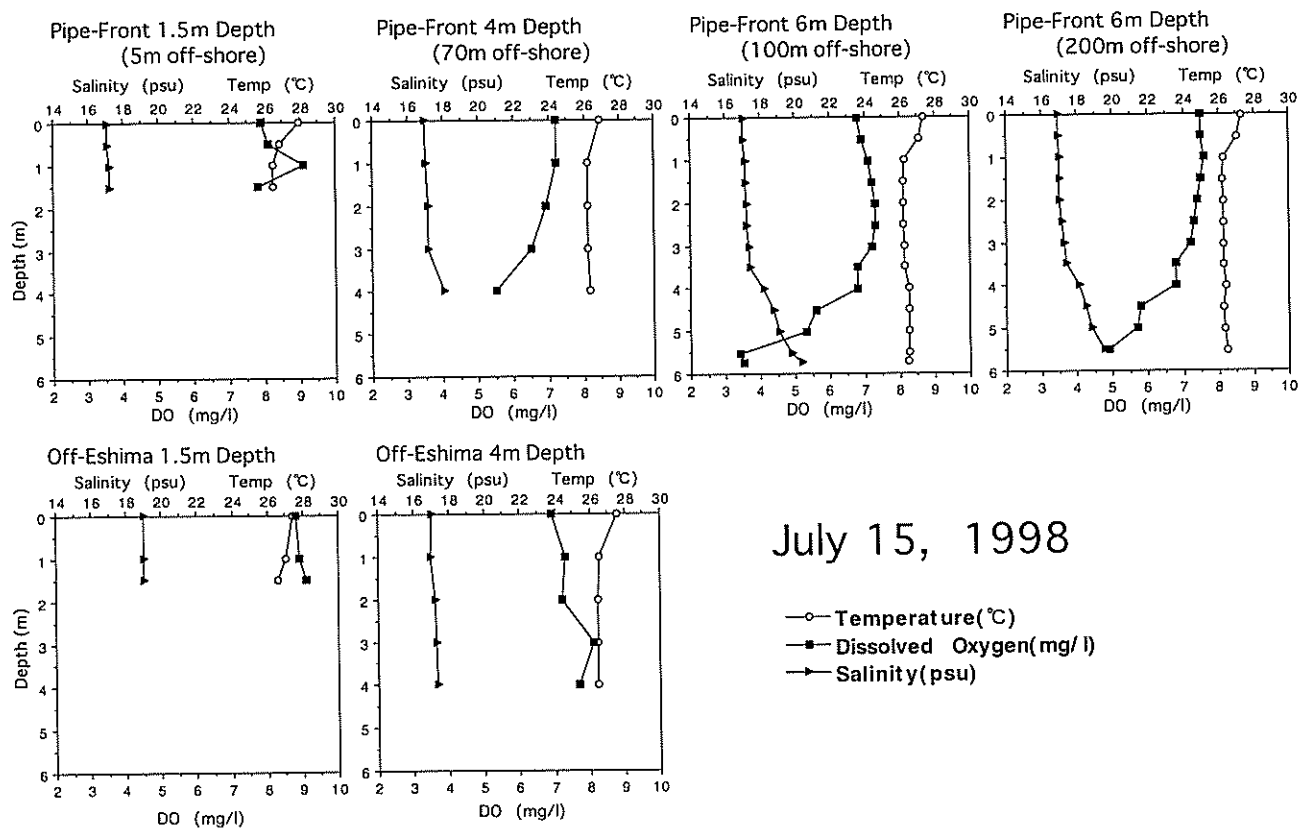


図9. パイプ前における水質の鉛直プロフィール (1998年7月15日).

Fig. 9. Vertical profiles of the water quality at Pipe-front on July 15, 1998.

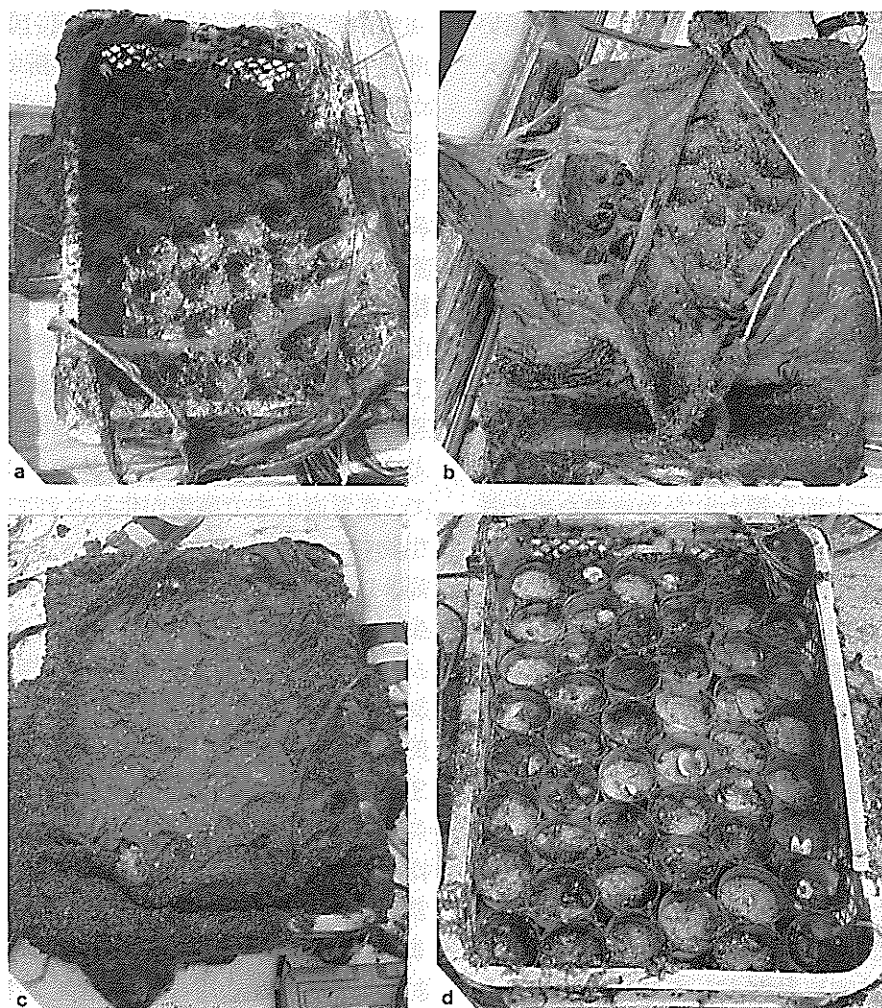


図10. 江島沖の水深4mに設置したコンテナHの写真 海藻のシオグサ類が6月から7月にかけて付着量が増加し、7月末には枯死した。

a) 98年6月16日 b) 6月30日（明緑色）c) 7月15日（暗緑色）d) 7月28日（黒色の腐敗物）

Fig.10. Photographs of Container H (Off-Eshima, depth 4m) with colony of *Cladophora speciosa*.

a) June 6 b) June 30 (*Cladophora*: vivid green) c) July (dark green) 15 d) July 28 (only rotted fragments).

考 察

本庄水域におけるアサリの死亡原因と潮通しの効果

7月末に江島沖でアサリの大量死がおこった。このへい死は一般に夏期に貧酸素化する可能性が指摘されている深水層ではなく、水深1.5mという浅い場所でも起こっていた。江島沖では、7月に向けて海藻のシオグサ類が繁茂していたが、7月末に急速に枯死し、それが湖底に堆積して腐敗し、酸素が消費され硫化水素が発生していた。この腐敗物が、浅い湖底にも打ち寄せられ、短期的な貧酸素層あるいは硫化水素の高濃度な環境水を形成し、それに被われたコンテ

ナE, Fのアサリがへい死したと考えられる。この頃の水質を見ると、7月後半には溶存酸素濃度が大きく低下し水深1.5mでも低くなっている。しかし4mg/l程度はあり、この値だけではアサリが全滅する貧酸素化があったとは考えにくい。この理由として、水質の測定の際には、水質計センサーに底質が付着しないように湖底面から5-10cm上部までで測定を行っていることから、アサリが直接利用している真の湖底直上の水を測定していないことが考えられる。本庄工区では低層まで酸素が供給されている場合が多いが、湖底直上では無酸素になっている場合が多いことも指摘されている（相崎・秋葉, 1998）。底質の嫌気的な状態から、水の停滞する湖底部では水質計の測定値以上に、底質付近で急激に酸素濃度が低下していることが考えられる。硫化水素濃度は測定を行って

いないが、その臭いから発生していたことは間違いない。いずれにせよ、アサリは水質環境耐性が低く、無酸素あるいは10mg/l程度の硫化水素濃度の環境水で飼育した場合、4日程度ではほぼ全滅する事が実験で示されており(中村ほか, 1997), 7月21日と7月28日の間での大量死を十分に説明できる。また、今回の場合、表面が腐敗物に平面的(ノリ状)に覆われることにより、湖底の水の動きが遮断(マスク)されたことがアサリの死亡の直接の原因であった可能性も考えられる。同時期の江島沖水深4mに設置したコンテナG, Hでは全滅を免れているが、これは覆っていたシオグサが枯死・腐敗する直前に群生を除去していて、その後コンテナ上面を覆われなかったためと推察される。この時期G, Hのアサリは砂中から表面に這い出ている。成長をみると(図4), 江島沖ではほとんど成長がみられず、7月期の4mではむしろ全重量が減少している。これらのことは、シオグサによる被覆がアサリに相当のストレスを与えていたことを示唆している。江島沖は本庄水域の中でも大きな流れの影響のない最奥部の一角である。シオグサの死骸も本地域に特徴的な強い西風に吹き寄せられ、この浅場に集まり停滞していたのかもしれない。

海藻による被覆がアサリに害を及ぼす例は、アナアサ・オゴノリなどで指摘がある(増殖場造成計画指針編集委員会, 1997)。とくに、シオグサ類のような糸状藻類は、生息中も群落内の溶存酸素濃度を減少させる事が知られる(野崎ほか, 1998など)。この様な糸状藻類の群落ができやすい場所でアサリを育成する際には、その漁場管理には注意を要する。

本庄水域は中海と比べて強い塩分躍層が形成されないため、夏期の貧酸素水塊が形成されにくいといわれている。藤本ほか(1999a)によると、1997年の夏期(7月末)は本庄水域では湖底の顕著な貧酸素化はなく、底生生物の個体数減少もなかった。一方、98年夏期(8月初旬)の調査では本庄水域の低層水が貧酸素化していた場所が多く、底生生物の個体数も激減していることが読みとれる。本水域の優占種であるホトトギスガイも、この時期に激減した。中国四国農政局(1998)のデータでも、パイプ近傍を除く本庄水域全体で8月に底生生物の大量死が起きていることが読みとれる。98年は、例年よりもシオグサ類が広範囲で極端に繁殖していたこと(相崎守弘教授 私信)から、98年8月の本庄水域の貧酸素化は、このシオグサの繁茂と枯死が原因となった可能性が考えられる。

一方、潮通しパイプのごく近傍では潮位差による

海水の動きがあった(福井ほか, 1999)。シオグサは潮通しの影響のない沿岸では各所で繁茂がみられたが、パイプ前ではほとんど生育せず、枯死した遺骸による被覆もみられなかった。本実験のアサリもパイプ前で高い生残率を示していた。98年7月には図9でみられたようにパイプ付近の低層でやや塩分が高い水塊が形成され(北部承水路からパイプを通して高塩分水が流入したため)、低層で溶存酸素濃度が低下したが、中海水域でみられるような極端な貧酸素化ではなかった。また、パイプ付近は水が攪拌されやすく、8月には上層下層の差がほとんど解消していることが図7から読みとれる。おそらく流れがあることで、底質直上まで酸素が供給されていたのであろう。生物の大量死も起こっていなかった(中国四国農政局, 1998)。パイプは近傍のみではあるが底生生物の生存に大きな効果があったといえる。

シオグサ被覆による以外の死亡原因では、アカニシによる捕食が確認された。アカニシは、水槽で試験的に飼育した際、1日に1-2個体程度のアサリを捕食する事が確認されている。一方、7月期に多数のアカニシの進入を受けたコンテナJでは生残率が高い事から、この時期にはアカニシもイボニシも主に産卵基盤を求めてコンテナに付着していたと判断される。また江島沖では、ネットの存在がシオグサの被覆に対し防御となり、ネットの有無で生残率に差異が出たが、それ以外ではネットをかけたコンテナの最終的な生残率が高いとは限らない結果となった。アカニシによる食害もアサリ死亡の一要因ではあるが、アサリが本庄工区で生存できない主要な原因とは考えにくい。

また、ごく一部にホトトギスガイによる被覆の影響かと考えられる遺骸もあったが、今回の調査結果では、それらの影響の程度は言及できなかった。しかし、中国四国農政局(1998)の実験結果では、実験区が徐々にホトトギスガイのマット状コロニーに覆われていったにもかかわらず、生残率は高かったことから、潜砂したアサリ成貝にとってはホトトギスガイは主要な死亡要因にならなかったと考えられる。

本庄水域における水深とアサリ成貝の成長に関する特徴

アサリの成長量に関して、本庄水域で水深1.5mと4mとを比較すると、4mではほとんど成長していないことが明らかになった。本庄水域の水深はほとんど全面で5-6mあり(徳岡・高安, 1993)、水深3mまで

の湖底は大根島周辺や護岸された湖岸・堤防に沿った幅数10メートル程度に限られていることから、現在の本庄水域はアサリの増殖に適さない水深の水域であるということが出来る。本研究に当たり使用する600個体のアサリ成貝を本庄水域内から採集する予定であったが、97年秋の大量死もあり、開始時に本庄水域で入手することが難しかったため、境水道産のアサリを用いた。その後、本庄水域で水深1m以浅の浅場の砂と岩の隙間（シオグサの被覆からも免れていた）にアサリが高密度で生息する地点を発見した。この水域でアサリの親貝はおそらくこのような限られた浅場を中心として生息していると考えられる。

一般には、潮間帯よりも潮下帯のほうが、すなわち水深の深い地点の方が、アサリの成長速度が速いことが知られており（西沢ほか、1992）、このような沿岸では水深10m程度まで普通にアサリは生息可能である。4m程度の深度がアサリの成長にマイナスであるという報告はみられない。本水域で1.5mと4mとで成長に大きな差が出た原因に関して、水質を検討したが、観測項目の中から明言することはできなかった。水質環境要素のうち、塩分は水深が深いほうが僅かながら高く、アサリにとって4mの方がむしろ好条件である。水温は、夏期の昼間には水深の浅いところで水温が高いが、いずれにせよ水深4mは成長に障害を及ぼすほどの低温にはなっていない。最も考えるのは溶存酸素濃度である。江島沖の実験地点ではへい死の起きた7月末を中心に、水深の深いところで成長を阻害する低酸素時期があったと考えられる。しかし、パイプ前の実験地点では湖水が良く攪拌されており、特に、成長量の大きかった8月期・9月期にはパイプ前1.5mと4mとで溶存酸素濃度はほとんど同じ値であった。

成長に大きく関わる可能性のある要素として餌料量・栄養塩などが挙げられるが、今回は調査項目に挙げておらず今後の検討を要する。

もう一つ、考えられる要素として、水流があげられる。本庄水域では潮流がほとんどないが、浅い湖底・沿岸では吹送流や波により水の流動が激しい。一方水深4mではそのような大気動きによる水流がおよばない。パイプ付近では水流があったが、表層の水の動きに比べるとその動きはかなり小さいはずである。アサリの成長・肥満度に流れが関係しているという報告もある（柿野、1996）。水流は湖底直上の酸素供給および餌料供給の問題とも関連し、今後の検討を要する。中海全体でも、アサリ漁が成り立つ場所は境水道～中浦水道付近・西部承水路と、潮の干満による

水の動きが大きい場所に限定されている。一般に幼生の着底にも水流は重要な役割を果たすことが知られている。さらに、本研究の結果からは、水流があることによって海藻がとどまって腐敗する事が無いということも、アサリの成長・生残に影響していることが示された。

西部承水路のI, Jにおいて、成長量が期間を通じて安定していたのに対し、本庄水域の2地点では6・7月期に成長量が小さい。この原因としては塩分の影響が考えられる。西部承水路の地点は中海側の湖水が到達し、変化は激しいがこの時期でも18-21psu程度の塩分がある。一方、特に6月期の本庄水域は塩分が14-16psu程度で、この程度の塩分ではアサリの生理作用にマイナスの影響が出ると考えられる。97年は夏から秋の多雨で本庄水域や西部承水路でも湖水の塩分が15psu以下に下がり、この時期にアサリが大量死している。また、中国四国農政局（1998）のデータをみると、97年秋のアサリの産卵にともなう98年春の稚貝の発生がみられない。98年夏に本庄水域内の塩分が回復するまで、塩分低下は本研究のアサリの成長にも影響していた可能性が高い。

お わ り に

本研究では、次のような重要な事実が明らかになった。

- 1) 98年夏期にはシオグサ類が繁茂し、この枯死の影響によって本庄水域内の流れの弱い地点でアサリは大量死を起こした。
- 2) 水深1.5mと水深4mとでは、明らかにアサリの成長量が異なり、4mの水深では成長が阻害されていた。
- 3) 潮通しパイプ付近は狭い範囲ではあるが、強い流れが形成されており、この流れがアサリの生残に効果的であったと考えられる。パイプの存在はアサリの生存に有効であった。

1) 2) の事実は、本水域でアサリの水産利用を考える際に、増殖場造成の資料としても大変重要であり、今後、餌料環境調査などを含め検討を要する。本庄水域の干拓事業を続行するか水産利用するかを検討する経済効果試算には、アサリ漁と増殖場造成が盛り込まれている。本研究の結果から、中国四国農政局（1999）の計画案で示されている水深4mの造成では深すぎる事が指摘される。また、漁業従事者の視点からは、本庄のアサリは「型」「色」が悪く商品価値

が低いと指摘される。現在の本水域の塩分はアサリの健全な増殖には明らかに低い。堤防開削も検討されているが、境水道側の北部承水路でも水深4mで成長が認められなかった(山口ほか投稿中)ことから、狭く浅い開削では効果は期待できない。アサリの増殖という水産利用は明らかに本水域には不適である。このような事実の検討を行わずして、アサリを水産利用の主要生物資源として検討項目に取り上げていることは、経済効果試算の無意味さを物語っているのではないだろうか。

中海のような汽水湖は、塩分変化・貧酸素水塊の形成など底生生物にとって大変不安定な環境である。本庄水域は通常、中海水域と比較して塩分変化が緩やかで、貧酸素水塊が形成されにくいため、それだけをみると汽水湖としては比較的安定した環境のように思われる。しかし、一方ではその強い閉鎖性ゆえに、アサリをはじめとした底生生物の生息環境としては未知の要素が多いことが、本研究で得られた結果からも指摘される。残念ながら平成10年度末をもって潮通しパイプは撤去されたが、環境変化に富んだ水域であるため、長期データの集積が望まれる。また、生物が安定した個体数を維持するためには幼生の着底・稚貝の定着なども重要であり、このような閉鎖的環境でのこれらの分散についての知見も少なく、今後の研究が期待される。

謝辞：島根大汽水域研究センター長・徳岡隆夫教授、高安克己教授、國井秀伸助教授には研究遂行を支援していただき、有益な助言をいただいた。島根県内水面水産試験場長の中村幹雄博士、東京大学海洋研究所の仲間雅裕博士には実験計画の立案をご相談した。水産庁瀬戸内海区水産研究所の浜口昌巳博士には本論文をまとめるに当たり祖稿を読んでいただき、有益な助言をいただいた。海藻・海草類の同定には、島根大学生物資源科学部生物科学科の源耕一君に、特にシオグサの種名決定には汽水域研究センターの大塚泰介博士にご尽力いただいた。そして、特に島根大学総合理工学部地球資源環境学科の萩野拓也、中山大介、藤本真子、北風和世、井川浩子の諸君には、アサリの計測・カゴの管理をお手伝いいただき、これらの方々ののおかげで本研究を遂行することができた。また、本研究の遂行にあたっては文部省科学研究費補助金(基盤研究B2)「中海本庄工区の生物多様性と

生態系調査」(代表：清家 泰)，および日本科学協会「笹川科学研究助成金」の一部を使用させていただいた。

お世話になったこれらの方々に、深く感謝の意を表します。

引用文献

- 相崎守弘・秋葉道宏(1999)中海本庄工区の水質特性。LAGUNA(汽水域研究), 5:175-182
- 中国四国農政局(1998)本庄工区水産調査報告書, 中国四国農政局資料(12月3日):172p
- 中国四国農政局(1999)水産利用の方向性について, 中国四国農政局資料(1月26日):44p
- 柿野 純(1996)東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と流れとの関係。千葉水試研報, 54:7-10.
- 藤本真子・山口啓子・高安克己(1999a)中海本庄工区におけるマクロベントスの分布と環境特性。文部省科学研究費補助金(基盤研究B2)「中海本庄工区の生物多様性と生態系調査」平成9~10年度報告書:125-143.
- 藤本真子・高安克己・山口啓子・園田 武(1999b)中海本庄工区におけるベントス相の季節変化と環境特性。LAGUNA(汽水域研究), 6:107-117.
- 福井真司・青井亜矢子・藤岡克己・前田伊佐武・三浦真吾・相崎守弘(1999)中海本庄工区に設置された潮通しパイプ交換水の水質特性。LAGUNA(汽水域研究), 6:37-42.
- 中村幹雄・品川 明・戸田顕史・中尾 繁(1997)宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性。水産増殖, 45(2):179-185.
- 西沢 正・柿野 純・中田喜三郎・田口浩一(1992)東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と減耗。水産工学, 29(1):61-68.
- 野崎健太郎・三橋弘宗・辻 彰洋(1998)琵琶湖北湖沿岸帯における糸状緑藻群落内の溶存酸素濃度の日変化。陸水学雑誌, 59(2):207-213.
- 徳岡隆夫・高安克己(1992)中海北部(本庄工区)アトラス。徳岡・高安編, 島根大学山陰地域研究総合センター, 島根:92p.
- 増殖場造成計画指針編集委員会(1997)増殖場造成計画指針 -ヒラメ・アサリ編- (平成8年度版)。全国沿岸漁業振興開発協会, 東京, 304p.