

阿蘇海における垂下飼育によるアサリの成長，生残，肥満度

谷本尚史，中西雅幸，久田哲二，尾崎 仁，藤原正夢

京都府農林水産技術センター海洋センター

2011年3月

阿蘇海における垂下飼育によるアサリの成長，生残，肥満度

谷本尚史，中西雅幸，久田哲二，尾崎 仁，藤原正夢

Growth, survival and condition factors of Manila clam
Ruditapes philippinarum on hanging culture in Asokai Lagoon

Naofumi Tanimoto, Masayuki Nakanishi, Tetsuji Hisada, Hitoshi Ozaki and Masamu Fujiwara

Abstract In order to examine the technique to culture the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Asokai Lagoon, a hanging cultivation experiment was conducted there from October 2008 to June 2010, and growth in the shell length (SL), survival rate, and condition factors (CF) of reared individuals were studied. The results of the experiments revealed that CF of individuals hung in Asokai Lagoon were higher than those of wild individuals in the lagoon, and suggested that, especially from January to June, they were as high as, or higher than those of wild individuals at other sites. We could produce individuals with a greater than 42-mm SL at a high survival rate with more favorable body contents than wild ones from January to June, which could have a high market value, by hanging those with a greater than 30-mm SL at a 3-m depth from December, when dying which may be caused by the exhaustion of spawning has ended.

キーワード：アサリ，垂下飼育，成長，生残，肥満度

京都府におけるアサリの漁獲量は 1993 年以降，急激に減少し，2004 年には過去最低の 6 トンとなった（近畿農政局，2007）。その後 50 トン程度まで回復したものの，依然低迷している。

阿蘇海は日本三景のひとつである天橋立により宮津湾と隔たれており，2 箇所の水道が存在しているのみで，閉鎖性の強い海域である。本海域においてアサリは重要な漁獲対象資源であるが，府内の他海域と同様，近年の漁獲量は減少している。アサリの減耗要因について，在来の害敵生物による食害のほか，過去に行われた他産地種苗の移植放流との関連性，即ち移植放流により持ち込まれた新規の病害生物の浸潤による可能性が示唆されているが，後者について明確な証拠はない^{*1}。海洋センターでは，このように低迷が続くアサリ資源を回復，増大させるために有効な手段として，同じ海域産の稚貝の移植放流や害敵生物の駆除などを提案する^{*1}とともに，限られた資源を有効に利用するため，小型のアサリを大型にまで養殖する技術の開発を進めており，垂下飼育によるアサリ養殖の可能性を示している（藤原ら，2008）。しかしながら，阿蘇海では水温および塩分の変動が大きく，夏季に無酸素層が発生するなど（桑原，飯塚，1983），環境条件が厳しいため，他海域で有効な本種の養殖技術も大きく制約を受けるおそれがある。そこで，既に事業化が進められているトリガイの垂下養殖方法に準じて阿蘇海でアサリ

の飼育試験を行ったところ，成長，生残および肥満度について良好な結果が得られたので報告する。

材料と方法

成長・生残試験 アサリの飼育試験は全て阿蘇海の水深 10 m 域に設置した二枚貝養殖試験筏（Fig. 1）で 2008 年 10 月～2010 年 6 月に実施した。

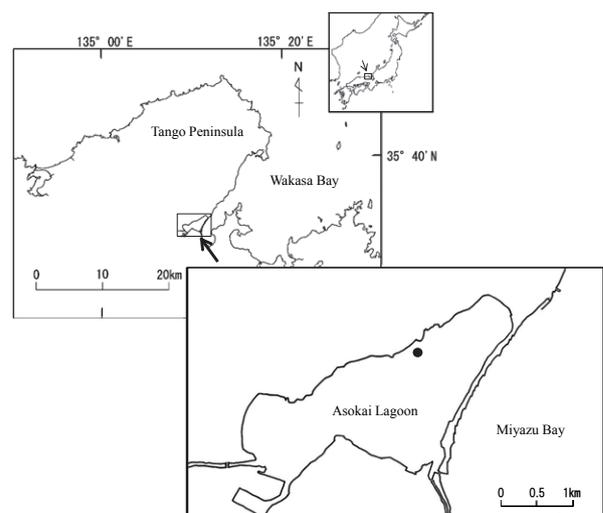


Fig. 1 A map showing the location the experiment was conducted. ● : The raft to suspend the hanging culture.

*1 京都府立海洋センター季報，第 97 号

Table 1 Wild individuals of *Ruditapes philippinarum* used in Tests I~III

Test No.	Duration of experiment	Experimental section	Depth individuals were hung (m)	Number of individuals	Shell length±SD (mm)
I	1 Oct., 2008 - 3 Mar., 2009	L1	3	200	31.0±2.3
		M1	2, 3, 4	200	24.1±2.3
		S1	3	200	16.7±2.3
II	3 Mar., 2009 - 6 Oct., 2009	L2	3	200	29.7±2.3
		M2	2, 3, 4	200	19.9±1.4
		S2	3	200	14.9±1.1
III	10 Dec., 2009 - 23 Jun., 2010	L3	3	200	29.7±2.6
		M3	3	200	22.7±2.2
		S3	3	300	15.3±2.1

Individuals were collected in Asokai Lagoon or Kunda Bay

試験方法はトリガイの垂下養殖方法（田中ら，2006）に準じ，飼育コンテナにはポリプロピレン製容器（内寸 50 × 32 × 深さ 21 cm）を使用し，底質としてアンストラサイト（粒径 2 ~ 3 mm）を厚さ約 10 cm に敷き，供試貝を収容した後，容器上面に網蓋（目合 2 cm）をして垂下した。原則として 1 ヶ月毎に，飼育コンテナと網蓋を交換した。網蓋とコンテナ交換時に，各試験区の個体の殻長をデジタルノギスで 0.1 mm 単位で測定するとともに，死貝数から生残率を算出した。各試験の期間，アサリの供試個体数，垂下水深，試験開始時の平均殻長および試験区については，Table 1 に示した。

第 1 回の試験には，2008 年 9 月 29 日に阿蘇海内で採捕し，試験開始まで栗田湾で予備飼育したアサリを供した。平均殻長（±標準偏差）31.0 ± 2.3 mm（以下，L1 区とする），24.1 ± 2.3 mm（以下，M1 区とする）および 16.7 ± 2.3 mm（以下，S1 区とする）のアサリ各 200 個を，それぞれのコンテナに収容後，水深 3 m に垂下した。また，水深 2 m および 4 m にも M1 区に供した各 200 個を垂下した。試験は 2008 年 10 月 1 日 ~ 2009 年 3 月 3 日まで実施した。試験終了時の平均殻長について，Kruskal-Wallis 検定と多重比較（Sheffe の手法）により垂下水深区間で検定を行った。

第 2 回の試験には，2009 年 3 月 2 日に阿蘇海内で採捕し試験開始まで栗田湾で予備飼育したアサリおよび 2008 年に阿蘇海の垂下コンテナに着底し，同様に栗田湾で予備飼育したアサリを供した。平均殻長（±標準偏差）29.7 ± 2.3 mm（以下，L2 区とする），19.9 ± 1.4 mm（以下，M2 区とする）および 14.9 ± 1.1 mm（以下，S2 区とする）のアサリ各 200 個を，それぞれのコンテナに収容後，水深 3 m に垂下した。また，水深 2 m および 4 m にも M2 区に供した各 200 個を垂下した。試験は 2009 年 3 月 3 日 ~ 同年 10 月 6 日まで実施した。試験終了時の平均殻長について，大量斃死した水深 4 m を除く水深 2 m および 3 m の垂下水深区間で，Mann-Whitney の U 検定によ

り検定を行った。

第 3 回の試験には，2009 年に栗田湾および阿蘇海の垂下コンテナに着底し，試験開始まで栗田湾で予備飼育したアサリを供した。平均殻長（±標準偏差）29.7 ± 2.6 mm（以下，L3 区とする），22.7 ± 2.2 mm（以下，M3 区とする）および 15.3 ± 2.1 mm（以下，S3 区とする）のアサリをそれぞれ 200 個，200 個および 300 個コンテナに収容後，水深 3 m に垂下した。試験は 2009 年 12 月 10 日 ~ 2010 年 6 月 23 日まで実施した。

肥満度調査 垂下飼育アサリ（以下，垂下アサリとする）および阿蘇海内で漁獲された天然アサリ（以下，漁獲アサリとする）の身入りを比較するため，肥満度（Condition factor）を調べた。肥満度は，鳥羽，深山（1991）に基づき次式により算出した。

$$CF = \frac{STW}{SL \times SH \times SW} \times 10^5$$

ただし，CF は肥満度，STW は軟体部重量，SL は殻長，SH は殻高，SW は殻幅である。STW は電子天秤で 0.1 g 単位で，SL，SH および SW はデジタルノギスでそれぞれ 0.1 mm 単位で測定した。

第 3 回の試験開始時に，M3 区に供した個体 200 個を肥満度調査区として別途コンテナに収容後，水深 3 m に垂下し，1 ヶ月毎に 45 ~ 50 個取り上げて肥満度を算出した。このコンテナの垂下期間は 2009 年 12 月 10 日 ~ 2010 年 4 月 27 日とした。また，第 3 回試験終了時の 2010 年 6 月 23 日には成長・生残試験に用いた M3 区のうち 49 個を肥満度調査に供した。漁獲アサリについては，2009 年 6 月 ~ 2010 年 6 月までの間，1 ~ 2 ヶ月毎に入手した平均殻長 34.9 ~ 40.6 mm の漁獲アサリ 50 ~ 113 個を肥満度調査に供した。

水温，塩分および DO の測定 各調査時には，試験場所の水深 2，3，4 m における水温，塩分を水質チェッカー（U-10，ホリバ社）またはクロロテック（AL-208，アレック電子社）で，DO を水質チェッカ

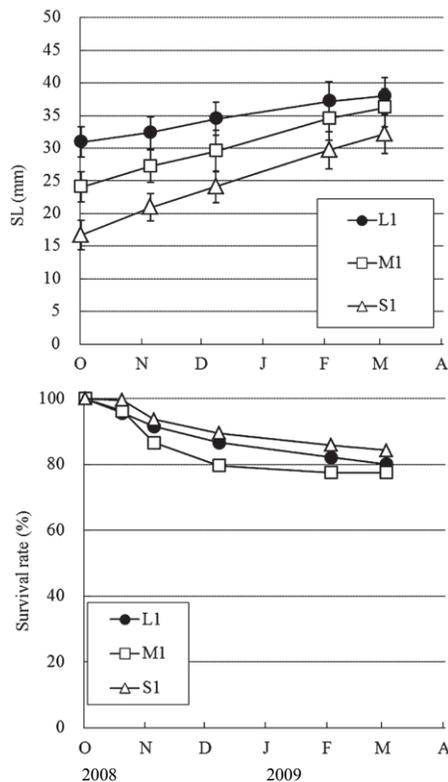


Fig. 2 Survival rate and growth curves of *Ruditapes philippinarum* on hanging culture at a 3-m depth in Asokai Lagoon. Vertical bars indicate standard deviations. (Test I) ●: L1; □: M1; △: S1.

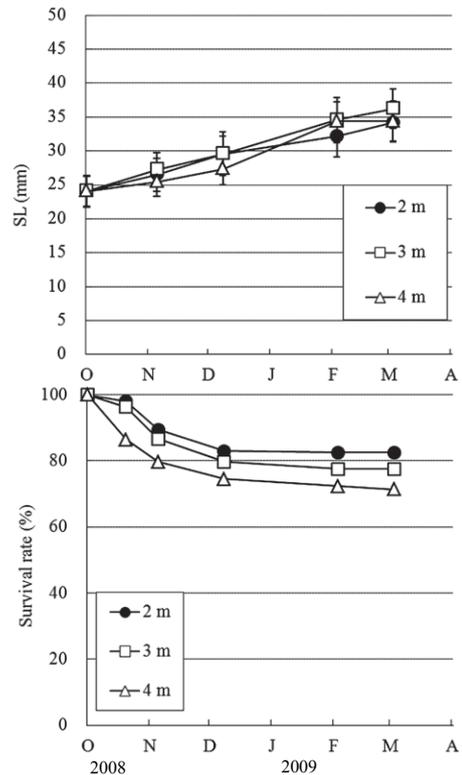


Fig. 3 Survival rate and growth curves of *Ruditapes philippinarum* on hanging culture at a 2-4-m depth in Asokai Lagoon. Vertical bars indicate standard deviations. (Test I) ●: 2 m; □: 3 m; △: 4 m.

一で測定した。

結 果

垂下アサリの成長と生残 第1回の殻長別試験結果を Fig. 2 に示した。試験終了時の平均殻長は、L1 区が 38.0 mm, M1 区が 36.2 mm, S1 区が 32.2 mm であり、試験期間中の平均殻長の増加量は L1 区が 7.0 mm, M1 区が 12.2 mm, S1 区が 15.5 mm と、開始殻長が小型のものほど成長がよかった。生残率は試験開始から 1 ヶ月後に 90%前後まで低下し、その後 L1 区と S1 区では徐々に低下した。M1 区については試験開始から 2 ヶ月で生残率が大きく低下したが、その後は終了時までほぼ変化がなかった。最終生残率は L1 区が 80.1%, M1 区が 77.5%, S1 区が 84.2% であった。次に、水深別の試験結果を Fig. 3 に示した。試験終了時の平均殻長は、水深 2 m が 34.2 mm, 3 m が 36.2 mm, 4 m が 34.4 mm であり、水深 3 m が他の水深区よりも有意に高くなった (Kruskal-Wallis 検定および Sheffe の手法, $p < 0.05$)。生残率は、水深 4 m では開始から 1 ヶ月で、水深 2 m および 3 m では開始から 2 ヶ月で約 80%まで低下したが、その後は各試験区とも大きな低下は見られず、試験終了時の生残率は水深 2 m が 82.5%, 3 m が 77.5%, 4 m が

71.4%であった。

第2回の殻長別試験結果を Fig. 4 に示した。試験終了時の平均殻長は、L2 区が 40.2 mm, M2 区が 40.8 mm, S2 区が 39.8 mm であり、試験期間中の平均殻長の増加量は L2 区が 10.5 mm, M2 区が 19.9 mm, S2 区が 24.9 mm と、小型のものほど良く成長していた。生残率は、試験開始から 3 ヶ月目までは顕著な低下は見られなかったが、4 ヶ月目には、L2 区で大きく低下した。S2 区では 4 ヶ月目、M2 区では 5 ヶ月目から生残率は徐々に低下したが、顕著な低下は認められなかった。試験終了時の生残率は L2 区が 22.0%, M2 区が 84.5%, S2 区が 88.5% であった。次に、水深別の試験結果を Fig. 5 に示した。試験終了時の平均殻長は水深 2 m が 41.4 mm, 3 m が 40.8 mm であり、水深区間で有意差は見られなかった (Mann-Whitney の U 検定, $p = 0.1159$)。生残率は、水深 4 m では 8 月までは 96.5%と高い値を示していたが、9 月には 0%となった。また、水深 2 m では試験期間中生残率はほとんど低下せず、3 m では 8 月から 10 月にかけて低下した。試験終了時の生残率は水深 2 m が 94.5%, 3 m が 84.5% であった。

第3回の試験結果を Fig. 6 に示した。試験終了時の平均殻長は、L3 区が 41.9 mm, M3 区が 39.7 mm,

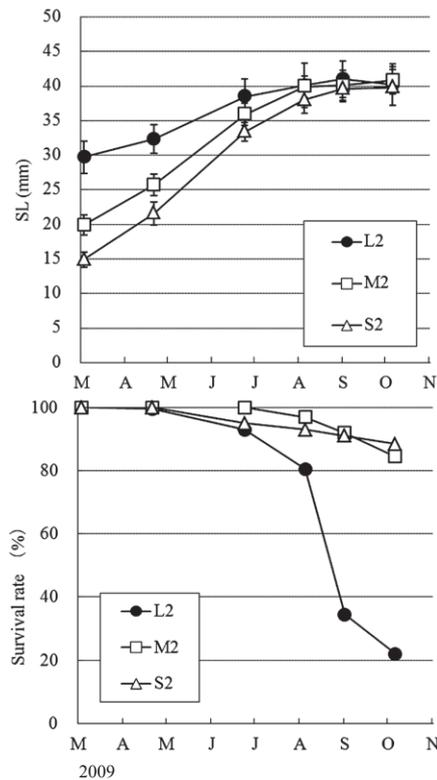


Fig. 4 Survival rate and growth curves of *Ruditapes philippinarum* on hanging culture at a 3-m depth in Asokai Lagoon. Vertical bars indicate standard deviations. (Test II) ●: L2; □: M2; △: S2.

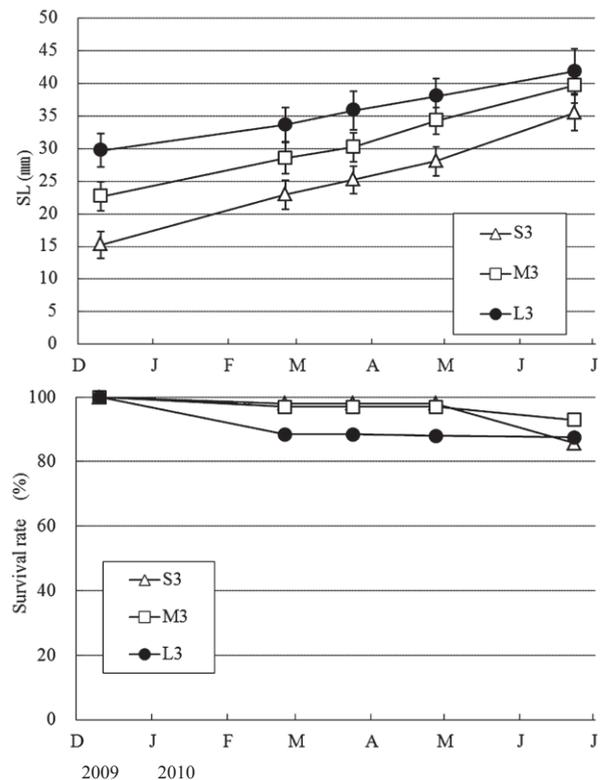


Fig. 6 Survival rate and growth curves of *Ruditapes philippinarum* on hanging culture at a 3-m depth in Asokai Lagoon. Vertical bars indicate standard deviations. (Test III) ●: L3; □: M3; △: S3.

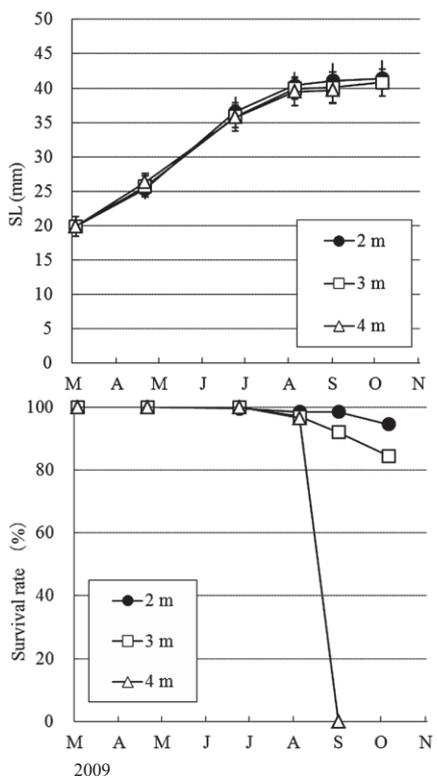


Fig. 5 Survival rate and growth curves of *Ruditapes philippinarum* on hanging culture at a 2-4-m depth in Asokai Lagoon. Vertical bars indicate standard deviations. (Test II) ●: 2 m; □: 3 m; △: 4 m.

S3 区が 35.5 mm であり、試験期間中の平均殻長の増加量は、L3 区が 12.2 mm、M3 区が 17.0 mm、S3 区が 20.2 mm と、小型のものほど良く成長していた。生残率は、試験開始から 3 ヶ月目にかけて L3 区がやや低下したが、顕著な低下は認められなかった。試験終了時の生残率は L3 区が 87.5%、M3 区が 93%、S3 区が 85.7%であった。

肥満度 垂下アサリと漁獲アサリの肥満度の推移を Fig. 7 に示した。漁獲アサリの肥満度は、6 月以降 11 月にかけて低下し、11 月に最小値の 9.6 となった。その後肥満度は、4 月にかけて上昇し、4 月に最大値の 21.6 に達した。それ以降、再び 6 月にかけて低下した。このように、漁獲アサリの肥満度は 10 ~ 12 月頃に低く、2 ~ 6 月頃に高くなる季節変化を示した。一方、垂下アサリの肥満度は、垂下開始から速やかに上昇し、1 月に 22.6、2 月には最大値の 24.7 に達し、その後 6 月にかけて比較的高く推移した。1 ~ 6 月の間、垂下アサリの肥満度は漁獲アサリのそれよりも常に高く推移し、両者の肥満度の差は 1.4 ~ 6.5 であった。

水温、塩分および DO の推移 試験期間中の水温、塩分および DO の変化を Fig. 8 に示した。水温は 9.2 ~ 27.1℃の範囲で変化し、1 月に最低に、8 月に最高

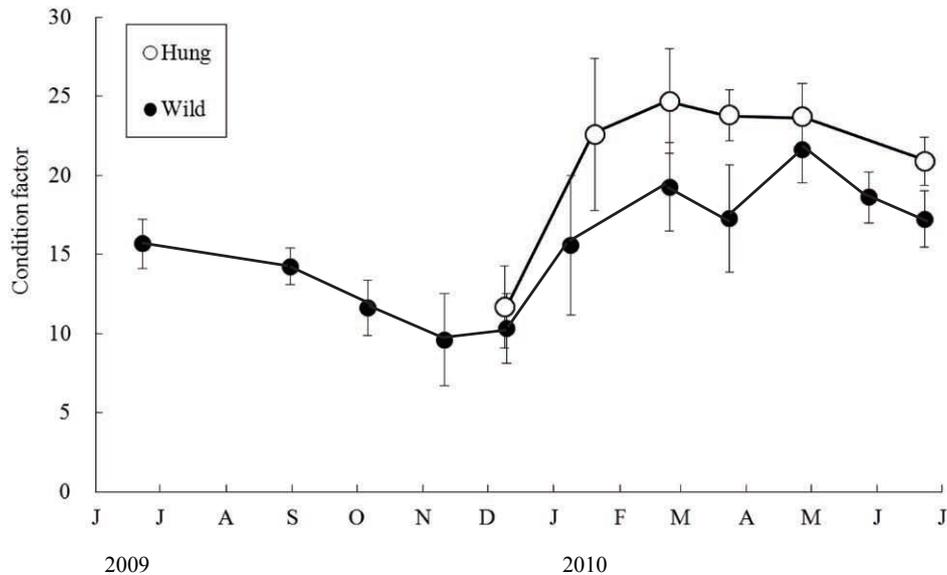


Fig. 7 CF fluctuations in *Ruditapes philippinarum* in Asokai Lagoon. ○ : Hung; ● : Wild.

に達した。塩分は 19.8 ~ 31.2 の範囲で変化し、水深 2 m で 2009 年 8 月に 21.8 まで、2009 年 11 月に 19.8 まで急低下が認められた。DO は 0.1 ~ 16.5 mg/l の範囲で変化し、8 月に最低に達し、水深 4 m で 0.1 mg/l とほぼ無酸素状態となった。

考 察

低位水準にあるアサリ資源の有効利用の一手法として、小型アサリを用いた垂下養殖の実用化を図る必要がある。今回、京都府の他海域と比べて環境条件の厳しい阿蘇海における高水温期および低水温期の垂下試験により、アサリの垂下開始時期、殻長別の成長および生残と肥満度の推移が明らかになったことから、阿蘇海での垂下飼育によるアサリ養殖の可能性を検討する。養殖実現のためには、収益の観点からも商品価値の高い個体を育成する必要があり、そのためには身入りが十分であり、かつ殻長が十分に大きいことが必要となる。身入りについては、他県の天然漁獲アサリの事例（西濱ら、2008; 高辻、2006）では肥満度の最大値が 20 ~ 24 であることから、目標を肥満度 20 以上とすると、阿蘇海の垂下アサリでは 1 ~ 6 月 (Fig. 7) がこの条件に該当する。また、殻長については、京都府の舞鶴湾で漁獲されるアサリのうち、殻長 42.5 mm 以上の個体が単価の高い「大」銘柄として出荷されている^{*2}。そこで、今回は 1 ~ 6 月に殻長 42 mm 以上の個体を生産することを育成技術の目標とし、そのために必要な育成開始時期、大きさ、垂下水深について検討する。

まず、育成開始時期および大きさについて、成長

と生残の点から検討する。1 ~ 6 月に殻長 42 mm 以上となるためには、2009 年 12 月 ~ 2010 年 6 月に実施した試験で、平均殻長 29.7 mm で育成を開始した場合 6 月に平均殻長が 41.9 mm となった (Fig. 6) ことから、最低限の条件として 12 月に殻長 30 mm 以上の個体を垂下することにより、身入りの良い期間に目標の大きさまで育成することが可能であることがわかる。また、2008 年 10 月 ~ 2009 年 3 月まで実施した試験から、開始時の平均殻長 24.1 ~ 31.0 mm の個体が 12 月に平均殻長 30 mm 以上となっている (Fig. 2) こと、2009 年 3 月 ~ 同年 10 月まで実施した試験から、開始時の平均殻長 14.9 ~ 29.7 mm の個体が 10 月時点で平均殻長 39.8 ~ 40.8 mm となっている (Fig. 4) ことから、これらの育成開始時期および大きさであっても、12 月に殻長 30 mm 以上という条件を満たしており、身入りの良い期間に目標の大きさまで育成が可能であることがわかる。

このように、成長の観点からは育成の開始時期および大きさについては、3 月に殻長 15 mm 以上、10 月に殻長 24 mm 以上、12 月に殻長 30 mm 以上で開始すれば、翌年の 1 ~ 6 月に殻長 42 mm 以上となることが明らかとなったが、開始時の大きさが小さいほど育成期間が長期間にわたることから、その期間に環境要因の影響を受ける頻度が高くなり、生残率の低下が懸念される。そこで、各試験期間中の生残率の推移に着目すると、2008 年 10 月 ~ 同年 12 月にすべての試験区で 20% 程度の減耗が、2009 年 7 月 ~ 同年 10 月に小、中個体について 20%、大個体について 80% 程度の減耗が確認された (Fig. 2, 4)。京都

*2 京都府立海洋センター季報、第 56 号

府において、アサリは6月以降12月までが産卵期にあたり、10～12月に産卵盛期を迎えると報告されている（辻ら，1994）。また、殻長28～42 mmの垂下アサリでは、夏季の斃死が多く、その要因として成熟異常との関連性が示唆されている（高，1957，1959）。よって、7～10月の減耗は成熟異常によるもの、10～12月の減耗は産卵及びそれに起因する産卵疲弊が一因と考えられる。したがって、産卵等の要因による減耗を防止し、高い生残率で育成するためには、これらの要因を排除できる12月から開始するのが望ましいと考えられる。

次に、垂下水深について環境要因に起因する生残と成長の点から検討する。アサリの生残に影響する無機的な環境要因としては、水温、塩分、DOがあり、水温は1℃以下（蔵田，2000）或いは35℃以上（成松，高見，2006）、塩分は20以下（松岡ら，2008）、DOは1 mg/l未満（柿野，1982）で生残に影響するとされている。これらの数値と本試験での観測数値を比較すると、水温については各水深とも特に問題はない（Fig. 8）。また、塩分については8月の水深2、

3 mおよび11月の水深2 mで20～25まで低下した（Fig. 8）が、阿蘇海表層塩分は6～10月に高く、11～6月に低下し、特に水深3 m以浅の塩分は河川水や降雨等の淡水の影響を受ける（桑原，飯塚，1983）ことから、前者は降雨による一時的な現象、後者は阿蘇海冬季の普遍的な現象と推定された。今回、この時期に生残率はほとんど低下しなかったことから、いずれも生残への影響は小さいと考えられたが、今後生残に影響を与える塩分濃度にまで低下する可能性はないとは言い切れず、これより浅い水深への垂下は避けるべきであると考えられた。そして、DOについては8月の水深4 mで無酸素状態が観測され、水深4 mで育成していた個体のみが全滅したことから、DOの低下による減耗であると考えられた。阿蘇海では4～10月に無酸素層が形成される（桑原，飯塚，1983）ことから、これらの時期には、最低でも無酸素層が水深4 m付近まで上昇してくる可能性があり、この時期や水深を避けて育成することが必要であると考えられた。

成長に影響する有機的な環境要因として、餌料条

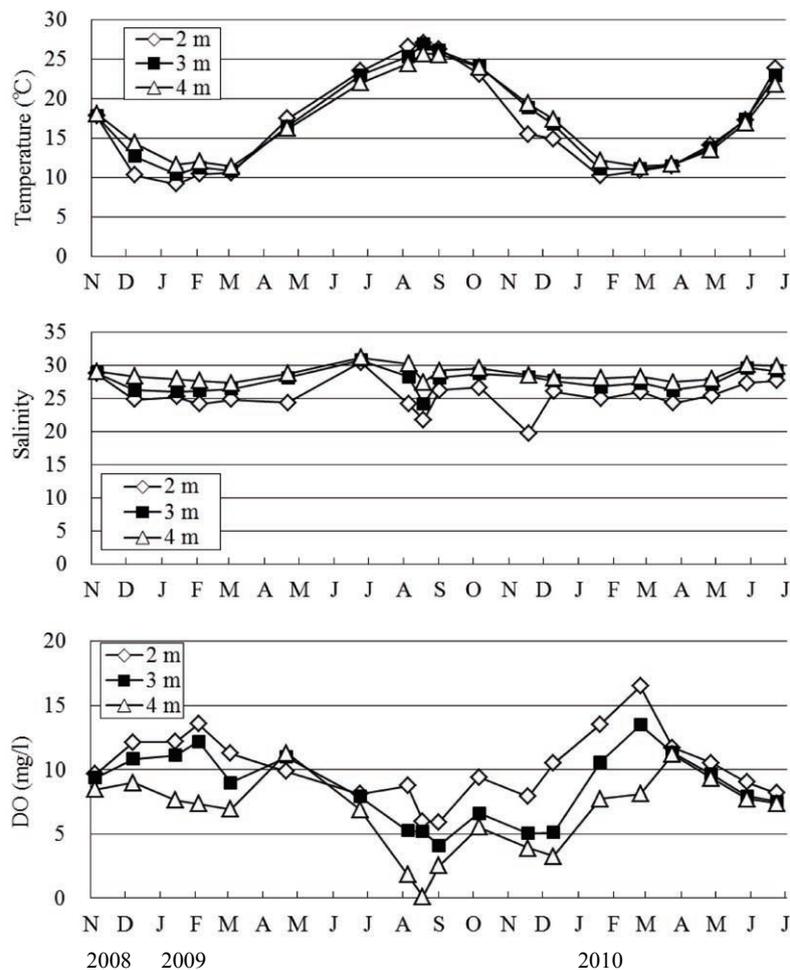


Fig. 8 Seasonal fluctuations of environmental conditions, temperature, salinity, and DO at a 2-4-m depth in Asokai Lagoon. ◇ :2 m; ■ :3 m; △ :4 m.

件、即ちクロロフィル量が想定されるが、今回は測定していない。餌料環境等の総合的な評価として殻長の成長に着目すると、2008年10月～2009年3月に水深別に実施した試験から、水深3mの個体の成長が水深2mおよび4mの個体と比較して大きいことが確認された。この差がどのような要因によって生じたのかは不明であるが、先述の生残に影響する無機的な環境要因と総合的に判断して、阿蘇海での垂下水深は水深3mが適当であると考えられた。

以上により、阿蘇海において、1～6月に殻長42mm以上の個体を生産できる育成技術を目標として、育成開始時期、大きさ、垂下水深について検討した結果、環境要因による減耗を回避して一定以上の生残を見込むためには、12月に殻長30mm以上の個体を水深3mに垂下することにより可能になると考えられた。しかしながら、今回の育成条件の検討には、収容する個体の量的な情報が考慮されていない。したがって、今後阿蘇海において本育成技術を用いた垂下養殖が一定規模以上で実施されるためには、種苗の量的な確保が課題になると思われる、12月に30mm以上の個体が充分量得られない状況があるのであれば、生残的な要因を考慮しつつ、実態に合わせた育成開始時期の前倒しや別途種苗の大量確保等の方策が必要であろう。また、今回は成長や生残に影響があると考えられる飼育密度の影響や垂下規模等の環境収容力については検討していないことから、今後の規模拡大に向けて技術的な検証をしておく必要がある。

文 献

- 藤原正夢, 辻 秀二, 田中雅幸, 今西裕一, 中西雅幸. 2008. 垂下コンテナ飼育におけるアサリの成長. 京都海洋セ研報, **30**:49-53.
- 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**:1-6.
- 近畿農政局. 2007. 2005年京都府漁業の動き. 近畿農政局統計部.
- 高 良夫. 1957. アサリ生殖巣についての二・三の組織学的観察. 日水誌, **23**:394-398.
- 高 良夫. 1959. 海中垂下飼育アサリの生殖巣の発育について. 長崎大学水産学部研究報告. **8**:202-206.
- 蔵田 護. 2000. 低水温下におけるアサリの低塩分・貧酸素耐性. 北水試研報, **58**:17-21.
- 桑原昭彦, 飯塚 覚. 1983. 阿蘇海の漁場性について. 京都海洋セ研報, **7**:63-76.
- 松岡正彦, 品川 明, 日向野純也, 藤井明彦, 平野慶二, 石松 惇. 2008. 低塩分がアサリの生残、血リンパ浸透圧および軟体部水分含量に与える影響. 水産増殖, **56**:127-136.
- 成松将吾, 高見 徹. 2006. 河口干潟の環境変化がアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の成育に及ぼす影響. 大分工業高等専門学校紀要, **43**:33-40.
- 西濱士郎, 坂本達也, 木元克則. 2008. 二枚貝による有明海の環境修復技術の開発に関する基礎的研究. 西海区水産研究所主要研究成果集, **12**:19.
- 高辻英之. 2006. 干潟の環境特性とアサリの生残・成長. 平成18年度広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター研究発表会要旨集, **1**.
- 田中雅幸, 井谷匡志, 藤原正夢. 2006. トリガイ養殖に関する研究-V 小型変形貝の出現と防止方法. 京都海洋セ研報, **28**:6-10.
- 鳥羽光晴, 深山義文. 1991. 飼育アサリの性成熟過程と産卵誘発. 日水誌, **57**(7):1269-1275.
- 辻 秀二, 宗清正廣, 井谷匡志, 道家章生. 1994. 舞鶴湾のアサリの生殖周期. 京都海洋セ研報, **17**:1-9.

