

三河湾六条潟におけるアサリ稚貝の生産機構

蒲原 聡・山田 智・曾根亮太・青木伸一

(2013年10月2日受付, 2014年1月8日受理)

Production mechanism of the juvenile Japanese littleneck clam, *Ruditapes philippinarum* in the Rokujo tidal flats of Mikawa BayKAMOHARA Satoru^{*1}, YAMADA Satoshi^{*1}, SONE Ryota^{*1}, AOKI Shin-ichi^{*2}

Abstract : A total of three thousand tons of juvenile Japanese littleneck clam, *Ruditapes philippinarum*, is captured every year from the Rokujo tidal flats of Mikawa bay. Juvenile clams generally occur during spring and autumn. However, the group occurring in spring rarely grows into adults. To elucidate this aspect, we investigated the influence of hypoxic water mass on the occurrence of juvenile clams in summer. The number of early juvenile clams that reached the edge of the tidal flats was 20,108 individuals m⁻². However, these juvenile of clams disappeared soon after due to the hypoxic water mass reaching the edge of the tidal flats. For the sustainable management of clam resources in this region, it is important to prevent the hypoxic water mass from reaching the edge of the tidal flats. One of the measures to achieve this is to reduce the amount of hypoxic water mass in the bay, fairway, and berth.

キーワード: 六条潟, アサリ, 着底稚貝, 貧酸素水塊, 吹走流

全国的にアサリ漁獲量が減少している。1983年に160,424t¹⁾あった漁獲量は年々減少し、2011年には28,793t²⁾と1983年の18%を切っている。減少の原因には、埋め立てや干拓を含む海岸工事、河川改修などによるアサリ生息場の喪失、水質汚濁、底質の泥化、貧酸素水塊や赤潮の発生など環境要因の悪化、捕食者や病害虫の発生、不十分な資源管理などがある。³⁾しかし、2008～2011年の愛知県の漁獲量は、16,703～19,278t^{2,4,5,6)}を維持しており、平均で全国の57.4%を占めるようになった。愛知県は、伊勢湾、三河湾を有しているが、とりわけ三河湾においてアサリ漁獲量が維持されている要因としては、アサリ浮遊幼生の供給ネットワークの存在、⁷⁾干潟・浅場の造成、⁸⁾資源管理、三河湾東奥部の豊川河口域に位置する六条潟から県内各地先漁場への稚貝の大量移植^{9～18)}が挙げられる。中でも、六条潟からの移植は、県内の漁獲量を左右するほど極めて重要だが、1999年に当該海域の採捕制度が開始されて以降、2012年までの稚貝の採捕量は352～4,720tと変動が大きく安定していな

い。

周年を通じてアサリ浮遊幼生の出現状況を調査した2011年では、六条潟前面において、着底期であるアサリのフルグロウン期幼生は、春季(5～7月)および秋季(9～11月)に2回のピークが現れた。¹⁹⁾これにより、六条潟では春季と秋季の2回の着底期があることが推測された。2006年から六条潟でのアサリ資源調査が開始され現在に至るまでの7年間のうち、秋季に着底が成功した群(以下、秋季着底群と称する。)は毎年発生がみられた。しかし、春季に着底が成功した群(以下、春季着底群と称する。)は2008年および2010年の2年しか加入が確認されていない。三河湾東奥部では、毎年、夏季に強固な貧酸素水塊が形成されることから、特に春季着底群にはその影響が推測されるため、春季および秋季の着底群の分布と貧酸素水塊との関連を調査した。

方 法

1 稚貝調査

*1 愛知県水産試験場 (Aichi Fisheries Research Institute, Wakamiya 97, Miya, Gamagoori, Aichi 443-0021, Japan)

*2 大阪大学 (Osaka University, Yamadaoka 2-1, Suita, Osaka 565-0871, Japan)

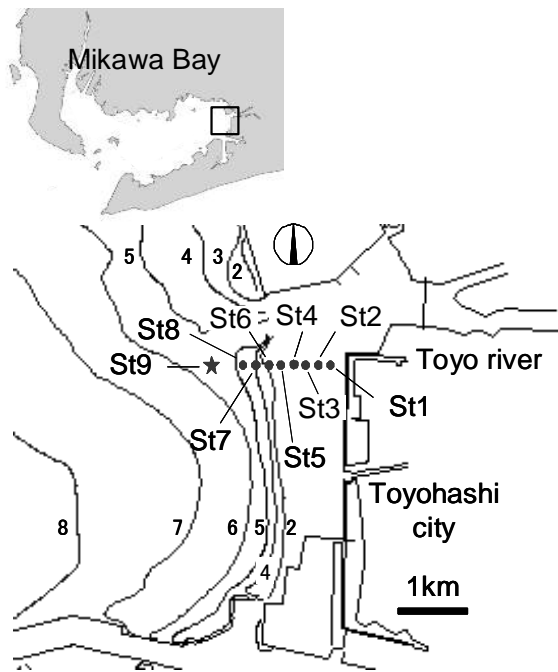


Fig. 1 Location of the study site and arrangement of stations 1-9 in Mikawa Bay. The circles and star represent the stations of vertical direction survey. The star is the station of continuity survey. Numerals in the charts represent ground height (D.L. (Datum Line): m; lowest water level at spring tide = 0 m).

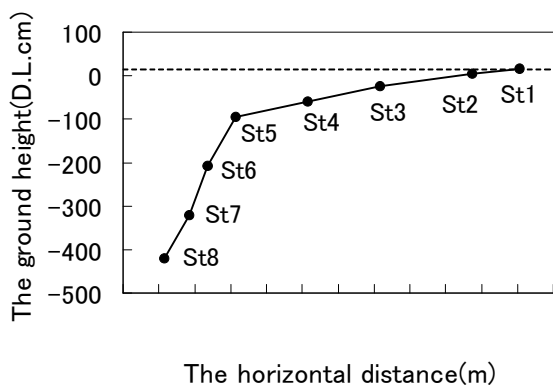


Fig. 2 Ground heights of stations along the onshore and offshore transected line. The dotted line is the lowest tide level (D.L. = +11cm), as measured in August 2012.

春季から夏季にかけての稚貝の着底状況を把握するため、2012年5月8日から8月31日にかけて月2回、Fig. 1のSt1~6およびSt8の7測点において、アサリ稚貝の生息密度を調べた。なお、8月6日、17日、31日については、貧酸素水塊の影響をより詳細に把握するためSt7についても調査を実施した。Fig. 2に示すとおり、超音波測深機（本多電子社製PS-7）と三河港の実測潮位から地盤高を算出した。St1~8の各地盤高は、D.L. (Datum Line: 基本水準面)表示で順に+16cm, +5cm, -23cm, -60cm, -94cm, -207cm, -320cm, -420cmであった。St1~4は比

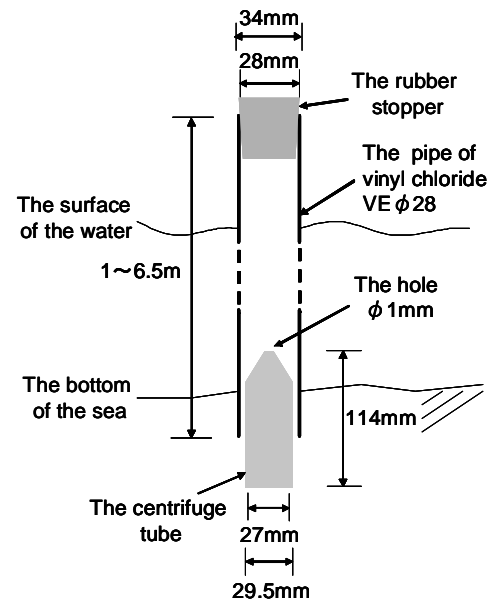


Fig. 3 Schematic diagram of the tube used for the collection of juvenile clams.

較的平坦で平均勾配は100m当たり14cmと小さく、St5~8は急に深くなり、平均勾配は100m当たり170cmと大きかった。稚貝の採取器具をFig. 3に示した。水深に応じて長さを変えたVE28mmの塩化ビニールパイプに、底に1mmの穴をあけた内径27mmのポリスチレン製遠沈管を底から差し込んだ。水深のある場所は、これを船上から海底に突き刺し、空中側の端をゴム栓により密閉して厚さ10cmの表砂を採取し、その内表層2cm分を回収した。また、浅く船で入ることができない場所は、徒歩により表砂を回収した。1測点につき5回採取し、これを1つのサンプルとした。ローズベンガルで染色し濃度が5%となるように中性ホルマリンを添加して固定した。後日、アサリ稚貝を同定後、^{20,21)} 個体数の計数および殻長の測定を実施した。

2 貧酸素水塊調査

貧酸素水塊の断面形状を把握するため、6月28日、7月18日、8月6日、17日、31日の日中干潮時に、Fig. 1に示すSt4~9において、多項目水質計（JFEアレック社製AAQ1182s-H）を用い、水温、塩分、溶存酸素濃度（dissolved oxygen: 以下DOと称する）の鉛直測定を水面から底上10cmまで10cm間隔で実施した。St9の地盤高はD.L. -567cmであった。さらに、沖合からの貧酸素水塊の影響を把握するため、8月17日および31日に、Fig. 4に示すSt10~18において、多項目水質計（JFEアドバンテック社製RINKO-Profiler, ASTD102）を用い、水温、塩分、DOの鉛直測定を同様に実施した。St10~18の地盤高は、D.L.表示で順に-619cm, -674cm, -748cm, -793cm, -828cm, -882cm, -908cm, -954cm, -1,020cmで

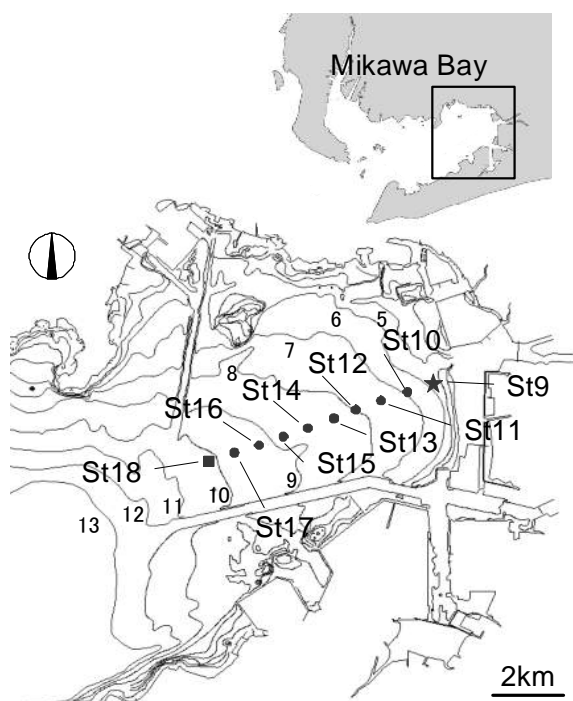


Fig. 4 Location of the study site and arrangement of stations 9–18 in Mikawa Bay. The circles, star, and square represent stations of vertical direction survey. The star (St 9) is the station of continuous investigation of DO (dissolved oxygen), temperature, and salinity. The square (St 18) is the automatic buoy system for the observation of oceanic conditions. Numerals in the charts represent ground height (D.L.: m; lowest water level at spring tide = 0 m).

あった。貧酸素水塊の発生状況を把握するため、6月28日～9月20日の期間、Fig. 1に示すSt 9 (D.L. -567cm)において、海底に自記式の水温・塩分・溶存酸素計 (SEA-BIRD SBE16/DO) を設置し、海底直上 65cm における1時間毎の観測値を得た。なお、St 8より岸側では、毎年6～8月に、長い場合は11月にかけて、漁業者により腰マンガや小型底びき網漁船のポンプ桁を用いた、アサリ稚貝の採捕が実施されるため、連続測定測器は設置しなかった。また、風向・風速データは、Fig. 4に示す愛知県水産試験場の海況自動観測ブイ (St 18) データを用いた。

結 果

1 稚貝調査

調査日毎のSt 1～8の全ての測点における殻長別の稚貝の出現頻度をFig. 5に示した。相澤らの方法²²⁾によりコホート別に分離して、各観測日の殻長ピークを見ると、5月8日に3.7mmであった出現群 (C1) は、5月21日に5.9mm、6月5日に8.3mm、6月28日に10.1mm、7月3日

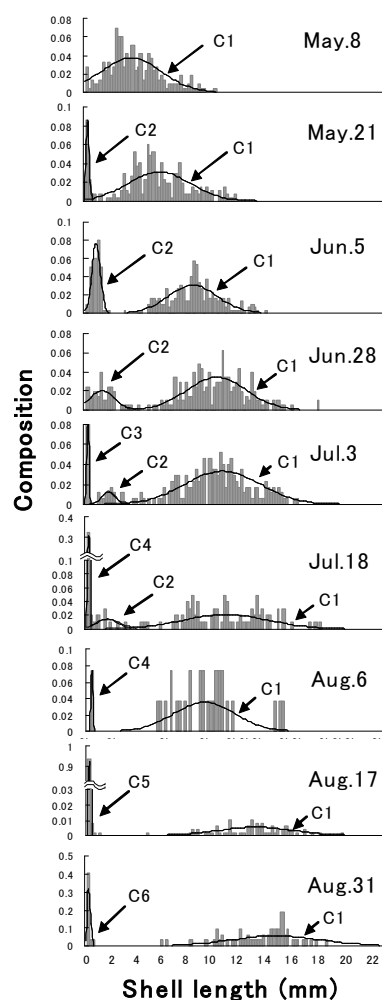


Fig. 5 Frequency distribution of shell length of juvenile clams from May 8 to August 31, 2012. The lines show single normal distribution curves. “C1–6” are cohort numbers.

に10.6mm、7月18日に10.7mmと順調に移行したが、8月6日には9.1mmと縮小した。その後、8月17日に12.9mm、8月31日に14.7mmと再び増加傾向にあった。5月21日に0.5mmであった出現群 (C2) は、6月5日に1.0mm、6月28日に1.5mm、7月3日に2.0mmと移行したが、7月18日には1.8mmと縮小し、8月6日に消滅した。7月3日に0.4mmであった出現群 (C3) は、7月18日にC2群と区別がつかなくなった。7月18日に0.4mmであった出現群 (C4) は、8月6日に0.6mmに移行したが8月17日にほぼ消滅した。8月17日に0.4mmであった出現群 (C5) は8月31日にほぼ消滅した。8月31日に0.4mmの出現群 (C6) が発生した。

St 1～8の全ての測点の平均出現密度をFig. 6に示した。5月8日に10,835 inds. m^{-2} であったC1群は、除々に低下し7月3日には8,538 inds. m^{-2} となった。その後急激に低下し、7月18日には4,094 inds. m^{-2} 、8月6日には1,223 inds. m^{-2} となった。それからやや回復し

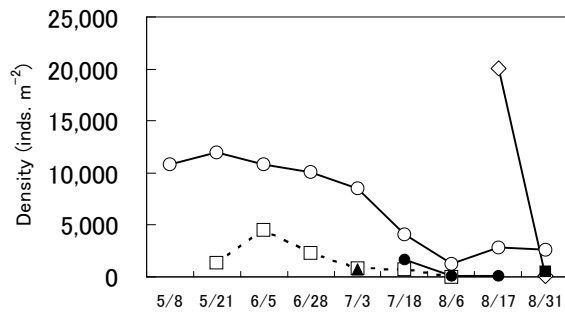


Fig. 6 Changes in the average density of juvenile clams in cohorts 1-6. (○ : C1, □ : C2, ▲ : C3, ● : C4, ◇ : C5, ■ : C6)

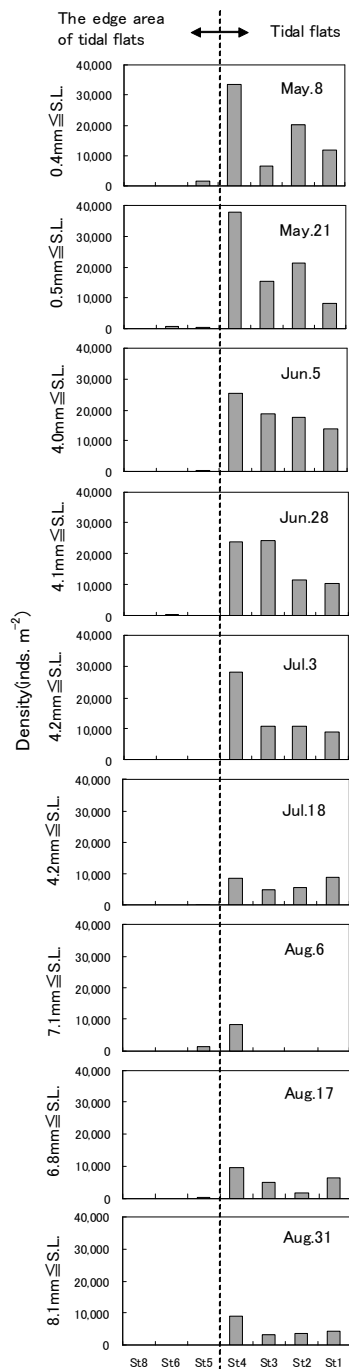


Fig. 7 Changes in the density of juvenile clams in cohort 1.

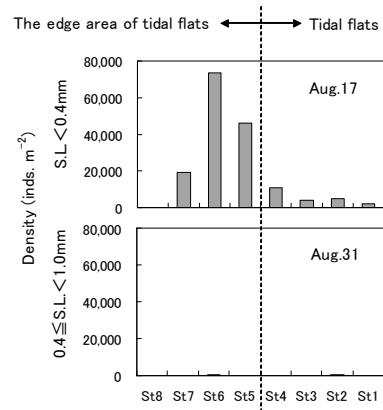


Fig. 8 Changes in the density of juvenile clams in cohort 5.

て8月31日には2,578 inds. m^{-2} となった。C2群は、5月21日に1,348 inds. m^{-2} で発生し、6月5日に4,544 inds. m^{-2} に増加したが、その後低下し8月6日に消滅した。C3群は、7月3日に699 inds. m^{-2} の発生があったがその後消滅した。C4群は、7月18日に1,648 inds. m^{-2} で発生したが、8月17日にほぼ消滅した。C5群は8月17日に20,108 inds. m^{-2} で発生したが、8月31日にほぼ消滅した。C6群は8月31日に568 inds. m^{-2} で発生した。期間中の発生密度は、C5群が最大であった。

コホートに分離された群のうち、平均出現密度が高かったC1群およびC5群について、経時的な分布状況をFig. 7, 8にそれぞれ示した。C2~4群およびC6群については、平均出現密度が5,000 inds. m^{-2} 未満と低かったのでここでは取り上げなかった。

C1群は沖側のSt 5~8には出現せず、岸側のSt 1からSt 4にかけて出現し、特にSt 4に多く出現した。St 4は5月8日に34,251 inds. m^{-2} 、5月21日に37,746 inds. m^{-2} あったが、6月5日に25,514 inds. m^{-2} と10,000 inds. m^{-2} 以上減少した。その後、7月3日までは28,310 inds. m^{-2} と維持されていたが、7月18日以降は大きく20,000 inds. m^{-2} 近く減少し、8月31日にかけて8,388~9,786 inds. m^{-2} で推移した。また、7月18日のSt 2, 3は7月3日の各10,835 inds. m^{-2} から4,893 inds. m^{-2} および5,592 inds. m^{-2} に半減した。8月6日のSt 1~3には全く見られなかった。その後、8月17日および31日のSt 1~3に1,748~6,298 inds. m^{-2} が出現した。

C5群は、C1群と反対に8月17日はSt 1~4に少なく、St 5に46,134 inds. m^{-2} 、St 6に73,395 inds. m^{-2} 、St 7に19,223 inds. m^{-2} とSt 6を中心にSt 5からSt 7に出現した。しかし、8月31日には全ての測点でほぼ消滅した。

2 貧酸素水塊調査

本研究では、アサリ浮遊幼生に貧酸素濃度の影響が始めるD0 3.0 mg L^{-1} を貧酸素水の目安とした。²³⁾ Fig. 9

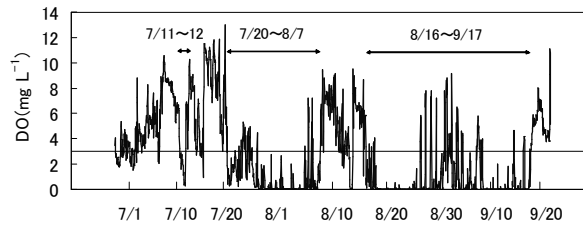


Fig. 9 Changes in dissolved oxygen over time at St 9. The full line shows a DO level of 3.0 mg L^{-1} . Arrows indicate the conditions in which the dissolved oxygen did not exceed 3.0 mg L^{-1} .

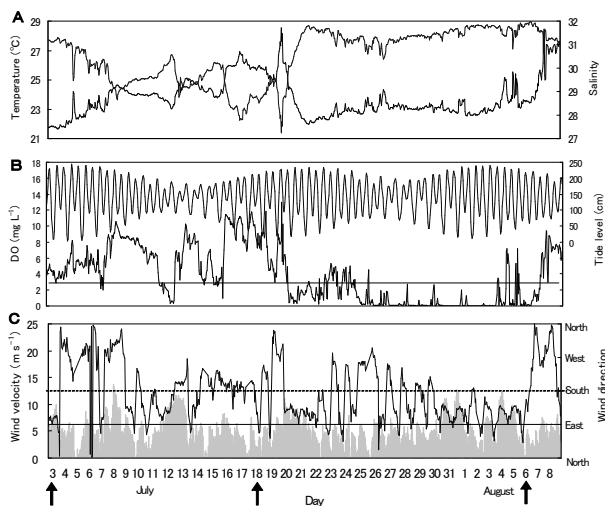


Fig. 10 Changes in temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, tide level, wind velocity, and direction from July 8 to August 8 at St 9. (A: The heavy line represents temperature. The fine line represents salinity. B: The heavy line represents DO. The fine line represents tide level. The straight line indicates a DO level of 3.0 mg L^{-1} . C: The sticks indicate wind velocity; the zigzag line indicates wind direction; and the straight line represents the east wind. The dotted line represents the south wind.) The arrows indicate the days of observation.

に示すように、St 9 (D.L. -567 cm) で行った DO の連続観測では、貧酸素水は 7 月 11~12 日、7 月 20 日~8 月 7 日および 8 月 16 日~9 月 17 日にかけて断続的に観測された。

C1 群の減少が確認された 7 月 3 日、18 日および 8 月 6 日付近の海況を詳細にみるため、St 9 (D.L. -567 cm) の 7 月 3 日から 8 月 8 日までの水温、塩分、潮位、DO および海況自動観測ブイの風向・風速を Fig. 10 に示した。C1 群の 7 月 3 日から 18 日にかけての減少期間をみると、7 月 11 日~12 日に貧酸素水塊が発生していた。7 月 11~12 日に DO が 0.3 mg L^{-1} まで一次的に低下した時には、水温が 24.1°C から 23.0°C に低下、塩分が 29.6 から 30.6

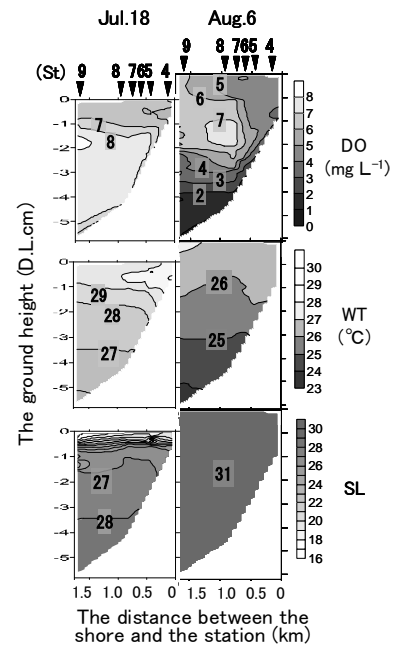


Fig. 11 Vertical distribution of dissolved oxygen concentration, water temperature (WT), and salinity (SL) from St 4 to St 9 in 2012.

に上昇して、沖合底層水の岸への接近がうかがわれた。また、C1 群の 7 月 18 日から 8 月 6 日にかけての減少期間をみると、7 月 20 日に DO が 3.0 mg L^{-1} を下回ってから、21 日には水温が 28.6°C から 21.9 に低下し、塩分が 27.2 から 31.8 に上昇して、7 月 11~12 日と同様に沖合底層水の岸への接近がうかがわれた。7 月 23~25 日には一旦 DO 3.0 mg L^{-1} 以上に回復したが、26 日以降 8 月 6 日までは DO 0 mg L^{-1} に近い状態が続いた。7 日以降、DO は 3.0 mg L^{-1} 以上に回復した。これらのことから、C1 群の減少期間は、いずれの期間も貧酸素水塊の発生が確認された。C1 群の減少が確認された 7 月 18 日および 8 月 6 日の St 9 よりも岸側の状態をみるために、DO、水温、塩分の鉛直分布を Fig. 11 に示した。7 月 18 日には貧酸素水塊は観測されなかったが、8 月 6 日には、St 7 (D.L. -320 cm) の底層に 1m の厚さで DO 3.0 mg L^{-1} を下回る水塊が出現し、貧酸素水塊の St 7 への接岸が明確に確認された。同様に、水温 25°C および塩分 31 の底層水が接岸する状況が観測された。また、C1 群が減少した 7 月 18 日および 8 月 6 日の St 4 の底層の最高水温は 26.5°C 、最低塩分は 31.3 であった。

C5 群の消滅が確認された 8 月 31 日以前の海況を詳細にみるため、St 9 (D.L. -567 cm) の 8 月 15~31 日までの水温、塩分、潮位、DO および海況自動観測ブイの風向・風速を Fig. 12 に示した。C5 群が 8 月 17~31 日にかけて消滅した期間を詳細にみると、8 月 17~18 日にかけて DO が 4.1 mg L^{-1} から 0.0 mg L^{-1} に低下した。17~20 日にか

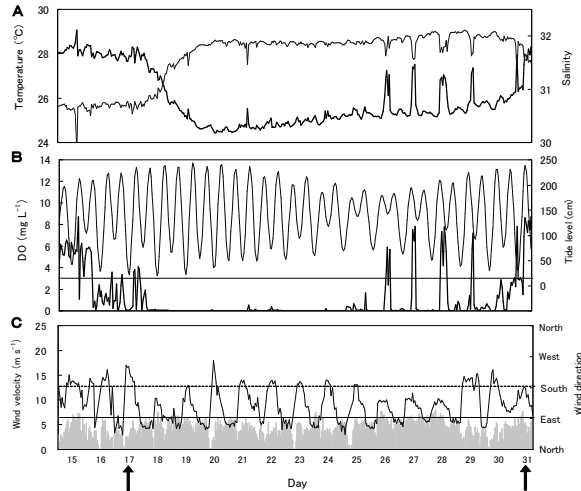


Fig. 12 Changes in temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, tide level, wind velocity, direction from August 15 to 31 at St 9. (A: The heavy line represents temperature. The fine line represents salinity. B: The heavy line represents DO. The fine line represents tide level. The straight line indicates a DO of 3.0 mg L^{-1} . C: The sticks represent wind velocity; the zigzag line represents wind direction; and the straight line indicates the east wind. The dotted line indicates the south wind.) The arrows indicate the days of observation.

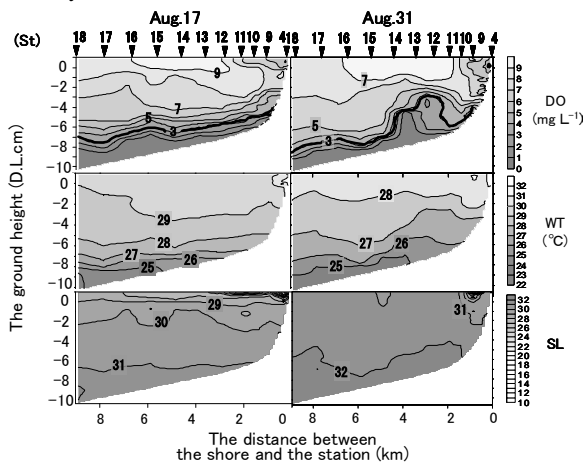


Fig. 13 Vertical distribution of dissolved oxygen concentration, water temperature (WT), and salinity (SL) from St 4 to St 18 in 2012. The heavy lines represent a DO level of 3.0 mg L^{-1} .

けて、水温が 28.3°C から 24.4°C に低下、塩分が 30.5 から 31.9 に上昇したことから、沖合底層水の岸への接近がうかがわれた。平均 DO が 0.1 mg L^{-1} で推移した 8 月 20 日から 25 日にかけては、平均 24.9°C の低水温および平均 31.9 の高塩分の状態が続いた。また、8 月 26 日から 29 日にかけては、 $6.0\sim 8.0 \text{ mg L}^{-1}$ まで DO が間欠的に回復した。8 月 31 日の午後には平均 DO が 5.7 mg L^{-1} に回復しており、平均水温は 27.1°C に上昇、平均塩分は 31.7

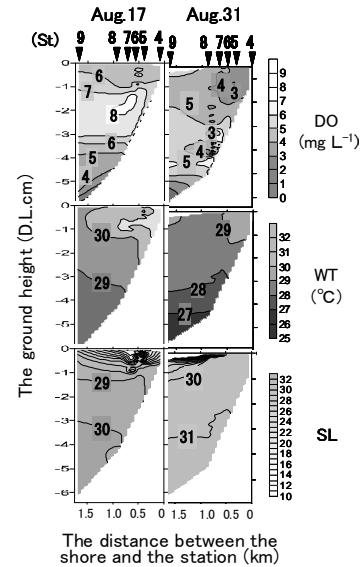


Fig. 14 Vertical distribution of dissolved oxygen concentration, water temperature (WT), and salinity (SL) from St 4 to St 9 in 2012.

に低下した。C5 群の着底および消滅が確認された 8 月 17 日および 31 日の St 9 から沖側の状態をみるため、St 9 から St 18 の DO, 水温, 塩分の分布を Fig. 13 に示した。8 月 17 日の貧酸素水塊は沖合では 7 m 以深にあり、岸側に向けて 6 m 以深と浅くなった。しかし、8 月 31 日はその貧酸素水塊が、St 14 から St 13 にかけての沖合 4 km あたりから岸へ向けて湧昇する状況が観測された。同様に、水温 26°C 、塩分 32 の底層水が岸へ湧昇する状況が観測された。さらに、St 9 から岸側の状態をみるために、St 4 から St 9 の DO, 水温, 塩分の鉛直分布を Fig. 14 に拡大して示した。8 月 17 日には貧酸素水塊は水深 6 m 層に留まっていたが、8 月 31 日には干潟の縁の水深 2 m 以浅へさらに湧昇する状況が観測された。同様に、水温 29°C および塩分 30 の底層水が干潟の縁に湧昇する状況が観測された。また、C5 群が着底した 8 月 17 日および消滅した 31 日の St 5~7 の底層の最高水温は 31.6°C 、最低塩分は 27.9 であった。

考 察

C1 群は、8 月 31 日までの観測期間中、St 1~4 (D.L. $+16\text{cm}\sim -60\text{cm}$, 平均勾配: 100m 当たり 14cm) の比較的地盤が平らな部分 (以下、干潟部と称する。) に分布し、St 5~7 (D.L. $-94\text{cm}\sim -320\text{cm}$, 平均勾配: 100m 当たり 184cm) の干潟の縁から浅場にかけての斜面 (以下、干潟縁辺部と称する。) にはほとんど分布しなかった (Fig. 2, 7)。この C1 群は、殻長のピークが 6 月 5 日に 8.3mm であり、三河湾内における増殖場の秋季着底群の

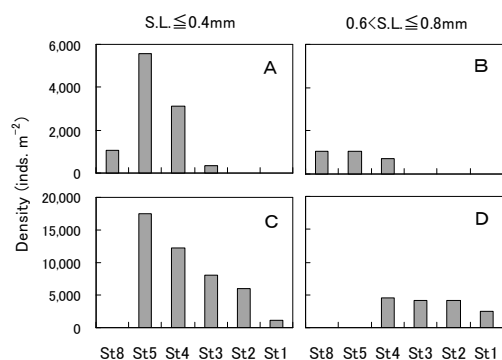


Fig. 15 Changes in the density of juvenile clams in 2011. (A: June 23; B: July 7, C: November 22, D: December 19) (Kamohara Satoru, Yamada Satoshi, Waku Mitsuyasu, Sone Ryota, Iwata Yasuhiro, Movement of the early juvenile Japanese littleneck clam, *Ruditapes philippinarum*, in the Rokujo tidal flats of Mikawa Bay, Aichi Fisheries Research Institute Report, 18, 13–20, 2013.)

成長²⁴⁾とほぼ類似したことから、2011年秋季に着底しその後成長したものと推測された。2011年秋季着底群の調査では、干潟縁辺部の上部(St 5付近)に着底した稚貝が干潟部へ移動する傾向が観察された(Fig. 15 C, D)。¹⁹⁾今回、5～8月にかけてC1群が干潟部に分布したことは、2011年秋季に干潟縁辺部の上部に着底したC1群が干潟部へ移動した傾向が続いているものと推測された。この干潟部への移動は、北西の季節風に伴う冬季波浪の影響の可能性が推測されたが、今後詳細に調査して解明する必要がある。貧酸素水塊の鉛直観測を実施しなかったため詳細は不明であるが、C1群の平均出現密度が7月18日に急激に減少した原因は(Fig. 6)、St 9で確認された7月11～12日に発生した貧酸素水塊(Fig. 9, 10)の影響が高いと考えられた。8月6日に平均出現密度が急激に減少した原因は、8月6日の観測から作成したSt 4～9の鉛直断面により、水温の下降、塩分の上昇を伴った底層の貧酸素水塊の干潟海域への接岸の影響であることが明確になった(Fig. 11)。8月6日の前日には、平均 8.0 m s^{-1} の東南東～南東風が吹いていたことから、西北西～北西向きの吹走流により表層水が沖合へ移動し、これを補流するため沖合底層の貧酸素水塊が干潟海域に接岸したと考えられた。8月6日に殻長のピークが 9.1 mm と7月18日より 1.6 mm 縮小した原因は、この時の平均出現密度の低下が影響していると推察された。8月17日および31日に、St 1～3において稚貝生息密度がやや回復した(Fig. 6)原因は不明であるが、8月8日には平均 5.0 m s^{-1} の北北西風が6時間吹いており、北西の季節風に伴う冬季波浪による稚貝の移動と同様に、豊川本川寄りの生息場から加入があった可能性が推測された。室内実験では、

殻長 $0.21 \sim 0.32 \text{ mm}$ の稚貝は、 35°C では5～15時間でへい死し、 32.5°C では36時間以上でへい死する。²⁵⁾塩分は20を下まわると潜砂行動に影響が出る。²⁶⁾C1群の発生期間中は、水温および塩分とも稚貝の生息に影響が出る値ではなかったことから、干潟の縁での減少原因は、水温、塩分ではなく貧酸素水塊の接岸の影響と考えられた。ただし、水温および塩分は期間を通した測定を実施していないため、今後は水温および塩分の連続測定を実施する必要がある。

8月17日に殻長ピークが 0.4 mm であったC5群は、平均 $20,108 \text{ inds. m}^{-2}$ と調査期間中において最大の密度で干潟縁辺部を中心に着底した(Fig. 2, 8)。着底場所は、Fig. 15 Aに示す前年の2011年6月23日に確認された殻長 0.4 mm 以下の春季着底群の場合¹⁹⁾と類似した。2011年7月7日には、これが成長したと推測される殻長 0.6 mm より大きく 0.8 mm 以下の稚貝は同干潟縁辺部に留まっていた(Fig. 15 B)。これらのことから、春季着底群は、干潟縁辺部を中心に着底する傾向が明らかとなった。干潟縁辺部に着底したC5群が8月17～31日にかけて消滅した原因は(Fig. 6)、沖合の貧酸素水塊(Fig. 9, 12)が8月18～25日にかけて断続的に干潟縁辺部に接岸したこと、および、8月25～31日にかけて沖合 4 km あたりから岸側の水深 2 m 以浅へ貧酸素水塊が(Fig. 13)断続的に湧昇した影響であることが明確になった(Fig. 14)。海況自動観測ブイの風向・風速から、8月18～25日にかけて東風と南風が半日周期で交互に吹く海陸風のパターンが続いている間、St 9ではほぼ 0 mg L^{-1} を示した(Fig. 12)。8月6日と同様に、この期間は平均 $4.0 \sim 5.2 \text{ m s}^{-1}$ の東北東～東南東風の影響で貧酸素水塊が干潟縁辺部に接岸していたと推測された。8月30日の夜半から31日の午前中にかけて平均 4.9 m s^{-1} の東南東～南南東風が吹いていたことから、西北西～北北西向きの吹走流で表層水が沖合へ移動し、これを補流するため沖合 4 km 当たりの底層の貧酸素水塊が干潟海域に湧昇したと考えられた。このことから、St 9において、D0が間欠的に回復した26～28日にかけても同様に、平均 $6.1 \sim 6.4 \text{ m s}^{-1}$ の東南東～南南東風に起因する補流より、貧酸素水塊が干潟海域に湧昇していたと推測された。C5群のうち、一部干潟部に着底した稚貝の消滅原因については、湧昇した貧酸素水塊が干潟部まで到達しているかが不明なため分からない。ただ、C1群は8月31日においてもSt 1～4に生息していた。蒲原ら²⁷⁾のアサリ幼生の貧酸素耐性試験では、水温 25°C において、平均殻長 0.38 mm の稚貝は、平均殻長 0.20 mm のフルグロウン期幼生よりも貧酸素耐性が強かった。また、松田は、稚貝は成貝に比べて、炭水

化物含有量が少し低く、かつ、軟体部重量が小さいことから、無酸素時にエネルギーとして使用される炭水化物の含有量が少ないとしている。²⁸⁾ これらのことから、C1群の殻長が14.7mmと、0.4mm前後である着底直後のC5群と比較して大きいことから、C5群より貧酸素耐性が強かったため、C5群が消滅しても存続していたと推測された。C5群の発生期間中は、水温および塩分とも稚貝の生息に影響が出る値ではなかったことから、干潟縁辺部での消滅の原因は、水温、塩分ではなく貧酸素水塊の接岸および湧昇の影響と考えられた。水温および塩分の連続測定の実用性については前述のとおりである。また、干潟海域への貧酸素水塊の接岸と湧昇の機構については、今後詳細に調査・解析する必要がある。

以上のことから、春季着底群の生残率が少ない理由は、5～8月にかけて干潟縁辺部に着底した直後の貧酸素耐性の弱い平均殻長0.4～2.0mmの稚貝が、風に起因する沖合からの貧酸素水塊の接岸および湧昇の影響を受けてへい死し、夏季を乗り越えられないためと考えられた。また、秋季着底稚貝は、貧酸素水塊が解消した11～12月に干潟縁辺部に着底し、北西の季節風により干潟部へ移動して、7月上旬までは順調に成長する。7月中旬～8月にかけて貧酸素水塊の影響を受けて一部が減少するものの、殻長9mmと一定の大きさがあり貧酸素耐性を獲得していることから、消滅までには至らないと考えられた。

今回の調査から、六条潟はアサリ稚貝の生産にとって重要な干潟であるが、生産は不安定であり、その理由が明らかとなった。アサリ稚貝は年に春季と秋季の2回の加入があるが、春季着底群は貧酸素水塊の影響を受けてへい死する。秋季着底群は貧酸素水塊の影響が及ばなくなってから着底し、冬季に干潟縁辺部から干潟部へ移動するため、翌年夏季に受ける貧酸素水塊の影響は少ない。しかし、干潟部にあっても貧酸素水塊の影響を受けて一部へい死する。六条潟を囲んでいる三河港には、貧酸素水を貯留しているデッドゾーンと称する航路・泊地が存在する。²⁹⁾ 特に、水深15mを有する豊橋港は、水深2mまで貧酸素水塊が観測されており、³⁰⁾ 本調査による干潟海域への接岸前の貧酸素水塊の水深である6mより浅く、かつ、厚さが13mとボリュームが大きいことから、今後、豊橋港で発生する貧酸素水塊の六条潟稚貝への影響を把握するとともに改善策を講じる必要がある。また、2011年には、今回よりさらに強い $8\sim 10\text{ m s}^{-1}$ の東～東南東の風が9日間に渡って吹き、貧酸素水塊が大規模に湧昇して発生した苦潮により、2,000tのアサリ稚貝がへい死した。¹⁷⁾ 六条潟において苦潮が一旦発生すると、湾の最奥部に位置し、埋め立て護岸により囲まれているという

地形特性から、苦潮が長時間滞留することにより、干潟部および干潟縁辺部に生息する稚貝は全滅する。また、萩田の室内実験では、アサリは溶存酸素量 0.36 mg L^{-1} 以下では4日間生存したが、3日間の実験で硫化物量が 3.7 mg L^{-1} 存在すると80%が、 8.1 mg L^{-1} 存在すると100%がへい死した。³¹⁾ このように、硫化物が存在すると、貧酸素水のみの場合より、へい死に到るまでの時間が短くなる。アサリ稚貝の安定供給に向けた海域環境の改善策を検討するためには、貧酸素水塊、苦潮およびそれらに起因する硫化水素の発生状況調査が必要である。

要 旨

三河湾六条潟において、アサリ稚貝の春季および秋季の着底群の分布と貧酸素水塊との関係から、アサリ稚貝の生産機構を導いた。春季着底群は貧酸素水塊の影響を受けてへい死する。秋季着底群は貧酸素水塊の影響が及ばなくなってから着底し、冬季に干潟縁辺部から干潟部へ移動するため、翌年夏季に受ける貧酸素水塊の影響は少ない。しかし、干潟部にあっても貧酸素水塊の影響を受けて一部へい死する。以上の理由から、六条潟はアサリ稚貝の生産にとって重要な干潟であるが、貧酸素水塊の影響により、その生産は不安定であることが明らかとなった。

謝 辞

アサリ稚貝の同定は、有限会社生物生態研究社の颯田美幸研究員に協力していただいた。国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所には、三河港の実測潮位を提供していただいた。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- 1) 農林水産省統計情報部 (1985) 昭和58年漁業養殖業生産統計年報, 58.
- 2) 東海農政局統計部 (2013) 第59次東海農林水産統計年報, 273.
- 3) 提言 国産アサリの復活に向けて (2009) アサリ資源全国協議会企画会議, 水産庁増殖推進部. 独立行政法人水産総合研究センター.
- 4) 東海農政局統計部 (2010) 第56次東海農林水産統計年報, 236.
- 5) 東海農政局統計部 (2011) 第57次東海農林水産統計年報, 324.
- 6) 東海農政局統計部 (2012) 第58次東海農林水産統計年報, 291.
- 7) 市川哲也・桃井幹夫・鈴木輝明・石田基雄 (2010) リ

- セプターモードモデルを利用した造成適地選定手法.
水産工学, 46(3), 217-222.
- 8) Teruaki Suzuki, (2004) Large-scale restoration of tidal flats and shallows to suppress the development of oxygen deficient water masses in Mikawa Bay. *Bull. Fish. Res. Agen. Supplement*. 1, 291-302.
- 9) 愛知県水産試験場 (2004) 平成 15 年度水産試験場業務報告, 73-74.
- 10) 愛知県水産試験場 (2005) 平成 16 年度水産試験場業務報告, 73-75.
- 11) 愛知県水産試験場 (2006) 平成 17 年度水産試験場業務報告, 68-70.
- 12) 愛知県水産試験場 (2007) 平成 18 年度水産試験場業務報告, 61-62.
- 13) 愛知県水産試験場 (2008) 平成 19 年度水産試験場業務報告, 67-68.
- 14) 愛知県水産試験場 (2009) 平成 20 年度水産試験場業務報告, 64-65.
- 15) 愛知県水産試験場 (2010) 平成 21 年度水産試験場業務報告, 67-68.
- 16) 愛知県水産試験場 (2011) 平成 22 年度水産試験場業務報告, 68-69.
- 17) 愛知県水産試験場 (2012) 平成 23 年度水産試験場業務報告, 79-80.
- 18) 愛知県水産試験場 (2013) 平成 24 年度水産試験場業務報告, 76-77.
- 19) 蒲原聡・山田智・和久光靖・曾根亮太・岩田靖宏 (2013) 三河湾六条潟におけるアサリ着底初期稚貝の動態. *愛知水試研報*, 18, 13-20.
- 20) 田中彌太郎 (1982) 二枚貝類の同定—⑩—. *海洋と生物*, 18, 23-26.
- 21) 酒井明久・関口秀夫 (1992) 河口干潟における二枚貝類の後期浮遊幼生および着底稚貝の同定. *水産海洋研究*, 56(4), 410-425.
- 22) 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.
- 23) 蒲原聡・山田智・曾根亮太・堀口敏宏・鈴木輝明 (2013) 貧酸素水塊がアサリ浮遊幼生の遊泳停止と沈降後のへい死に及ぼす影響. *水産海洋研究*, 77(4), 282-289.
- 24) 愛知県 (1983) 昭和 58 年度大規模増殖場開発事業調査総合報告書. 54-55.
- 25) 池末弥・松本直 (1956) アサリの生態学的研究—I, 沈着初期アサリの低比重並びに高温に対する抵抗力. *有明海研報*, (3), 16-23.
- 26) 相島昇 (1993) アサリ稚貝の潜砂行動に及ぼす水温と塩分の影響. *福岡水技研報*, 1, 145-150.
- 27) 蒲原聡・和久光靖・山田智 (2012) アサリ浮遊幼生の貧酸素耐性. *愛知水試研報*, 17, 27-30.
- 28) 松田正彦 (2008) アサリ養殖漁場における夏季大量へい死要因の検討, 長崎大学大学院生産科学研究科博士論文.
- 29) 和久光靖・金子健司・鈴木輝明・高倍昭洋 (2012) 沿岸域におけるデッドゾーンの分布—三河湾の事例—. *水産海洋研究*, No.76(4), 187-196.
- 30) 田中康平・青木伸一・Ernawaty Rasul・井上隆信 (2012) 三河湾奥での貧酸素水塊の発達特性と港湾域の影響について. *土木学会会論文集 B2 (海岸工学)*, Vol. 68, NO. 2, I 1046-I 1050.
- 31) 萩田健二 (1985) 貧酸素水と硫化水素水のアサリへい死に与える影響. *水産増殖*, 33(2), 16-21.