

アサリ浮遊幼生の貧酸素耐性

蒲原 聡・和久光靖・山田 智

Tolerance to low concentrations of dissolved oxygen of
Planktonic Larvae of the Clam *Ruditapes philippinarum*KAMOHARA Satoru^{*1}, WAKU Mitsuyasu^{*1} and YAMADA Satoshi^{*1}

キーワード: アサリ浮遊幼生, 貧酸素耐性

三河湾では、1970年代に貧酸素水塊の規模が拡大し、それ以降年による差はあるものの毎年、湾全体の約半分を占めるほどの規模で発生している。¹⁾ アサリなど魚介類の大量へい死を起こす苦潮の発生件数の増加は、この貧酸素水塊の規模の拡大時期と一致している。²⁾ このような状況を受け、環境省では、三河湾を始めとする閉鎖性水域における健全な水環境の確保に向けた取組みの中で、COD等の汚濁負荷に関する項目においては改善が十分に進んでおらず、水域によっては貧酸素水塊の発生が持続し、水利用や水生生物等の生育・生息に障害が生じている状況にある³⁾ としている。そのため、水環境を把握し、総合的に評価するための新たな水質基準として、下層の溶存酸素濃度および透明度の導入が検討されている。このような状況の下、愛知県水産試験場は(独)国立環境研究所と共同で、貧酸素水塊が内湾生物の生息に与える影響に着目し、底層の溶存酸素濃度目標値の提示および目標値の達成度評価手法の確立のための試験を実施している。アサリは三河湾を代表する生物で、漁獲量は2009年に全国の57.8%のシェアを占めている。また、アサリ浮遊幼生は成長に伴い、湾内の広い範囲に拡散する性質を持っている。⁴⁾ これらのことから、上記共同研究では、アサリ浮遊幼生を湾内底層の溶存酸素濃度基準を検討するための対象生物としている。これまで、アサリ成貝の貧酸素耐性については多くの研究事例があるが、^{5, 6)} 浮遊幼生の貧酸素耐性についてはToba *et al.*⁷⁾ による報告があるのみである。共同研究では、流水によるアサリ浮遊幼生の貧酸素耐性試験を実施しているが、本報ではその補足試験として行われた密閉容器によるアサリ浮遊幼生および着底初期稚貝の貧酸素耐性試験について報告する。

材料及び方法

2011年4月26日および5月18日に、反復温度刺激により三河湾産親貝から受精卵を得て、鳥羽ら⁸⁾の種苗生産方法を用い、D型期(各ふ化2日後および3日後)、アンボ期(12日後および10日後)およびフルグロウン期(18日後および15日後)を各試験に供した。幼生の飼育は、1tパンライト水槽2基で行い、精密ろ過器(日本濾水機工業株式会社, セラポア XA-N)でろ過した紫外線照射海水を用い、1m³/日の注水で流水飼育した。培養したパヴロバ(*Pavlova lutheri*)を1日1回、3×10⁴cells/Lの密度で給餌した。飼育期間中の水温は、4月26日産卵群と5月18日産卵群でそれぞれ17.2-20.7°C, 21.1-23.6°Cであった。ふ化後の幼生の成長をFig.1に示した。使用した幼生の殻長は、D型期(108.8±7.4 μmおよび111.8±4.5 μm)、アンボ期(153.7±11.1 μmおよび174.7±17.2 μm)、フルグロウン期(185.5±8.2 μmおよび204.0±14.0 μm)であった。

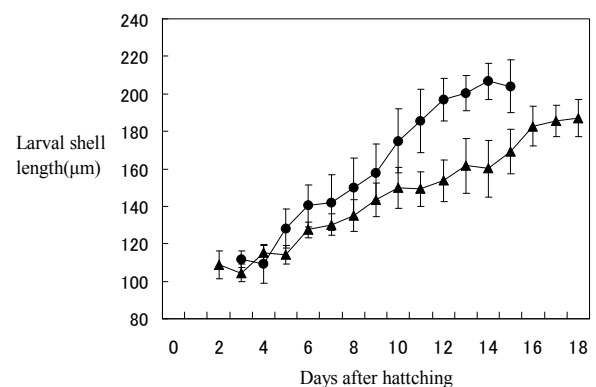


Fig.1 Growth of the reared short-necked clam larvae. Hatched in April(▲), Hatched in May (●). (Bars mean S.D.)

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

容量 100L のポリエチレンタンクに精密ろ過海水（セラポア XA-N による）を満たし、これに窒素ガスおよび空気を 30 分曝気させ、それぞれ低酸素水（LSW）、飽和酸素水（SSW）を調整した。各タンクからサイホンにより容量 200mL の酸素ビンに分注し、アサリ幼生 30~40 個体をそれぞれ、LSW、SSW の精密ろ過海水 1mL と共に投入し密栓した。また、LSW と SSW を 3:7 の割合で酸素ビンに分注し、中酸素濃度海水（MSW）とし、LSW、SSW と同様にアサリ幼生を投入した。3 種の異なる酸素濃度について、それぞれ原則 11 本、海水分注および幼生投入を行った。酸素ビンは恒温器（NK SYSTEM BIOTRON）内の暗黒下に設置した。器内温度は、4 月 26 日産卵群は 20°C に、5 月 18 日産卵群は 25°C に設定した。20°C は幼生の出現ピークが年間第 1 番目にみられる 5~6 月にかけて⁴⁾の海域水温、25°C は出現ピークが年間第 2 番目にみられる 8~10 月にかけて⁴⁾の海域水温を想定した。培養開始時にそれぞれの酸素濃度区から酸素ビン 1 本ずつをウインクラ法による酸素濃度の測定に供した。培養開始後、24、48、72、96 および 120 時間後にそれぞれの酸素濃度区から 2 本ずつ取り上げ、一方をウインクラ法による酸素濃度測定、もう一方を実体顕微鏡による生死判別および遊泳状況の観察に供した。D 型期幼生から着底初期稚貝までは、殻が透明であることから内容物を観察する事が可能である。そこで、生存個体は、遊泳しているもの、殻は閉じているが内容物が動いているものの合計とした。へい死個体は、殻を開けて動かないもの、殻を閉じて内容物が動かないものの合計とした。生存率は（生存個体数/全個体数）×100（%）、遊泳率は（遊泳個体数/全個体数）×100（%）とした。ただし、20°C の D 型期幼生のみ 24、48 および 72 時間後の観察とし、25°C については、ふ化 28 日後の着底初期稚貝（殻長 380.6±9.4 μm）についても実験を行った。また、20°C 区の D 型期およびアンボ期については、開始時の溶存酸素濃度を測定しなかった。

結果及び考察

幼生ステージ毎の各酸素濃度設定区の溶存酸素濃度を Fig.2 に示した。開始時の溶存酸素濃度を測定した設定区でみると、LSW の開始時の溶存酸素濃度は、20°C 区のフルグロウン期で 1.21mg/L、25°C 区の D 型期、アンボ期、フルグロウン期および着底初期稚貝でそれぞれ 1.31 mg/L、0.68 mg/L、0.53 mg/L、0.58mg/L となり、最大 1.31 mg/L と最小 0.53 mg/L で 2.5 倍の差が生じた。また、25°C 区のフルグロウン期の MSW 以外の設定区の溶存酸素濃度は実験期間中低下しており、開始時と 120 時間後の差

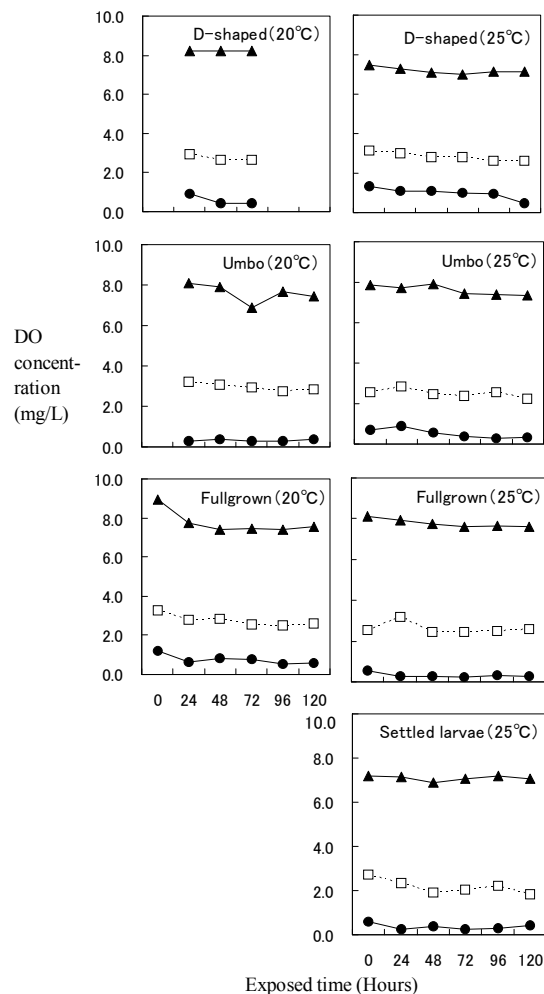


Fig.2 Change of DO concentration. Oxygen low seawater (LSW, ●), medium (MSW, □), saturated (SSW, ▲).

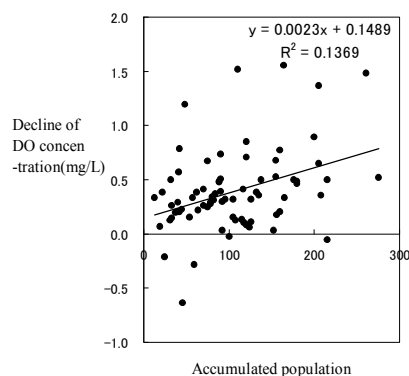


Fig.3 Relation daily accumulated population and decline of DO concentration.

の平均は、LSW で 0.45mg/L、MSW で 0.47 mg/L、SSW で 0.58mg/L となった。幼生の状態を観察した酸素ビン内で確認された幼生個体数は、最小 13 個体、最大 115 個体、平均 36 個体であった。開始時の溶存酸素濃度を測定した各酸素ビンの日累積幼生数と開始時からの溶存酸素濃度の低下との関係を Fig.3 に示した。高い相関は見られないものの、日累積幼生数が多いほど溶存酸素濃度が大き

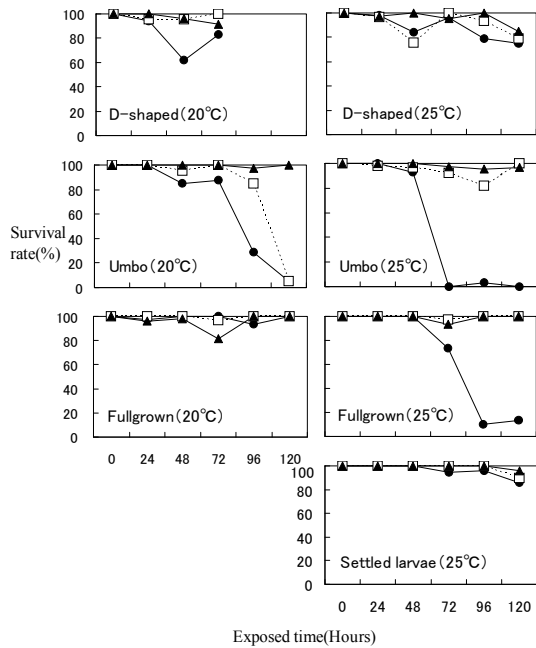


Fig.4 Larval survival of short-necked clam exposed to seawater at three DO levels. Oxygen low seawater (LSW,●), medium (MSW,□), saturated (SSW,▲).

く低下する傾向にあった。このことから、3 設定区の溶存酸素濃度の低下傾向は、幼生の呼吸による酸素消費やその他に酸素を消費する物質が溶存していることが推測された。

実験期間中の平均溶存酸素濃度は、20°C区のD型期、アンボ期およびフルグロウン期でそれぞれ0.6 mg/L, 0.32 mg/L, 0.75mg/L, 25°C区のD型期, アンボ期, フルグロウン期および着底初期稚貝でそれぞれ0.99 mg/L, 0.51 mg/L, 0.32 mg/L, 0.36mg/Lとなった。

幼生の生存率を Fig.4 に示した。実験期間中に生存率が急速に低下したのは、20°C区のアンボ期のLSW, MSW, 25°C区のアンボ期のLSW, 25°C区のフルグロウン期のLSWであった。20°C区のアンボ期では、LSWで96時間後に28.6%, 120時間後に5.3%, MSWでは、120時間後に5.3%となった。25°C区のアンボ期では、LSWで72時間後に0%, 96時間後に3.0%, 120時間後に0%となった。フルグロウン期では、LSWで72時間後に73.1%, 96時間後に10.0%, 120時間後に13.3%となった。

幼生の遊泳率を Fig.5 に示した。生存率の急速な低下が認められた設定区ではいずれも顕著な遊泳率の低下が認められたが、その他、20°C区のD型期のLSWでは遊泳率が時間とともに低下し、72時間後には4.3%となった。

LSWの実験期間の平均溶存酸素濃度は、20°C区のアンボ期, 25°C区のアンボ期およびフルグロウン期で0.32 mg/L~0.51 mg/Lであり、他のLSW設定区の平均0.78

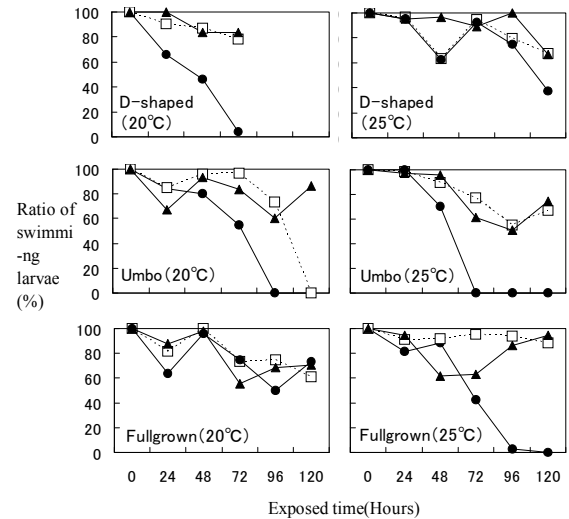


Fig.5 Ratio of swimming larvae of short-necked clam exposed to three DO levels. Oxygen low seawater (LSW, ●), medium (MSW,□), saturated (SSW,▲).

に比べて0.27 mg/L~0.46 mg/L低く、このことによりこれらの区で生存率が低くなったと考えられた。20°C区アンボ期のMSWは120時間後に生存率と遊泳率が低下しているが、25°Cのアンボ期のMSWにはこのような低下は認められず、Fig.2に示したように、両区の溶存酸素に大きな差はないことから、この原因については不明である。また、各区のLSWの溶存酸素濃度については、実験開始時から実験終了時にかけて平均0.45mg/L低下している。その値は前述のようにLSWにおいて生存率の高低を左右した0.27 mg/L~0.46 mg/Lの差と同程度である。したがって、実験中の溶存酸素の低下が、幼生の生存率および遊泳率に与えた影響はわずかながらあったと考えられた。

D型期では、20°C区で実験期間が短いことと、25°C区のLSWの平均溶存酸素濃度が0.99mg/Lとアンボ期の0.51 mg/L, フルグロウン期の0.32 mg/Lより高いことから、アンボ期, フルグロウン期とは比較できなかった。アンボ期では、LSWの平均溶存酸素濃度が25°Cで0.51mg/Lと20°Cの0.32mg/Lより高いにもかかわらず、25°Cでは20°Cより生存率が48時間早く0%近くに低下し、遊泳率が24時間早く0%に低下した。このことから、温度の差による代謝速度の違いが生存期間に影響したと考えられた。また、25°Cでは、アンボ期のLSWの平均溶存酸素濃度が0.51mg/Lとフルグロウン期の0.32mg/Lより高いにもかかわらず、アンボ期の生存率および遊泳率は共にフルグロウン期より24時間早く0%になった。このことから、アンボ期の方がフルグロウン期よりも貧酸素耐性が低いと考えられた。着底初期稚貝は、LSWの平均溶存酸素濃度が0.36mg/Lと25°C区の中では、フルグ

ロウン期の 0.32mg/L に次いで低いにもかかわらず、120 時間後においても生存率が 85.7%と全ての設定区より高かったことから、浮遊幼生より貧酸素耐性が高いと考えられた。

幼生は全ての LSW で 48 時間後においても 46.2%以上遊泳していた。20°C区では、アンボ期の遊泳率が 0%になった 96 時間後のさらに 24 時間後に生存率が 0%となった。25°C区では、アンボ期において遊泳しなくなると同時に全てへい死した。また、フルグロウン期は 96 時間後に遊泳しなくなると同時に生存率が極めて低い 10%となった。これらのことから、低溶存酸素濃度において遊泳を止めた幼生は、24 時間以内にほぼへい死することが分かった。

本試験では、Toba *et al.*⁷⁾ が 23.7~26.6°Cで行い、ふ化後 9 日目までは 24 時間後にほぼへい死したという試験結果よりも、生存期間が 48 時間長くなった。これは、各 LSW 区の試験期間中の平均が 0.32~0.99mg/L と、Toba *et al.*⁷⁾ の 0.2mg/L 未満よりも高いことが一因として考えられた。このことから、0.2ml/L から 1.0ml/L の溶存酸素濃度範囲における変動は、アサリ幼生の生残に大きく影響すると考えられた。

今回の試験においては、アサリ幼生の貧酸素耐性を一部のステージおよび水温でしか評価することができなかったことから、改良が必要な項目を以下に挙げた。

- ① 個体数が均等になる幼生の投入方法。
- ② 低酸素濃度の場合、可能な限り 0mg/L に近く、ばらつきが少ない設定方法。
- ③ アサリの呼吸などに左右されない安定した酸素濃度の設定方法。

特に、低酸素区においては、実験期間中の溶存酸素濃度の低下が実験結果に影響を与える可能性もあり、今後は、流水式実験装置などにより、溶存酸素濃度を一定に保てる試験方法の開発が求められる。

謝 辞

この試験は、(独) 国立環境研究所と共同した環境省環境研究総合推進費の「貧酸素水塊が底棲生物に及ぼす影響評価手法と底層 DO 目標の達成度評価手法の開発に関する研究」において実施した。(独) 国立環境研究所の堀口敏宏博士、愛知県水産試験場の石田基雄副場長に助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

文 献

- 1) 石田基雄・原 保 (1996) 伊勢・三河湾における水質変動と富栄養化について. 愛知水試研報, 3, 29-41.
- 2) 鶴岸直文 (2002) 三河湾における 1989 年から 2000 年にかけての苦潮発生状況. 愛知水試研報, 9, 11-18.
- 3) 環境基本計画—環境から拓く 新たなゆたかさへの道— (2006).
- 4) 松村貴晴・岡本俊治・黒田伸郎・浜口昌巳 (2001) 三河湾におけるアサリ浮遊幼生の時空間的分布—間接蛍光抗体法を用いた解析の試み—. 日本ベントス学会, 56, 1-8.
- 5) 柿野 純 (1982) 青潮によるアサリへい死原因について. 千葉水試研報, 40, 1-6.
- 6) 荻田健二 (1985) 貧酸素水と硫化水素水のアサリへのへい死に与える影響. 水産増殖, 33(2), 67-71.
- 7) Toba M, Kosemura T, Yamakawa H, Sugiura Y, Kobayashi Y (2008) Field and laboratory observations on the hypoxic impact on survival and distribution of short-necked clam *Ruditapes philippinarum* larvae in Tokyo Bay, central Japan. Plankton Benthos Res, 3(3), 165-173.
- 8) 鳥羽光晴・深山義文・早川美恵・庄司紀彦・小林 豊 (2004) アサリ種苗生産の現場基礎技術. 千葉県水産研究センター業績IV, 千葉県水産研究センター.