

原著論文

ハマグリ幼生の着底に及ぼす塩分の影響

長谷川拓也*^a・日比野学*

The effect of salinity on the larval settlement of the hard clam *Meretrix lusoria*

Takuya HASEGAWA and Manabu HIBINO

Salinity is known influence the larva grounding of bivalves, however, this effect on clam larvae has not been fully investigated. We researched the effect of salinity on the settling ratio during larval grown and on full-grown larvae. Salinity affects the settling rate of full-grown larvae (after 48 h), with the highest average (62.4%) at a salinity of 12.5ppt. Moreover, the settling rate of umbo-stage larvae was highest at a salinity of 15ppt, and larval rearing was not observed. On the other hand, the settling rate at a salinity of 7.5ppt was the lowest. The results provide a better understanding of the effect of dispersing clam larvae into estuaries and basic knowledge for improving breeding techniques and seedling production.

キーワード：ハマグリ, フルグロウン期幼生, 塩分, 着底
2021年4月15日受付 2022年1月7日受理

ハマグリ *Meretrix lusoria* はマルスダレガイ科に属する水産業上重要な二枚貝である。本種は日本の東北地方以南および朝鮮半島の一部の、淡水の影響のある内湾砂泥域に生息している。本種が漁獲される海域は、伊勢湾、有明海および豊前海など一部の内湾域に限られる（山下ら 2004, 逸見 2009）。

ハマグリは初期生態として、受精後 27～48 時間後に D 型幼生、4～5 日後にアンボ期幼生、1～2 週間程度でフルグロウン期幼生となり、河口干潟に着底することが明らかにされている（道津・木下 1988, 熊本県水産研究センター 2013）。本種の生残や成長に及ぼす塩分の影響については、浮遊幼生（相良 1958, 牧野ら 2016）や初期稚貝（1～2mm）を含む稚貝（沼口・田中 1987, 牧野ら 2017）で検討されている。一方で、浮遊幼生が着底すると考えられる河口干潟においては、様々な塩分環境を経験すると推測されるが、ハマグリ幼生の着底に対する塩分の影響については十分に検討されていない。

愛知県のアサリの漁獲量は、2014 年以降に急減している（日比野・下村 2020）。一方、県内海域ではハマグリはほとんど見られなかったが、近年、一部漁獲対象になるなどハマグリ資源は回復傾向にあり（服部ら 2019, 岩田ら 2019）、漁業現場ではアサリに代わる新たな漁業資源として、ハマグリは種苗生産・放流技術開発への要望が高くなっている。ハマグリは種苗生産技術に関しては、温度刺激法による採卵技術（石田 1978, 上城ら 1978）、浮遊飼育期の好適餌料および塩分（河合・関 1979, 中畑ら 1994）および着底稚貝の好適餌料と塩分（Numaguchi 1997）について検討が行われてきた。しかしながら、着底前後に大量へい死がみられており（千葉県水産総合研究センター 2009a, 2009b, 2011）、種苗生産の事業化において特に着底期を対象として安定した飼育技術が求められている。

塩分は、様々な二枚貝や底生無脊椎動物の幼生の着底に影響を与える要因として知られている（Devakie and Ali 2000, Thiyagarajan *et al.* 2003, Tezuka *et al.* 2013）。幼生着底時

* 愛知県水産試験場漁業生産研究所
〒470-3412 愛知県知多郡南知多町大字豊浜字豊浦 2-1
Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, 2-1 Toyohama, Minami-chita, Chita-gun, Aichi 470-3412, Japan
Email: takuya_hasegawa@pref.aichi.lg.jp

*^a 現所属 愛知県庁農業水産局水産課

の塩分の影響を把握することは、本種の資源生態的特性を理解するために重要であるとともに、種苗生産において課題である着底期の安定した飼育条件を検討するうえでも重要な基礎知見になると考えられる。

本研究では、幼生の発達過程で異なる塩分を経験した着底直近のフルグロウン期幼生を用い、着底期の塩分が着底率に及ぼす影響を調べた。

材料と方法

採卵方法およびフルグロウン期幼生までの飼育条件 愛知県蒲郡市の水神海岸 (N34.8, E137.2) の砂泥干潟で、徒手により親貝 (殻長範囲: 35 ~ 78mm) を採集した。採集した親貝は、採卵を行う翌日まで水温 20°C で一晩馴致させた。採卵は、砂ろ過地先海水を貯水した 100L パンライト水槽に 50 ~ 100 個体の親貝を収容し、水温 20°C から 1 時間に 1 ~ 2°C ずつ水温 30°C まで上昇させる温度刺激法で行った。25°C になった段階で放卵・放精していなかった場合は、精子懸濁液を添加することで放卵・放精の誘発を行った。精子懸濁液は、雄個体の軟体部を切開し、生殖腺を精子が充満していることを確認の上で採取し、滅菌海水で希釈した。フルグロウン期幼生までの浮遊幼生飼育は、牧野ら (2016) を参考に、ダウンウェリングによる方法で行った。飼育容器は、60L プラスチックコンテナ (縦 480×横 730×深さ 200mm) 水槽に底面 69 μ m 目合のナイロンメッシュで覆った塩化ビニル製円形容器 (内径 200×高さ 150mm, 飼育容量約 4L) を 3 個設置した。なお、円筒容器はコンテナ水槽底面に並べた 2 本の塩化ビニルパイプ (VP20) 上に置き、コンテナ水槽底面に円筒容器のメッシュ部が密着しないようにした。飼育水は、砂ろ過した地先海水を 0.2 μ m マイクロセラミックフィルター (日本濾水機工業) でろ過した精密ろ過海水に、水道水を加え、YSI ProSolo デジタル水質メーター (ワイエスアイ・ナノテック社) により各飼育区の塩分を調整した。なお、水道水はエアレーションによる曝気を一晩行い、塩素中和されたものを用いた。幼生の発達過程における塩分条件として、塩分をフルグロウン期幼生まで 20 とした飼育区 (以下、飼育区 S20)、D 型期に 20、アンボ期から 15 に下げた飼育区 (以下、飼育区 S15) の 2 区を設定した。実験時の水温は、観賞魚用水中ヒーターを用い 33°C とした。幼生の発達段階が、フルグロウン期幼生に達していることを顕微鏡下で確認した後、円形容器内の幼生をそれぞれの飼育区ごとに 5L ビーカーに回収し、ピペティングで攪拌後に幼生を無作為に抽出し、以下の塩分条件試験に供した。

塩分条件試験 塩分条件試験は、Tezuka *et al.* (2013) の方法に準拠して行った。収容容器には組織培養プレート (ピオラモ社; 以下、プレートという。) を用い、プレートの各ウェル (直径: 2.5cm, 深さ: 1.9cm) に水温と塩分を調整した飼育水と着底基質として貝化石 (粒径: 125 ~ 250 μ m) を約 0.5cm の深さとなるよう収容した後、各飼育区から抽出したフルグロウン期幼生を収容した。幼生の懸濁液は、各ウェルに収容する前

に塩分を調整し、ウェル内の塩分が極力変わらないように配慮した。飼育区 S20 では、塩分 20, 17.5, 15, 12.5, 10, 7.5, 5 の計 7 塩分区、飼育区 S15 では、塩分 15, 12.5, 10, 7.5, 5 の計 5 塩分区を設定し、それぞれの塩分区で 3 ウェルずつ試験を行った (表 1)。餌料には 18°C 恒温室内で培養した *Pavlova lutheri* を使用し、各試験区の餌料密度が 20,000 cells/ml になるよう、各塩分区の塩分に調整した餌料溶液を、各ウェルに添加した。幼生を収容したプレートは蓋をした後、パラフィルムで密封し、飼育水温と同じ水温 33°C に保持したウォーターバス (発泡スチロール容器: 38×30×20cm) 中に静置した。試験開始 24 時間後に、飼育水の汚れによるへい死を防ぐため、顕微鏡下で基質ごと幼生を 69 μ m メッシュネットで回収し、各塩分区の飼育水で洗浄した後、再収容した。

試験期間は 48 時間とし、経過後に各ウェルの全幼生数および着底が認められた個体を顕微鏡下で計数し、着底率を次式により算出した。

$$\text{着底率 (\%)} = \frac{\text{ウェル内で着底行動が認められた個体数 (個)}}{\text{ウェル内の供試個体数 (個)}} \times 100$$

着底の評価は Tezuka *et al.* (2013) を参考にし、ウェル中を遊泳している個体、遊泳はしていないが遊泳器官であるベラム (面盤) を有している個体および死亡個体を未着底個体、足を出しながら匍匐運動を行う個体を着底個体として計数した。塩分条件試験はそれぞれ 2 回ずつ行い、2020 年 7 月 5 日から 7 日までの 2 日間 (1 回目、飼育区 S20-1, 飼育区 S15-1)、2020 年 8 月 6 日から 8 日までの 2 日間 (2 回目、飼育区 S20-2, 飼育区 S15-2) に実施した (表 1)。飼育区 S20-1 では、試験開始時の供試個体の平均殻長は 186 ± 14 μ m (11 日齢) であり、各ウェルあたりの平均収容個体数は 15.7 ± 4.0 個体だった。また、飼育区 S20-2 では、試験開始時の供試個体の平均殻長は 183 ± 12 μ m (8 日齢) であり、各ウェルあたりの平均収容個体数は 18.7 ± 5.1 個体だった。飼育区 S15-1 では、試験開始時の供試個体の平均殻長は 193 ± 12 μ m (11 日齢)、各ウェルあたりの平均収容個体数は 23.5 ± 10.5 個体だった。また、飼育区 S15-2 では、試験開始時の供試個体の平均殻長は 178 ± 10 μ m (8 日齢) であり、各ウェルあたりの平均収容個体数は 23.6 ± 10.5 個体だった。

飼育区ごとの回次間および各塩分区の着底率の違いについて、二元配置分散分析 (Two-way ANOVA) により検討した。また、各塩分区間の着底率の差については、飼育区ごとに Tukey 法 (Tukey HSD) による多重比較検定を用いて統計的に評価した。

また、発達過程で経験した塩分差が着底率に及ぼす影響を検討するため、飼育区間の着底率の差は、*t* 検定 (Student's *t*-test) を用いて検定した。なお、全ての統計解析には、R ソフトウェア (4.0.4) を用い、有意水準は 5% とした。

表 1. 飼育回次ごとの飼育区および塩分区における試験条件と着底率
表の数字は平均値±標準偏差を表す

第1回次					
飼育区	塩分区	平均殻長(μm)	供試個体数(個)	着底数(個)	着底率(%)
S20-1	20	183 ± 12	17.7 ± 2.1	5.0 ± 3.0	28.9 ± 19.4
	17.5		15.3 ± 3.8	5.3 ± 3.1	32.9 ± 14.4
	15		16.0 ± 1.7	5.3 ± 0.6	33.3 ± 0.0
	12.5		19.0 ± 1.0	8.7 ± 0.5	45.7 ± 5.2
	10		20.0 ± 1.7	7.7 ± 2.1	38.1 ± 8.2
	7.5		12.3 ± 2.3	0	0
	5		10.0 ± 1.4	0	0
S15-1	15	193 ± 12	17.7 ± 4.0	8.3 ± 2.1	47.1 ± 2.6
	12.5		23.0 ± 7.5	13.7 ± 3.5	60.3 ± 4.8
	10		19.3 ± 2.3	10.7 ± 3.8	54.2 ± 12.4
	7.5		38.7 ± 15.2	12.7 ± 2.1	35.3 ± 11.1
	5		19.0 ± 0.0	0	0
第2回次					
飼育区	塩分区	平均殻長(μm)	供試個体数(個)	着底数(個)	着底率(%)
S20-2	20	183 ± 12	26.0 ± 4.6	8.3 ± 2.5	32.4 ± 10.1
	17.5		17.3 ± 2.5	6.3 ± 2.1	36.7 ± 12.0
	15		19.0 ± 1.0	7.3 ± 1.5	38.6 ± 1.5
	12.5		19.3 ± 1.5	8.7 ± 0.6	45.0 ± 4.4
	10		20.0 ± 3.0	8.0 ± 2.6	39.4 ± 7.3
	7.5		19.3 ± 1.2	1.3 ± 0.6	6.9 ± 2.7
	5		9.7 ± 3.1	0	0
S15-2	15	178 ± 10	17.7 ± 4.0	8.7 ± 2.3	48.7 ± 2.2
	12.5		23.3 ± 8.1	14.7 ± 3.5	64.4 ± 7.1
	10		21.7 ± 3.5	9.0 ± 2.6	41.1 ± 8.4
	7.5		30.8 ± 8.0	9.3 ± 2.1	30.8 ± 8.0
	5		19.0 ± 3.0	0	0

結 果

塩分区と着底率 塩分条件試験の1回目と2回目の結果を表1に示す。両飼育区とも塩分12.5で着底率が高く、飼育区S20では、45.0～45.7%、飼育区S15では、60.3～64.4%

であった。塩分7.5では、ほとんどの個体で着底が認められず、生存個体の遊泳行動がみられ、着底率は飼育区S20で0～6.9%、飼育区S15では、30.8～35.3%であった。一方、塩分5では、両飼育区とも着底率は0であり、未着底ながらも生存していた個体はわずかに確認されたが、大多数は死亡してい

た。回次間において供試個体の日齢と平均殻長には若干の差はあったが、両飼育区で行った各塩分区の着底率に回次間有意な差は認められなかったので (Two-way ANOVA: $p>0.05$)、以降では両回次の結果を合わせて平均着底率とした。フルグロウン期幼生まで塩分 20とした飼育区 S20では、塩分 20と 12.5との間には有意な差は認められたが、17.5から 10においては塩分区間で有意な差は認められなかった(図1)。また、7.5以下の塩分区では着底率は有意に低くなった。平均着底率は、塩分 12.5で最も高く、45.7%であった。アンボ期に塩分 15に下げた飼育区 S15でも、底率は塩分区ごとに異なり、塩分 12.5で有意に高く(図2)、平均着底率は 62.4%と高かった。また、塩分区 15と 10の間では着底率に有意な差は認められなかったが、塩分 7.5以下の塩分区では塩分が低いほど着底率は有意に低くなった(図2)。

飼育区 S20と S15の 2飼育区の差について、塩分 15, 12.5, 10, 7.5の各塩分区の平均着底率を示した(図3)。塩分 15, 12.5, 7.5の各塩分区で飼育 S15での平均着底率が有意に高く、それぞれの塩分区における平均着底率は 47.9%(塩分 15)、62.4%(塩分 12.5) および 33.0%(塩分 7.5)であった (Student's *t*-test, $p<0.01$)。

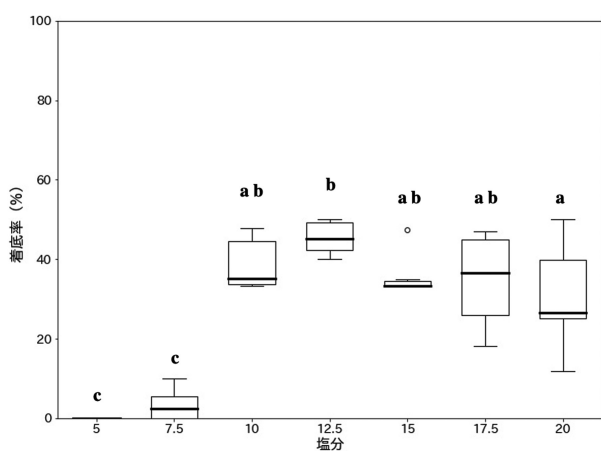


図1. 飼育区 S20における各塩分区の着底率の比較

図中の太線は中央値、箱の最上端は第3四分位数、箱の最下端は第1四分位数を表す

箱の上下にある垂線は $\{第1四分位数 - 1.5 \times (第3四分位数 - 第1四分位数)\}$ 以上 $\{第3四分位数 + 1.5 \times (第3四分位数 - 第1四分位数)\}$ 以下の範囲を表す

図中の丸は外れ値を示す

上付きのアルファベットが異なることは、試験区間に有意な差があることを示す (Tukey HSD test: $p<0.05$)

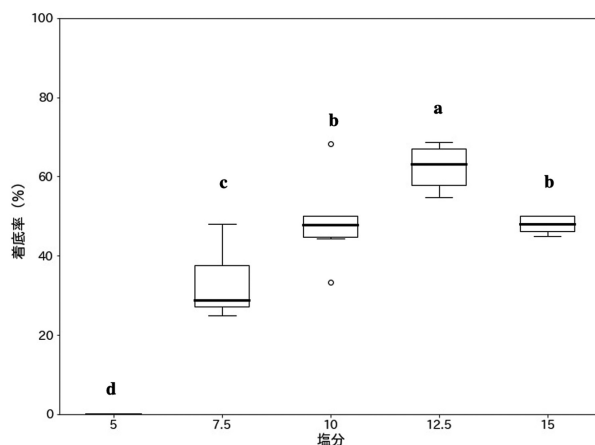


図2. 飼育区 S15における各塩分区の着底率の比較

図中の太線は中央値、箱の最上端は第3四分位数、箱の最下端は第1四分位数を表す

箱の上下にある垂線は $\{第1四分位数 - 1.5 \times (第3四分位数 - 第1四分位数)\}$ 以上 $\{第3四分位数 + 1.5 \times (第3四分位数 - 第1四分位数)\}$ 以下の範囲を表す

図中の丸は外れ値を示す

上付きのアルファベットが異なることは、試験区間に有意な差があることを示す (Tukey HSD test: $p<0.05$)

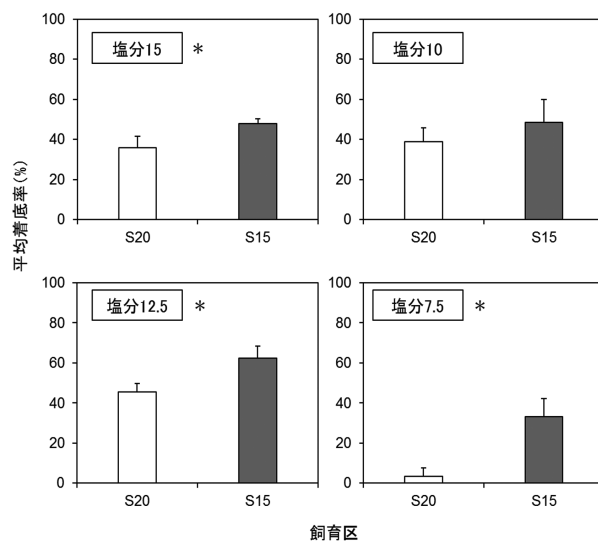


図3. 飼育区 S20と S15における各塩分区での平均着底率の比較
図中の最上端は平均値、棒は標準偏差を示す

*は試験区間に有意な差があることを示す (Student's *t*-test: $p<0.05$)

考 察

本研究の結果から、着底期におけるハマグリ幼生の着底率は、塩分によって大きく異なり、塩分 12.5 で着底率が最も高くなることが明らかになった（図 1, 2）。飼育下における稚貝の好適塩分は、19.3～32.2（沼口・田中 1987）とされており、牧野ら（2017）は室内実験で、着底以降のハマグリ稚貝の生残率等の比較により、40%海水（塩分 12.8）と 60%海水（塩分 19.2）が、飼育時における好適塩分であるとしている。着底時により詳細な塩分区を設けた本研究では、牧野ら（2017）の結果のうちの 40%海水に近い、塩分 12.5 で着底率が最も高くなった（図 1, 2）。アサリでは、塩分 13 付近が着底稚貝の生存限界に近い塩分とされ（池松・松本 1956）、Tezuka *et al.*（2013）は、アサリ幼生はその塩分 13 で着底率が高いことを明らかにしている。また、チョウセンハマグリ幼生では、成長が進むに従い低塩分の影響により遊泳活動が不活発となり、物理的および化学的変化の刺激により浮遊幼生の着底が促されることが示唆されている（日向野・安永 1990）。本試験で着底率が高かった塩分 12.5 は、沼口・田中（1987）によるハマグリ稚貝成育における好適塩分範囲より低く、アサリと同様に生存限界と考えられる低塩分の刺激により着底が促進されることが考えられる。また、本研究では幼生飼育中の塩分履歴の異なる 2 飼育区を設定したところ、フルグロウン期幼生まで塩分 20 とした飼育区 S20 に比べ、アンボ期に塩分 15 に下げた飼育区 S15 の着底率が高くなる傾向が見られ（図 3）、着底率が高まる 12.5 の前段階に、徐々に塩分が低下することが重要であることが示唆された。塩分操作後 48 時間後の状態を観察した本試験において、塩分 7.5 では、ほとんどの個体は生存し遊泳行動がみられたのに対し、塩分 5 では、多くの個体は死亡していた。着底率や死亡率の経時変化については今後詳細な検討が必要であるが、塩分 5 といった低塩分に暴露される時間が長いと死亡リスクが高くなる可能性が考えられた。ハマグリは、河口内の干潟に着底し、その後分布域は成長とともに海側へと広がるとされる（熊本県水産研究センター 2013）。本研究の結果からも、ハマグリ幼生は、河口域に形成される連続的な塩分勾配により馴致されながら河口内の低塩分域まで輸送され、好適塩分の潮間帯に着底している過程が推測された。

ハマグリと同様に、河口域に稚貝が出現する二枚貝としてアサリとヤマトシジミがあげられる。ヤマトシジミの好適塩分は 1.5～22.0（中村ら 1996）と低く、ヤマトシジミが分布している場所には、ハマグリは確認されないことが報告されている（Henmi *et al.* 2014）。一方、アサリ幼生において塩分と着底率の関係を検討した Tezuka *et al.*（2013）は、塩分 32 から塩分 13 までの塩分区のうち、着底率は塩分 13 で最も高くなることを示しており、本研究の結果に類似している。アサリの好適塩分は 21.3～31.4（天野 2009）とされ、河口周辺や河川内の河口干潟に高密度な稚貝分布が認められる（西沢ら 1995、岡本ら 2011）など、塩分環境に応じたハマグリとアサリの着底過程は類似している可能性が考えられる。本研究では、塩分 7.5

の着底率は塩分 12.5 と比較して有意に低く、塩分 5 では、一部の個体は遊泳していたが大部分はへい死している様子が確認され、着底行動を確認することができなかった（図 1, 2）。室内実験において、20%海水（塩分 6.4）では、ハマグリ稚貝の生残率は 5～7.5% と極めて低いことから（沼口・田中 1987）、塩分 7.5 以下の低い塩分環境は、ハマグリの生息には不適であると考えられた。

種苗生産における着底期の大量へい死は様々な種で共通する課題となっており（萱場 2005、兼松 2020）、ハマグリ種苗生産においても着底期に大量へい死が報告されている（千葉県水産総合研究センター 2009a, b, 2011）。特に浮遊期を有する底生生物の着底に際しては、生態学的変化のみならず、生理・形態的变化を伴うため、飼育環境においても円滑かつ速やかな着底が行われることがその後の生残率にも影響する可能性がある。実際、アサリの浮遊幼生期の飼育では、飼育水の塩分を D 型幼生期には 31～27（約 100～90%海水）から、着底直前に 12（約 40%海水）へと低下させることで、安定して着底稚貝を得ることができるとの報告があり（兼松 2018）、Tezuka *et al.*（2013）による着底率の高い塩分と合致する。本研究の結果では塩分 12.5 で着底率が高かったことから（図 1, 2）、ハマグリについても着底前に塩分を 12.5 に低下させることで、速やかに着底させ、安定した稚貝生産につながれる可能性がある。また、飼育区 S20 より飼育区 S15 の着底率が高かったことから（図 3）、幼生飼育期間中に段階的に塩分を下げることで低塩分に馴致され、より高い生残率が得られる可能性がある。アサリ浮遊幼生では、初期幼生では高塩分域を選択し、成長に応じて低塩分域を選択することが知られている（石田ら 2005）。ハマグリにおいても、幼生の成長・発達段階において好適な塩分域があると考えられ、それらを明らかにすることで、より合理的な飼育における塩分系列へ展開できる可能性がある。今後は、本研究の知見をもとに塩分系列を設定した飼育実験を行い、安定したハマグリ種苗生産技術の確立に発展させる必要がある。

謝 辞

採卵用親貝の採捕について、三谷漁業協同組合小林俊雄代表理事組合長および愛知県水産試験場職員各位に協力頂いた。国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所廿日市拠点の手塚尚明主任研究員には、塩分条件試験の試験手法について、千葉県水産技術センター東京湾研究所の小林豊上席研究主任には、幼生飼育および試験手法について、ご助言を頂いた。各氏に心からお礼申し上げる。なお、本研究は水産庁委託事業「さけ・ます等栽培対象資源対策事業（二枚貝）」の一環として実施した。

文 献

- 千野邦彦(2009)8章 河口部における二枚貝の生息環境とその保全。「アサリと流域圏環境—伊勢湾・三河湾での事例を中心として」(生田和正・日向野純也・桑原久美・辻本哲郎編),恒星社厚生閣,東京,pp.115-126.
- 千葉県水産総合研究センター(2009a)ハマグリ漁業振興対策事業.平成21年度業務年報,47-48.
- 千葉県水産総合研究センター(2009b)内湾貝類種苗生産技術開発事業.平成21年度業務年報,50-51.
- 千葉県水産総合研究センター(2011)内湾貝類種苗生産技術開発事業.平成23年度業務年報,130-131.
- Devakie M.N, Ali A.B (2000) Salinity-temperature and nutritional effects on the setting rate of larvae of the tropical oyster, *Crassostrea iredalei* (Faustino). *Aquaculture*, **184**, 105-114.
- 道津光生・木下秀明(1988)ハマグリのお卵・幼生および稚貝の高温耐性.海洋生物環境研究所研究報告,**9**,1-23.
- 服部克也・岩田靖宏・中嶋康生・甲斐正信・石元伸一・石田俊朗・大島寛俊(2019)三河湾・蒲郡地先干潟のシオフキ,カガミガイ,マテガイ,バカガイ,ハマグリ及びアサリの生息量.愛知県水産試験場研究報告,**24**,26-34.
- 逸見泰久(2009)5章 日本各地におけるハマグリ現状。「肥後ハマグリ」の資源管理とブランド化」(内野明徳編).成文堂,熊本,pp.123-153.
- Henmi Y, Kobayashi S, Yamaguchi J, Hashiguchi M (2014) Recruitment and movement of the hard clam *Meretrix lusoria* in a tidal river of northern Kyushu, Japan. *Fish. Sci.*, **80**, 705-714.
- 日比野学・下村友季(2020)水産系モニタリングデータの収集と利活用.海洋と生物,**42**,49-55.
- 日向野純也・安永義暢(1990)チョウセンハマグリ浮遊幼生の遊泳行動に関する基礎的研究.水産工学研究所研究報告,**11**,43-51.
- 池松 弥・松本 直(1956)沈着初期アサリの低比重並びに高温に対する対抗力.有明海研究報告,**3**,16-23.
- 石田雅俊(1978)ハマグリ種苗生産技術研究第II報.昭和51年度福岡県豊前水試研究業務報告,15-22.
- 石田基雄・小笠原桃子・村上知里・桃井幹夫・市川哲也・鈴木輝明(2005)アサリ浮遊幼生の成長に伴う塩分選択行動特性の変化と鉛直移動様式再現モデル.水産海洋研究,**69**,73-82.
- 岩田靖宏・柴田晋作・服部克也(2019)三河湾・蒲郡地先干潟に生息するハマグリに見られた肥満度の季節変化.愛知水試研報,**24**,22-23.
- 上城義信・幡手格一・安東生雄(1978)ハマグリ人工採苗と稚貝の飼育.栽培技研,**7**,39-50.
- 兼松正衛(2018)人工種苗生産技術の開発と生産コストのシミュレーション.月刊養殖ビジネス,**701**,14-17.
- 兼松正衛(2020)魚屋が取り組んだ海産二枚貝類種苗生産技術開発の考え方.豊かな海,**52**,30-34.
- 河合 博・関 政夫(1979)ハマグリ種苗生産についてI.昭和52年度三重県伊勢湾水試年報,82-87.
- 萱場隆昭(2005)北海道におけるマツカワ種苗生産研究。「北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状」.北海道立水産試験場,北海道,pp.4-35.
- 熊本県水産研究センター(2013)熊本県ハマグリ資源管理マニュアル.熊本県水産研究センター,熊本,pp.1-22.
- 牧野 直・小林 豊・深山義文(2016)ハマグリ種苗生産における浮遊幼生期の飼育条件について.千葉水試研報,**10**,7-13.
- 牧野 直・小林 豊・深山義文(2017)ハマグリ種苗生産における着底期以降の稚貝飼育条件.千葉水試研報,**11**,23-29.
- 中畑勝見・水野祐輔・落合 昇(1994)重要貝類生産安定化対策事業ハマグリ生産安定化試験.平成5年度三重県水産技術センター事業報告,151-153.
- 中村幹雄・安木 茂・高橋文子・品川 明・中尾 繁(1996)ヤマトシジミの塩分耐性.水産増殖,**44**,31-35.
- 西沢 正・日向野純也・田口浩一・伊藤 覚(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.日本水産工学会誌,**32**,137-143.
- Numaguchi K (1997) A preliminary trial to induce maturity and spawning of the common oriental clam *Meretrix lusoria* out of spawning season. *J. World. Aquac. Soc.*, **28**, 118-120.
- 沼口勝之・田中彌太郎(1987)ハマグリ初期稚貝の成長におよぼす水温および塩分の影響.養殖研報,**11**,35-40.
- 岡本俊治・日比野学・荒川純平・黒田伸郎(2011)矢作川河口におけるアサリ稚貝資源の動向.愛知県水産試験場研究報告,**16**,1-8.
- 相良順一郎(1958)ハマグリ発生初期における適温適比重について.東海水研報,**22**,27-32.
- Tezuka N, Kanematsu M, Asami K, Sakiyama K, Hamaguchi M, Usuki H (2013) Effect of salinity and substrate grain size on larval settlement of the asari clam (Manila clam, *Ruditapes philippinarum*). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **439**, 108-112.
- Thiyagarajan V, Harder T, Quian P.Y (2003) Combined effects of temperature and salinity on larval development and attachment of the subtidal barnacle *Balanus trigonus* Darwin. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **287**, 223-236.
- 山下博由・佐藤慎一・金敬源・逸見泰久・長田英己・山本茂雄・池口明子・水間八重・名和 純・高島 麗(2004)沈黙の干潟—ハマグリを通して見るアジアの海と食の未来.高木基金助成報告書,**1**,85-92.