

矢作川河口におけるアサリ稚貝資源の動向

岡本俊治・日比野学・荒川純平・黒田伸郎

Changes of the juvenile stock of manila clam *Ruditapes philippinarum* in the Yahagi River estuary of Mikawa Bay, central Pacific coast of JapanOKAMOTO Shunji*¹, HIBINO Manabu*², ARAKAWA Junpei*¹ and KURODA Nobuo*³

Abstract : Since natural juveniles of manila clam *Ruditapes philippinarum* in the estuaries of Mikawa Bay have been utilized as the seeds for transplanting by local fishermen within the bay, these juvenile stocks are the important resources for the preservation and enhancement of the local fisheries stocks in Aichi Prefecture. In order to clarify the seasonal pattern of recruitment of juvenile clams in Yahagi River estuary, which is known to be one of the abundant areas of juvenile clams in Mikawa Bay, we conducted the field samplings in summer from 2004 to 2008. Although natural occurrence of juvenile clams was observed in every year, mean density of juvenile clams greatly varied with year. Denser distribution was mainly found in the left bank of the river mouth throughout the sampling periods. Estimated amount of the biomass of juvenile clams fluctuated between 56 mt (metric tons, in 2006) and 234 mt (in 2004). Annual population of juvenile clams was identified to be consisted of different number of seasonal cohorts in each year. These results indicate that, unlike the Toyo estuary where fall cohorts keep to be rich in number every year, the formation characteristics of juvenile resources in estuary was unstable, even in the same bay.

キーワード; アサリ, 稚貝, 資源量, 資源形成, 河口, 矢作川, 三河湾

愛知県のアサリ漁獲量は2006年10,499トンと全国都道府県別第1位を誇り,¹⁾アサリ採貝漁業は本県沿岸漁業において重要な位置を占めている。近年,全国的にアサリの漁獲量が減少している中,本県の年間漁獲量は毎年1万トン前後を維持している。²⁾このことは,本県海域内においてアサリの再生産が順調に行われ,その資源が高位水準で維持されていることを示している。特に,三河湾に流入する豊川,矢作川の河口干潟では,毎年アサリ稚貝が高密度に発生しており,漁業者はこれらの発生した稚貝を漁場へ盛んに移植し,アサリ資源の増大に努めている。³⁻⁵⁾従って,この河口域におけるアサリ稚貝の発生機構を解明し,その機能を維持することは,本

県のアサリ採貝漁業において重要な課題であると考えられる。

河口干潟におけるアサリ稚貝の発生や分布については,各海域において調査報告されているが,出現する着底稚貝のコホート数や時期,密度,その後の減耗など,各海域により大きく異なっており,⁶⁻⁸⁾これにはそれぞれの海域環境やアサリ資源の水準,再生産量が大きく関わっていると考えられる。今回著者らは,三河湾に流入する矢作川の河口干潟において,毎年アサリ稚貝資源が形成される夏季にその資源形成状況と資源量を数年に渡り調査したので,その結果を報告する。

*¹ 愛知県農林水産部水産課 (Fisheries Promotion Division, Aichi Prefectural Government, Sannomaru, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)

*² 愛知県水産試験場漁業生産研究所 (Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi 470-3412, Japan)

*³ 愛知県西三河農林水産事務所 (Fishery Division, Nishimikawa Agriculture, Forestry and Fisheries Office, Aichi Prefectural Government, Myoudaijihonmachi, Okazaki, Aichi 444-0860, Japan)

材料及び方法

調査海域である矢作川河口は、三河湾西部の知多湾北部に位置する。(図1)

稚貝資源量調査(以下、本文中では資源調査)は、2004年7月21日、2005年7月28日、2006年8月2日、2007年8月6日、2008年7月11日の5カ年間行った。調査場所については、同河口域で操業する採貝漁業者からアサリ稚貝(以下、本文中では稚貝)の生息範囲を聞き取り、この範囲内に調査地点をSt.1からSt.10まで10点(図2)設けた。試料の採集には、当研究所で開発した吸引式ベントス定量採集器⁹⁾を用いた。本採集器の採集面積は0.0377 m²、操作は吸引時間30 sec、採集袋には市販の収穫ネット袋(ポリエチレン製、開口目合い1.5 mm)を用い、各調査地点における採集回数は2回とした。本操作における実験水槽での底質の掘削深度は平均85.9 mm、矢作川河口域での稚貝の採集効率は81.2%であり、⁹⁾稚貝の分布密度と資源量の推定にはこの効率を用いて補正した。採集した試料は、当研究所研究室に持ち込み、分析まで約-20℃の冷凍庫内で保存した。分析は、解凍後の試料をふるいに通し、ふるいに残った試料から二枚貝類を分離、形態によってアサリを同定し、アサリの個体数と殻長を計測した。ふるい分けには、解凍による稚貝の開殻を考慮するため、採集袋の目合いより細かい目合い1 mmのふるいを用いた。以後の調査における分析もこの方法と同様の処理とした。なお、この資源調査では、本県採貝漁業者が移植用稚貝として利用する殻長5 mm以上30 mm未満のアサリを稚貝と定義し、分析の対象とした。各調査地点における稚貝の分布密度は、2回の採集により得られた稚貝数から底面1 m²当たりの密度を算出して求めた。

各調査年における稚貝の分布は、一般化加法モデル(GAM)を用いて、各調査地点における採集回ごとの稚貝の対数個体密度に対する、調査年、右岸(St.1~5)と左岸(St.6~10)との違い、両岸最下流調査地点(St.5, St.10)からの距離による効果について解析した。なお、これら3要因のうち、最下流調査地点からの距離による効果に対してのみ、3次のスプライン回帰によるノンパラトリック平滑化を行った。以上の解析には、フリーの統計計算・グラフィックス言語・環境R ver.2.10.1(R Development Core Team, 2009)と"mgcv"パッケージ(ver.1.6-1)を用いた。

各調査年における稚貝の殻長組成については、全調査地点から採集したすべての個体の殻長を用いて、相澤ら¹⁰⁾の方法によりコホートを分離し、その平均殻長や採集個体全体に占める割合を求めた。

また、矢作川河口域における稚貝の成長を把握するため、2006年6月19日、7月4日、8月2日、17日、9月4日、9月29日に資源調査と同様に吸引式ベントス定量採集器を用いて、資源調査地点のうち分布量が多かったSt.9から試料を採集した。なお、この調査における各調

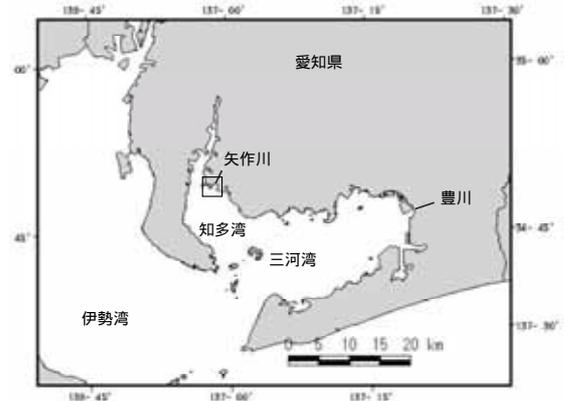


図1 調査海域

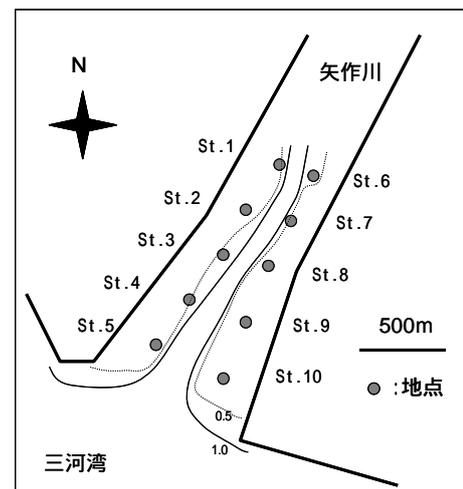


図2 調査地点

図中の等深線は国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所深淺測量データから作図。数字は衣浦港工事基本水準面からの水深(m)。

査日の採集回数は4回とし、採集袋には小型の稚貝を採集するためプランクトンネット(ナイロン製、開口目合い0.35mm)を用いた。計測した稚貝は、1 mm目合いふるいの有効性を考慮し、殻長2 mm以上30 mm未満のアサリを分析の対象とした。ただし、殻長2 mm前後の稚貝が多く出現した調査日には、ふるいに残った稚貝をすべて分析に加えた。各調査日における稚貝の殻長組成は、採集したすべての個体の殻長を用いて、資源調査と同様の方法でコホートを分離し、特定したコホートの平均殻長の推移からその成長量を求め、さらに、同コホートの採集個体全体に占める割合の推移からその分布密度の減少量

を求めた。

一方、矢作川河口域における稚貝の殻長と重量の関係を把握するため、2003年6月12日から7月28日にかけて資源調査地点のSt.9において、任意面積から杵取り採泥により稚貝を採集し、その殻長と殻付き湿重量を計測することにより、その関係式を求めた。

稚貝資源量の推定は、まず資源量調査の各調査地点において採集したすべての稚貝について、2003年の調査で求めた殻長と重量の関係式により、その殻長から湿重量を算出し、調査地点ごとに合計、各調査地点における採集面積当たりの稚貝総重量 (kg/m^2) を求めた。次に、河口における稚貝の生息範囲を各調査地点により分割し、それぞれの面積 (m^2) を求めた。この分割した面積は、各調査地点の緯度経度と海図（海上保安庁刊行 W1056）を用いて隣接する調査地点との中間点及び陸岸までの距離を計測することにより算出した（表1）。また、St.1とSt.6の上流及びSt.5とSt.10の下流方向への距離は、それぞれの逆方向への調査地点との中間点までの距離とした。なお、この各調査地点により分割した範囲は、約250 m 四方であり、地盤高などに大きな変化もないことから、算出した各調査地点における採集面積当たりの稚貝の総重量と個体数に各調査地点により分割した面積を乗じることにより、矢作川河口域における稚貝資源量を求めた。

表1 各調査地点の位置と面積

地点	位置		面積 (m^2)
	緯度	経度	
St.1	34°49.950'	136°58.602'	45,000
St.2	34°49.810'	136°58.504'	46,250
St.3	34°49.714'	136°58.436'	50,400
St.4	34°49.589'	136°58.324'	61,100
St.5	34°49.498'	136°58.267'	49,725
St.6	34°49.895'	136°58.781'	45,900
St.7	34°49.755'	136°58.666'	53,550
St.8	34°49.646'	136°58.504'	41,800
St.9	34°49.520'	136°58.584'	67,200
St.10	34°49.430'	136°58.468'	81,400
合計			542,325

結果

(1) アサリ稚貝の分布と殻長組成

2004年から2008年までの資源調査時における稚貝の分布を図3に示した。各調査地点における稚貝の分布密度は、2004年は59~7,063個体/ m^2 、2005年は33~7,226個体/ m^2 、2006年は49~1,390個体/ m^2 、2007年は0~850個体/ m^2 、2008年は33~3,041個体/ m^2 であった。

一般化加法モデルによる解析結果に基づき、調査年の違いによる稚貝の対数個体密度の変動を図4、右岸と左岸との違いによる変動を図5、最下流調査地点からの距離による変動を図6に示した。稚貝の対数個体密度の変動には、調査年、右岸左岸、最下流調査地点からの距離

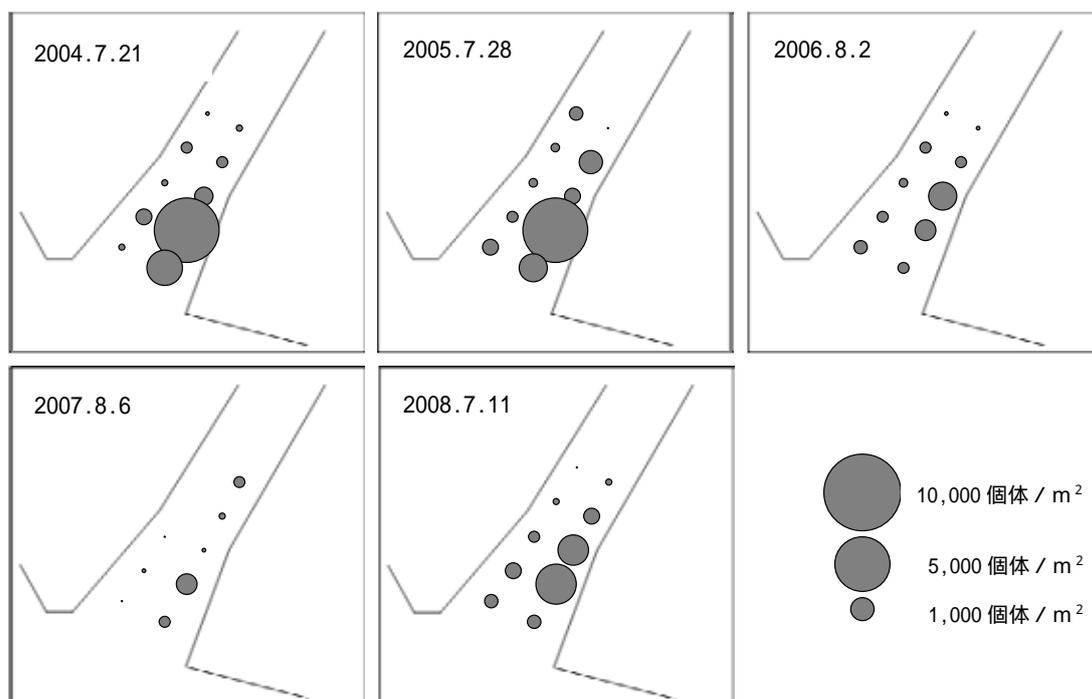


図3 2004年から2008年調査におけるアサリ稚貝の分布

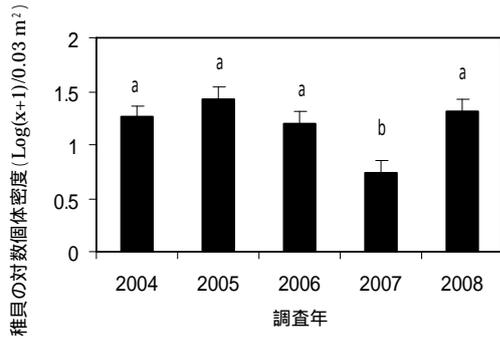


図4 調査年による稚貝対数個体密度の変動
 図中の縦線は標準誤差. アルファベットはサブグループ
 ($p < 0.001$) を示す.

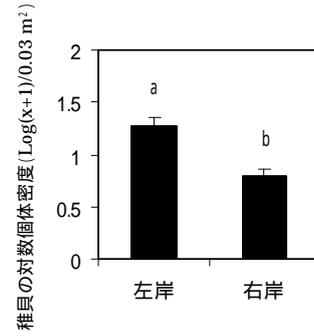


図5 岸の左右による稚貝対数個体密度の変動
 図中の縦線は標準誤差. アルファベットはサブグループ
 ($p < 0.001$) を示す.

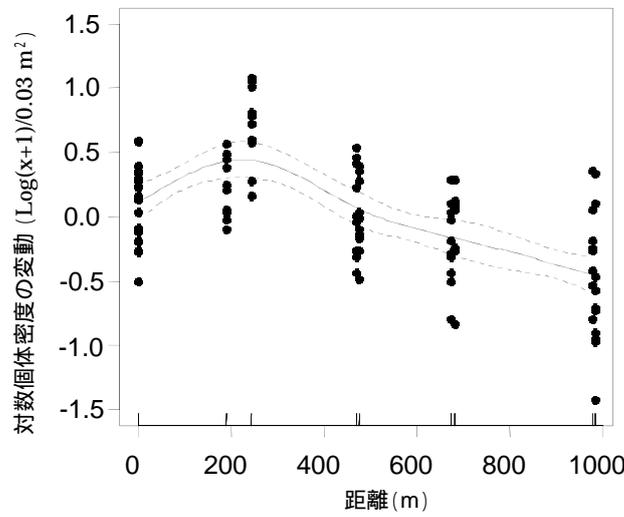


図6 最下流調査地点からの距離による稚貝対数個体密度の変動
 図中の実線は回帰したスプライン曲線. 点線は95%信頼区間を示す.

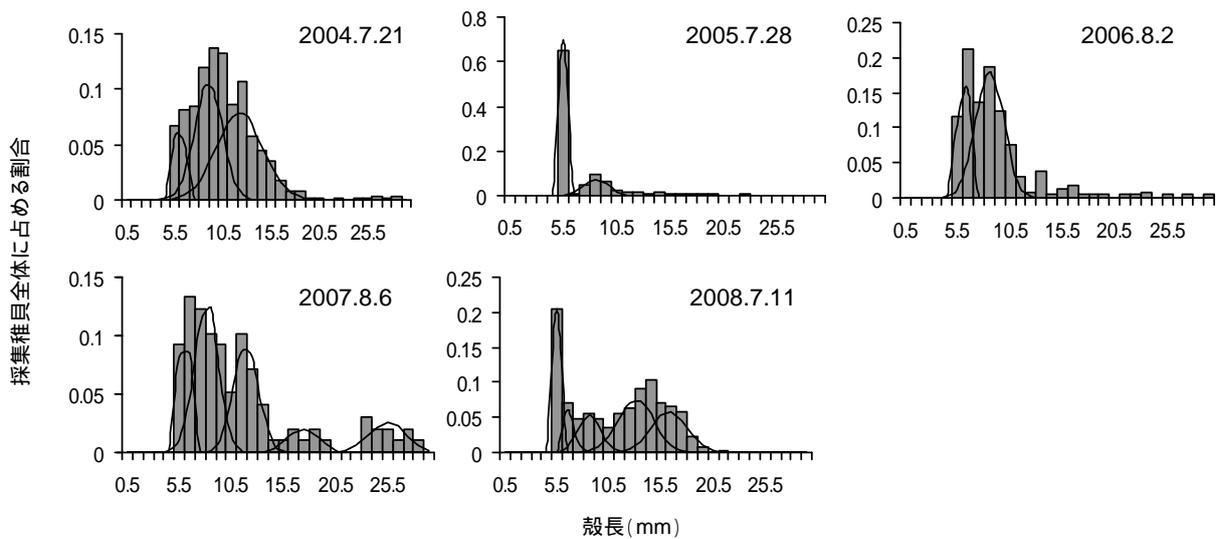


図7 2004年から2008年の調査におけるアサリ稚貝の殻長組成
 図中の曲線は分離されたコホートを示す.

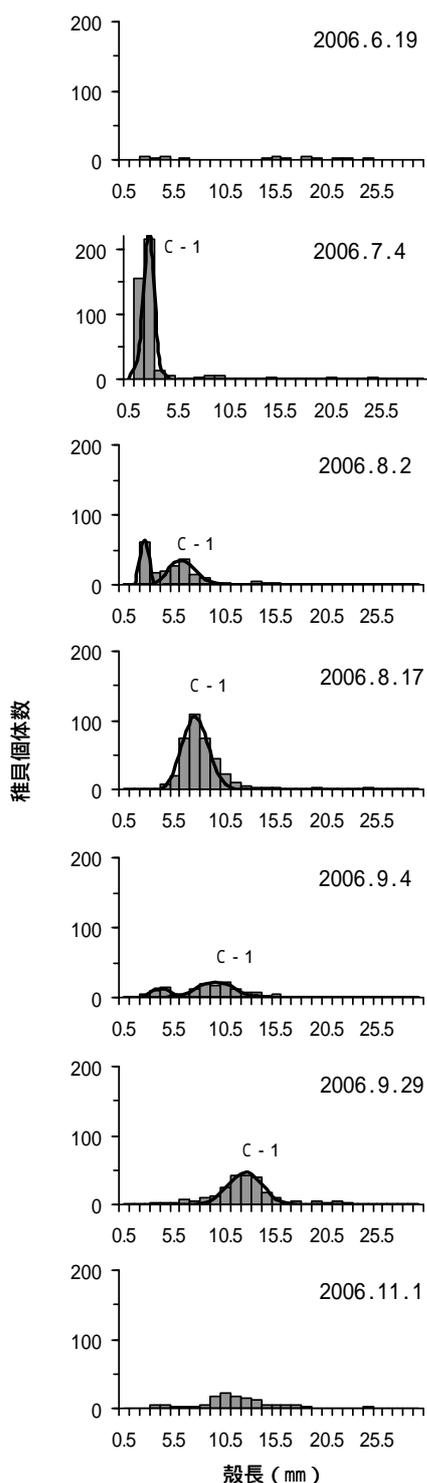


図8 2006年の調査におけるアサリ稚貝の殻長組成の推移

図中の曲線は分離されたコホート。

のすべての要因に強く有意な効果($p < 0.001$)が認められた。これらのことから、矢作川河口域における稚貝の対数個体密度は、調査年により変動する一方、平均的には右岸側より左岸側で高く、調査範囲の中央から下流部で高くなることが示された。特に、最下流調査地点からの

距離については、最下流調査地点から上流約 200 m に対数個体密度のピークが形成された。また、この対数個体密度の高い範囲に位置する St.9 は、調査した 5 カ年のうち 2004, 2005, 2008 年の 3 カ年において調査地点の中で稚貝分布密度が最も高かった。

各調査年における稚貝の殻長組成を図 7 に示した。稚貝の殻長組成は、調査年により大きく異なった。各調査年における稚貝の殻長のモードは、2004 年は 9 mm 台、2005 年は 5 mm 台、2006 年は 6 mm 台、2007 年は 6 mm 台、2008 年は 5 mm 台であった。一方、各調査年に出現した主なコホートの平均殻長と採集稚貝全体に占める割合は、2004 年は 5.99 mm の 14.5 %、8.96 mm の 38.5 %、12.22 mm の 47.0 %、2005 年は 5.52 mm の 74.3 % と 8.61 mm の 20.1 %、2006 年は 6.05 mm の 30.4 % と 8.57 mm の 59.4 %、2007 年は 6.00 mm の 22.8 %、8.15 mm の 33.6 %、11.9 mm の 27.1 %、2008 年は 6.92 mm の 20.1 % と 13.15 mm の 32.0 %、16.25 mm の 24.9 % であった。

(2) アサリ稚貝の成長と歩留まり

2006 年の各調査日における稚貝の殻長組成を図 8 に示した。6 月 19 日調査時には稚貝の出現量は少なかったが、7 月 4 日には殻長 1~2 mm の新規コホート (C-1) が出現

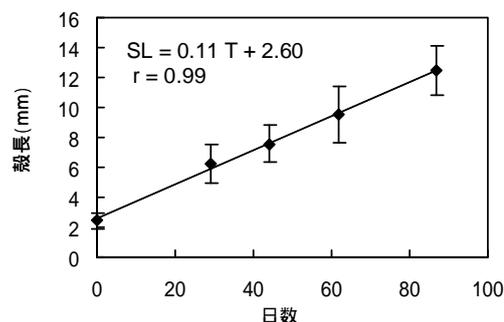


図9 2006年の調査における採集稚貝の平均殻長の推移
図中の縦線は標準偏差、日数は7月4日からの経過日数。
SL: 殻長, T: 日数。

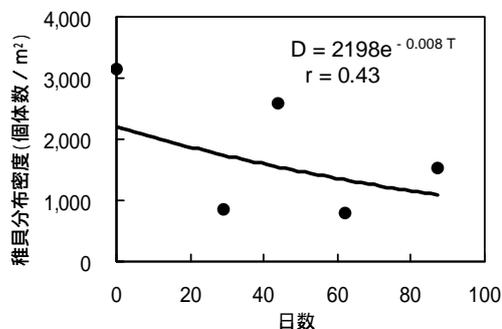


図10 2006年の調査における稚貝分布密度の推移
日数は7月4日からの経過日数。
D: 稚貝分布密度, T: 日数。

した。このため C-1 の分析には、7月4日の調査に限り、計測したすべての稚貝を対象に加えた。この C-1 は、7月4日には平均殻長 2.42 mm、8月2日には平均殻長 6.23 mm、8月17日には平均殻長 7.56 mm、9月4日には同 9.53 mm、9月29日には同 12.43 mm に成長していた。しかし、11月1日には稚貝の採集量が少なく、そのコホートを確認できなくなった。また、8月2日と9月4日には新たなコホートも出現したが、それぞれ調査期間中に大きく減少または消失した。

C-1 の平均殻長の推移を図 9 に示した。C-1 の平均殻長は、7月4日から9月29日までほぼ直線的に成長していたことから、その間の殻長と日数の関係を一次式で回帰し、 $SL = 0.11 \times T + 2.60$ ($r = 0.99$, SL: 殻長 (mm), T: 7月4日からの経過日数) と求めた。

C-1 の分布密度の推移を図 10 に示した。分布密度は、7月4日調査時には 3,136 個体/m²、8月2日には同 864 個体/m²、8月17日には同 2,602 個体/m²、9月4日には同 803 個体/m²、9月29日には同 1,524 個体/m² と算出された。7月4日から9月29日までの密度と日数の関係は $D = 2198 e^{-0.008 T}$ ($r = 0.43$, D: 分布密度 (個体数/m²), T: 7月4日からの経過日数)、全減少係数は -0.008 と求

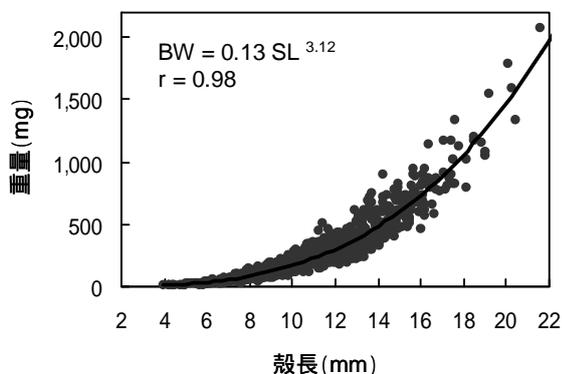


図 11 稚貝の殻長と重量の関係

BW: 重量, SL: 殻長.

表 2 2004 年から 2008 年調査における稚貝の資源量

調査年月日		
2004.7.21	総個体数	771,874,604
	総重量(t)	233.93
2005.7.28	総個体数	764,328,187
	総重量(t)	118.34
2006.8.2	総個体数	211,389,209
	総重量(t)	56.31
2007.8.6	総個体数	105,326,128
	総重量(t)	73.2166227
2008.7.11	総個体数	414,719,765
	総重量(t)	170.19

められ、同期間の減少率は約 50% であった。

(3) アサリ稚貝の殻長と湿重量

2003 年調査において計測したアサリ稚貝は、1,006 個体、その殻長範囲は 3.95 ~ 22.31 mm であった。これら稚貝の殻付き湿重量と殻長との関係を図 11 に示した。稚貝の殻付き湿重量と殻長の関係は $BW = 0.13 \times SL^{3.12}$ ($r = 0.98$, BW: 殻付き湿重量 (mg), SL: 殻長 (mm)) と求められた。

(4) アサリ稚貝の資源量

各調査年における稚貝資源量である稚貝総個体数と総重量を表 2 に示した。各調査年の稚貝資源量は、2004 年は 7.72 億個体、234 トン、2005 年は 7.64 億個体、118 トン、2006 年は 2.11 億個体、56 トン、2007 年は 1.05 億個体、73 トン、2008 年は 4.15 億個体、170 トンと求められた。

考 察

アサリ稚貝の分布

矢作川河口域では、調査を行った 2004 年から 2008 年まで毎年、稚貝が分布していた。その分布状況については、調査年により分布密度は異なったが、右岸側より左岸側で稚貝の分布密度が高く、最下流調査地点から約 200 m 上流側にピークが形成されやすい傾向が見られた。稚貝の発生や分布については、浮遊幼生の供給や着底後の稚貝の成長、生残が関わっており、前者には主に海洋構造が、後者には水温、塩分、浮泥、溶存酸素量、波浪、底質、餌量、害敵、競合生物などの環境因子の影響を受けるとされており、¹¹⁻¹⁴⁾ この要因の解明が今後の課題となった。

アサリ稚貝の成長と歩留まり

2006 年の矢作川河口域において、7月4日調査時に平均殻長 2.42mm で出現したコホート C-1 は、9月28日には分布密度の減少率約 50% で平均殻長 12.43 mm に成長し、稚貝資源を形成した。

C-1 の着底時期について、その成長時期が同時期となる人工飼育下における春季産卵群の成長¹⁵⁾ から推定すると、同年 5 月頃と推定された。これは三河湾におけるアサリ浮遊幼生の出現時期¹⁶⁾ のうち、春季に幼生の出現が始まる時期に相当する発生群と考えられた。

C-1 の 7 月から 9 月末までの成長量は直線的に増加しており、その日間成長量は 0.11 mm と求められた。この時期の稚貝の成長は、他の海域においても直線的な増加を示している。⁶⁻⁸⁾ また、この成長量は、三河湾福江地先における春季発生稚貝の成長量¹⁷⁾ や豊川河口域における C-1 と同サイズである殻長 3.13 mm から 8.50 mm までの稚貝の成長量⁵⁾ とほぼ同等な結果が得られた。

9月28日調査時までの調査期間中、C-1の分布密度は調査回ごとに大きく変動した。また、8月2日、9月4日調査時に出現したコホートは、次回調査時には大きく減少または消失していた。一方、C-1の成長過程である7月中旬には、降雨による出水が発生したが、C-1は消失することなく残存していた。この出水は、国土交通省Web水文水質データベースによると米津観測所水位は5.81mを記録しており、平水時水位を約2mも上回っていた。東京湾では、殻長20mmの成貝までに成長できるコホートは、着底コホートの数分の1程度⁶⁾とされている。この事例は今回の調査対象とした殻長範囲とやや異なるが、今回の調査において移植可能な稚貝に成長できたコホートの割合は、この東京湾の事例と同等な結果であった。

C-1は、11月にはその分布を確認できなくなった。同海域を操業するアサリ採貝漁業者からの聞き取りによると、10月以降、矢作川左岸において稚貝の採捕が行われていたことから、C-1は移植可能な稚貝に成長し、漁業者により採捕されたと考えられた。

アサリ稚貝の殻長と重量の関係

2003年の調査からSt.9における稚貝の殻付き湿重量と殻長の間関係を $BW = 0.13 \times SL^{3.12}$ ($r=0.97$, BW:殻付き湿重量 (mg), SL:殻長 (mm)) と求めた。林ら¹⁸⁾は、有明海のアサリ稚貝の同関係を $BW = 9.5451 \times 10^{-5} \times SL^{3.17757}$ ($r=0.987$, BW:殻付き湿重量 (g), SL:殻長 (mm)) と求めている。今回求めた関係式は、この事例よりやや重い、ほぼ同等な結果であった。

アサリ稚貝資源の形成

各調査年に出現した稚貝の主なコホートの平均殻長と全体に占める割合及び2006年の稚貝の成長から、各調査年の稚貝資源の発生時期を推定した。各調査年の稚貝資源は、2004年は前年秋季発生群を主として当年春季発生群が加わるにより形成され、2005年は当年春季発生群を主として一部前年秋季発生群により形成され、2006年はほとんどが当年春季発生群により形成され、2007年は前年秋季発生群と当年春季発生群の複数群により形成され、2008年は前年秋季発生群の複数群を主として当年春季発生群が加わるにより形成されていると考えられ、各調査年により異なっていた。

近年、国内の他海域において、大型個体群は秋季発生群により形成されると報告されている。^{6・8)} また、春季発生群は歩留まりの不安定さにより稚貝資源の形成に至らず、これがアサリ資源減少に大きく影響していると指摘されている。⁶⁾ また、同じ三河湾の豊川河口では、主に秋季発生群により稚貝資源が形成されている。^{5・19)} しかし、矢作川河口域では、年により変動はあるが、春

季発生群も稚貝資源の形成に寄与しており、他の海域とは稚貝の加入様式が異なっていた。

アサリ稚貝資源量

今回算出された矢作川河口域における7月から8月にかけての稚貝資源量は56トンから234トン、個体数は1.05億個体から7.72億個体と年により大きく変動していた。また、前述のとおり資源を形成する稚貝の発生時期も年により異なっており、これと稚貝資源量との関係も見られなかった。

一般的な漁業現場における稚貝の移植時期は、9月から10月である³⁾ため、移植対象となる稚貝資源量は今回算出した7月から8月の調査結果とは異なる。そこで、2006年において、稚貝の成長と減耗の調査結果から10月1日時点の稚貝資源量を推定したところ、約2倍の101トンとなった。また、8月調査時に計測範囲外とした殻長5mm未満の当年春季発生群も資源に加わってくるため、資源量は更に増えると推定できる。

一方、豊川河口域では、採集可能なアサリ稚貝の分布密度は1m²当たり数万個体あり、その分布場所は河口の河川内の他、河口に広がる六条瀧全面を含めた広範囲にわたっている。そして、漁業者による採捕量は毎年3,000トン程度と安定している。^{3・5・19)} しかし、矢作川河口域では、稚貝の分布密度は1m²当たり最高で1万個体程度であり、その分布場所は河川内の特定な場所に限られていた。また、その資源量も年により大きく変動し、多い年でも200トン程度であった。これらのことから、矢作川河口域の稚貝資源は、豊川河口域に比べ、その分布密度は低く、分布範囲は狭く、資源量も少なくかつ不安定であり、矢作川と同様に三河湾に流入する豊川の河口域とは大きく異なっていた。

しかし、矢作川河口域で発生したアサリ稚貝資源は、漁業者により移植用稚貝として採捕され、漁場の資源増大に利用されている。特に、豊川河口域では、夏季から秋季にかけて貧酸素水塊等によるアサリ稚貝の大量死亡がたびたび発生すること³⁾から、この場合には矢作川河口域のアサリ稚貝資源の重要度は増すこととなる。愛知県のアサリ採貝漁業者が行っている稚貝移植による資源増大策を安定して継続させるためには、三河湾内において稚貝の発生場所を複数確保することが重要である。

また、この河口域におけるアサリ稚貝資源形成機構については、未だほとんど解明されておらず、早急にその形成機構を解明し、その維持に努めなければならない。

要 約

三河湾の河口域に発生するアサリ稚貝資源は、移植用

稚貝として愛知県海域におけるアサリ資源の維持増大に重要な役割を果たしていることから、矢作川河口域において2004年から2008年の夏季にその資源形成状況と資源量を調査した。すべての調査年において稚貝資源が確認され、その分布は河口左岸側の特定な範囲に多く分布する傾向がみられた。その資源量は56~234トンと推定され、資源を形成する稚貝の発生時期、その分布密度や資源量は調査年により変動した。矢作川河口域における稚貝資源の形成は不安定であり、毎年安定して豊富な稚貝資源が形成される豊川河口域とは異なっていた。

謝 辞

本調査は、独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所海洋生産部物質循環研究室児玉真史博士および漁業生産研究所栽培漁業グループの研究員の協力を得て行われた。ここに調査に協力いただいた各位に謝意を表します。また、本報をまとめるにあたり、データ解析に多くのご助言を頂いた独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所の斎藤肇博士、貴重なご意見並びにご校閲頂いた千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所長の鳥羽光晴博士に深謝申し上げます。

文 献

- 1) 農林水産省大臣官房統計部(2008)平成18年漁業・養殖業生産統計年報, 196-197.
- 2) 東海農政局統計情報部(2008)第54次愛知農林水産統計年報, 愛知, 260-261.
- 3) 石田俊朗・石田基雄・家田喜一・武田和也・鈴木好男・柳澤豊重・黒田伸郎・荒川純平(2005)夏季のアサリ小型稚貝の移植について. 愛知水試研報, 11, 43-50.
- 4) 西沢 正・日向野純也・田口浩一・伊藤 寛(1995)三河湾におけるアサリ稚貝の分布量と底質および流れとの関係. 水産工学, 32(2), 137-143.
- 5) 青山裕晃・和久光靖・向井良吉(2008)河口域資源向上技術開発試験. 平成19年度愛知水試業務報告, 67-68.
- 6) Toba, M., H. Yamakawa, Y. Kobayashi, Y. Sugiura, K. Honma and H. Yamada(2007)Observations on the maintenance mechanisms of metapopulations, with special reference to the early reproductive process of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) in Tokyo Bay. J. Shellfish Res, 26, 1, 121-130.
- 7) Miyawaki, D. and H. Sekiguchi(1999)Interannual variation of Bivalve populations on temperate tidal flats. Fisheries Science, 65(6), 817-829.
- 8) Ishii, R., H. Sekiguchi, Y. Nakahara and Y. Jinnai(2001)Larval recruitment of the manila clam *Ruditapes philippinarum* in Ariake sound, southern Japan. Fisheries Science 67(4) 579-591.
- 9) 荒川純平・柳澤豊重・塩田博一・黒田伸郎・甲斐正信・岡村康弘・岡本俊治(2009)吸引式ベントス定量採集器の開発について. 愛知県水試研報, 15, 1-7.
- 10) 相澤 康・滝口直之(1999)MS-Excelを用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討. 水産海洋研究, 63(4), 205-214.
- 11) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会(1997)沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編平成8年度版, 133.
- 12) 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所(2008)浅海干潟域における二枚貝の生態と生息環境(総説), 11-12.
- 13) 柿野 純(1996)アサリ漁業をとりまく近年の動向. 水産海洋研究, 60(3), 265-268.
- 14) 黒田伸郎(2005)アサリ幼生の干潟への侵入機構. 水産総合研究センター研究報告, 3, 67-77.
- 15) 千葉県水産研究センター(2004)アサリ種苗生産の現場基礎技術 富津研究所の経験. 千葉県水産研究センター業績, , 88.
- 16) 黒田伸郎・落合真哉(2002)三河湾におけるアサリD型幼生の分布. 愛知水試研報, 9, 19-26.
- 17) 水産庁(1983)大規模増殖場開発事業調査総合報告書昭和57年度版, 14 福江地区, 55.
- 18) 林 宗徳(1993)有明海におけるアサリの成長. 福岡水技研報, 1, 151-154.
- 19) 石田基雄・青山裕晃・家田喜一・和久光靖(2007)河口域資源向上技術開発試験.平成18年度愛知水試業務報告, 61-62.