

数値シミュレーションを用いた博多湾と有明海におけるアサリ浮遊幼生の挙動の解析

横山 佳裕*

1 はじめに

博多湾において、アサリは重要な水産資源であり、その生息場は潮干狩りをはじめ、自然と人が共生できる親水空間として重要な位置を占めている。また、有明海においても重要な水産資源であるアサリの漁獲量は、近年減少しており、アサリ資源の維持や生息場保全の取り組みがなされている¹⁾。

アサリを保全する上では、生活史(図1)を考慮した再生産機構を明らかにすることが重要である。その中でも生涯で唯一大きな移動能力を持つ期間の浮遊幼生の挙動を把握することは、アサリ資源の形成や生息場保全のための重要な要素の一つである²⁾。また、干潟域のアサリ資源の形成・維持には、浮遊幼生が絶えず大量に供給される必要があるため、各生息場への浮遊幼生の供給の繋がりを把握することが重要である³⁻⁵⁾。

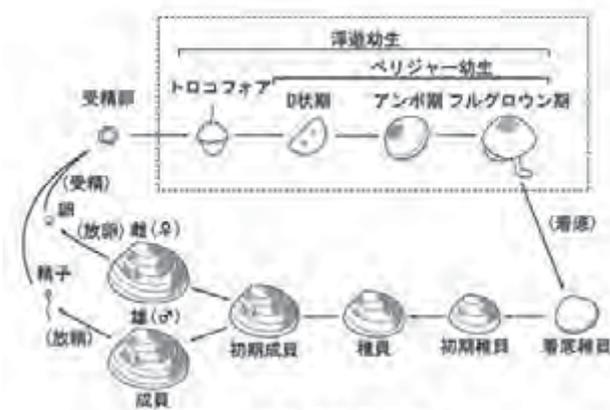


図1 アサリ的生活史⁶⁾

そのため、本研究ではアサリの保全のための基礎研究として、海水の流れや滞留時間などの海域特性が異なる博多湾と有明海を対象に、浮遊幼生の挙動

の数値シミュレーションを行い、季節間や海域間の違いなどについて検討した。

2 シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルは、海水の流れを表現する流動モデルとアサリの浮遊幼生を追跡する物質輸送モデルで構成される。

博多湾と有明海の計算範囲はそれぞれ、博多湾と玄界灘を含む範囲(図3)⁷⁾、および有明海と有明海と橘湾を含む範囲(図4)⁸⁾とした。水平方向の格子分割は博多湾が300m×300m、有明海が2,000m×2,000mとし、鉛直方向の層分割はそれぞれ15層、14層とした。

流動モデルは運動方程式と連続方程式、熱収支式、塩分収支式、海水密度と水温・塩分を関連づける状態方程式⁹⁾による鉛直多層レベルモデルを用いた。物質輸送モデルにはアサリの浮遊幼生を粒子に見立て、Yanagi *et al.*¹⁰⁾のEuler-Lagrange手法のモデルに幼生の生態特性を組み込んだ。幼生の生態特性には、①浮遊幼生の成長¹¹⁾、②成長段階毎に異なる好適塩分選択による鉛直移動¹²⁾、③フルグロウン期

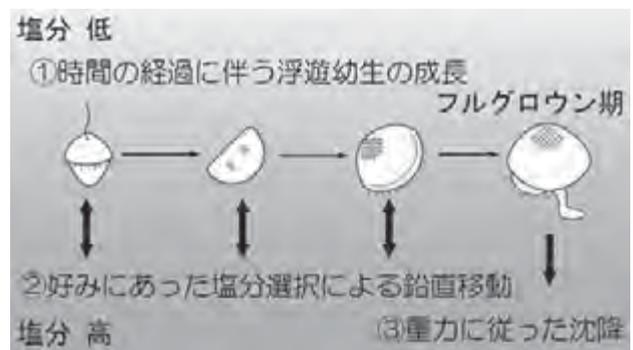


図2 アサリの浮遊幼生の生態特性

* (財)九州環境管理協会 環境部 環境技術課 主任研究員



図3 博多湾の計算範囲と計算格子, アサリ生息場

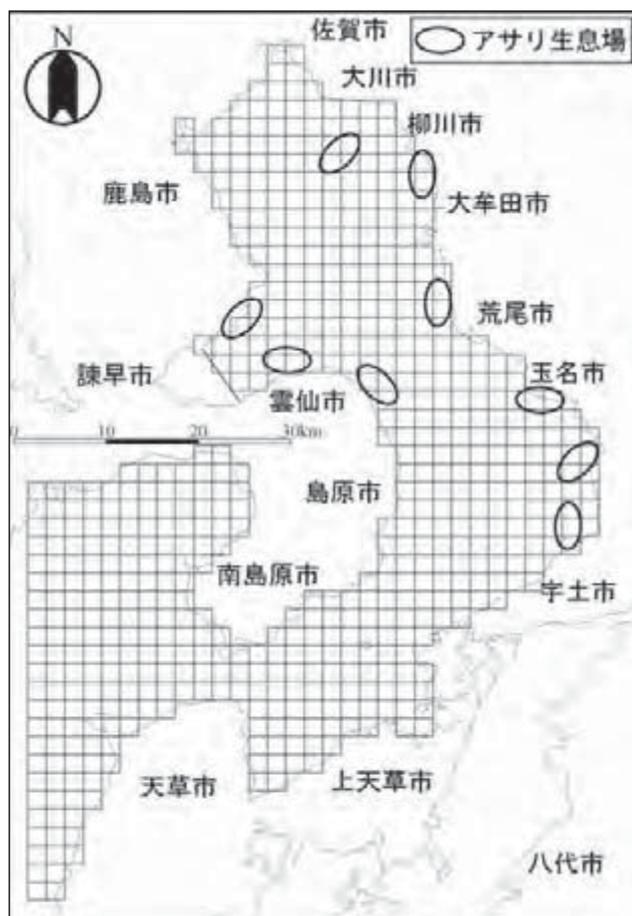


図4 有明海の計算範囲と計算格子, アサリ生息場

での沈降^{13,14)}を考慮した(図2)。

計算対象時期は2002年の5月(春季, 平水時)と7月(夏季, 出水時)とした。アサリは, 大潮期において, 図3, 図4に示したアサリの生息場^{15,16)}よりそれぞれ同数の幼生が産まれることとした。

3 アサリ浮遊幼生の挙動と着底場所の分布

3.1 浮遊幼生の水中での挙動

(1) 博多湾における季節などの違いによる幼生の挙動の比較

博多湾において, 春季(平水時)と夏季(出水時)に各産卵場所より産まれたアサリ浮遊幼生の水中の分布の経日変化をそれぞれ図5, 図6に示す。

春季(平水時)のアサリ浮遊幼生は産卵開始後20日以降に海底に着底し始めたため, 25日目になると水中の幼生は20日目に比べて疎な分布となり, 30日目には全ての幼生が海底へ着底もしくは湾外へ流出した。一方, 夏季(出水時)では春季に比べて成長速度が速く, 出水に伴う湾奥部から湾口への海水表層の流れが速くなるため, 海底へ着底したり, 湾

【産卵開始後 5 日目】



【産卵開始後 10 日目】



【産卵開始後 15 日目】



【産卵開始後 20 日目】



【産卵開始後 25 日目】



(今津・能古・室見産まれ)

(西戸崎・海の中道・多々良川産まれ)

(和白・御島産まれ)

図 5 春季（平水時）の博多湾におけるアサリ浮遊幼生の水中の分布状況

外へ流出することにより産卵後 15 日目には分布が疎になり、20 日目には湾内に幼生がほとんどみられなくなった。

平水時と出水時の幼生の分布状況を比較すると、博多湾西側海域に位置する今津や能古、室見で産まれた浮遊幼生は、平水時には大半が能古島南側から

西側を経て、湾口部へ向かう流れにより、能古島西側から北側に拡散している。一方、出水時には河川水の流出に伴い能古島東側から湾口部へ向かう海水の流れが強くなるため、能古や室見で産まれた浮遊幼生は能古島東側から北側に拡散している。

湾央・湾奥海域にある西戸崎や海の中道、多々良

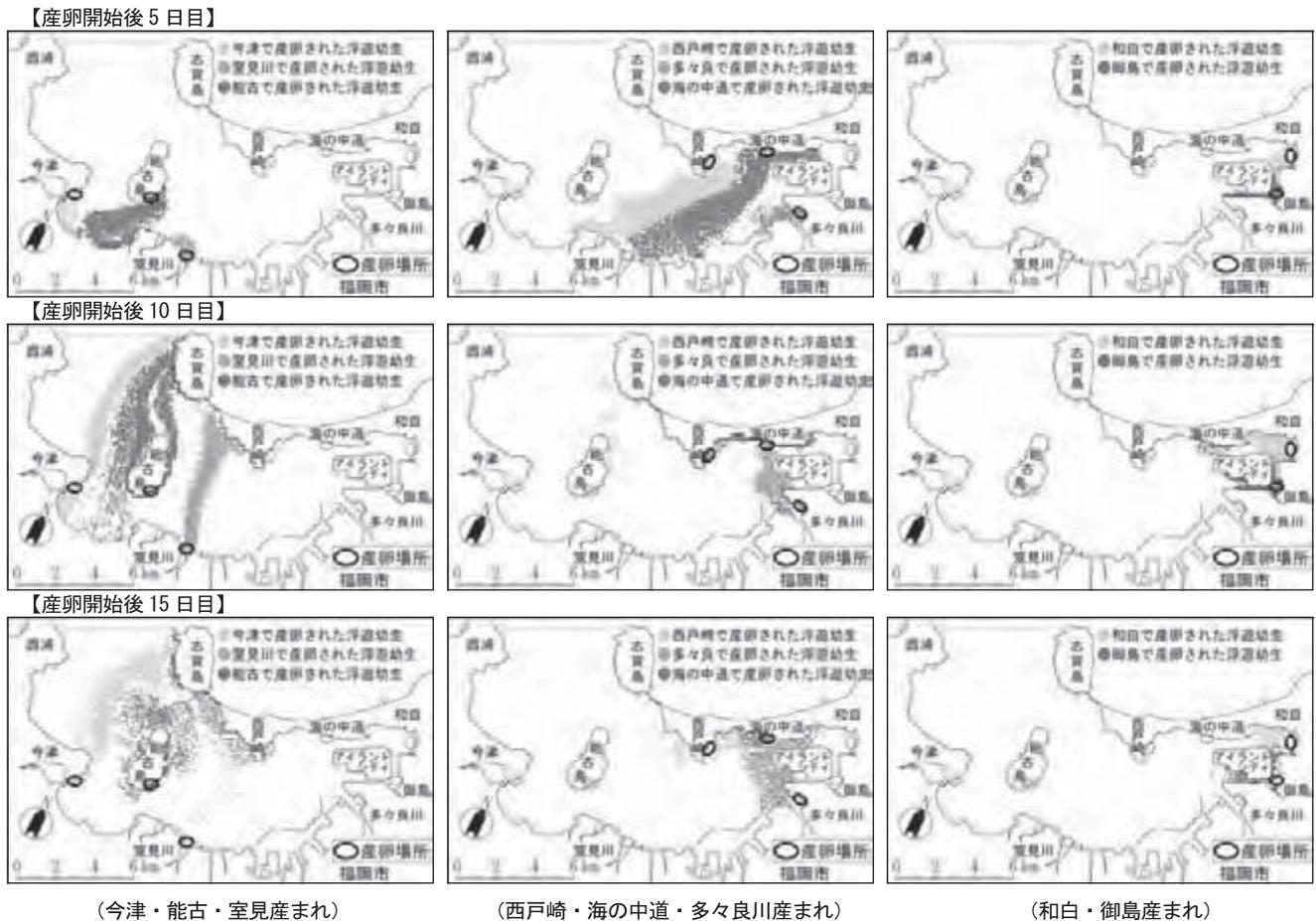


図 6 夏季（出水時）の博多湾におけるアサリ浮遊幼生の水中の分布状況

川で産まれた浮遊幼生をみると、平水時の西戸崎産は能古島と西戸崎の間を流し、25日目には下げ潮に伴って能古島西側に移送される。海の中道産は湾中央部へ移動し、20日目を過ぎると、能古島東側から湾口部に向かって移送される幼生と、能古島南側を通過して西側から湾口部に移送される幼生の2種類に分れる。多々良川産の幼生は、河口から湾中央部までの沿岸に拡散している。出水時には、西戸崎産と海の中道産の浮遊幼生は産卵開始後5日目に、湾中央部へ拡散した後、出水に伴う能古島東側から湾口部への強い海水の流れにより、能古島東側から北側に拡散している。多々良川産の浮遊幼生は、5日目には湾奥・湾中央沿岸部に広がるが、多々良川からの出水により、アイランドシティ西側からアイランドシティ背後域の和白への流れが強くなるため、海の中道およびアイランドシティ北側付近に拡散している。

アイランドシティ背後域にある和白で産まれた浮

遊幼生は、平水時と出水時ともにアイランドシティ周辺に拡散している。御島産は平水時、出水時ともにアイランドシティ南側から西側に浮遊し、出水時には幼生の一部が多々良川からの出水に伴うアイランドシティ西側から和白への海水の流れにより、アイランドシティ北側水路周辺に拡散している。

このように、博多湾における各産卵場所から産まれた浮遊幼生は、各産卵場所周辺の流れや出水に伴う海水表層の流れの変化により、湾内を移送される経路と分布の特徴が異なっている。

(2) 博多湾と有明海との海域特性の違いによる出水時における幼生の挙動の比較

有明海において、夏季（出水時）に各産卵場所より産まれた浮遊幼生の分布の経日変化を図7に示す。

博多湾における出水時の浮遊幼生の分布状況（図6）と有明海における幼生の分布状況を比較すると、博多湾では産卵開始後20日目には湾内に浮遊幼生が

【産卵開始後 5 日目】



【産卵開始後 10 日目】



【産卵開始後 15 日目】



(筑後川河口・柳川沖・荒尾沖産まれ)

(小長井・瑞穂・土黒産まれ)

(菊池川河口・白川河口・緑川河口産まれ)

図 7 夏季（出水時）の有明海におけるアサリ浮遊幼生の水中の分布状況

ほとんどみられなかったが、有明海の滞留時間は博多湾よりも長いため、有明海では産卵開始後 25 日が経っても幼生が浮遊しており、産卵後 30 日目になってから、幼生が海底へ着底もしくは湾外へ流出した。

また、博多湾では湾奥部から湾口部へ向かう流れに沿って浮遊幼生が各産卵場所より湾口部へ移動しているが、有明海では湾中央部東側にある荒尾沖、菊

池川河口、白川河口で産まれた浮遊幼生がそれぞれ湾奥部にある柳川沖や湾中央部の荒尾沖、菊池川河口へと移送される。また、筑後川河口産の幼生の一部は、諫早湾周辺の小長井や瑞穂、土黒へ拡散している。湾中央部南東部にある緑川河口産は、海水の流れに沿って湾口部へ拡散している。有明海では、湾中央部東側から湾奥部へ向かい、湾奥部の筑後川河口から諫早

【産卵開始後 20 日目】



【産卵開始後 25 日目】



(筑後川河口・柳川沖・荒尾沖産まれ)

(小長井・瑞穂・土黒産まれ)

(菊池川河口・白川河口・緑川河口産まれ)

図 7 (つづき) 夏季(出水時)の有明海におけるアサリ浮遊幼生の水中の分布状況

湾を通過して、島原半島沿いに湾口部へ向かう反時計回りの流れとなる。そのため、博多湾での浮遊幼生は湾奥部から湾口部へ向かう動きとなるが、有明海では湾中央部東側にある浮遊幼生が北側にある湾奥・湾中央部の産卵場所へ移送されると考えられる。

このように、浮遊幼生の水中での挙動は、博多湾と有明海のような海域の規模や河川からの淡水の供給量などによって異なっている。また、有明海のような大きな海域になると、湾内でも海岸地形や河川からの淡水の供給量など、各産卵場所での海域の条件に応じて、浮遊幼生の挙動が異なっている。

3.2 アサリ浮遊幼生の着底場所の分布

(1) 博多湾における季節などの違いによる着底分布の比較

博多湾において、春季(平水時)と夏季(出水時)

にアサリ浮遊幼生が海底に着底した場所の分布を産卵場所別に図 8, 図 9 にそれぞれ示す。着底場所の位置は、幼生が海水中を移送されながら、着底できる大きさ(フルグロウン期: $180 \mu\text{m}$)⁶⁾まで成長したのち、海底に沈降した場所を示している。

平水時における浮遊幼生の着底場所の分布をみると、今津で生まれた幼生は、今津から湾口部にかけて着底している。能古や室見川で生まれた幼生は、産卵した場所だけでなく、能古や今津周辺まで着底域が広がっている。西戸崎・海の中道生まれの幼生は、海水の流れに伴い湾内に広く拡散するため、西側海域の能古や室見川周辺までの範囲に着底している。多々良川産は河口から湾中央部までの沿岸に、和白産はアイランドシティ北側から御島にかけて、御島産は御島からアイランドシティ南側、湾中央部にほとんどが着底している。

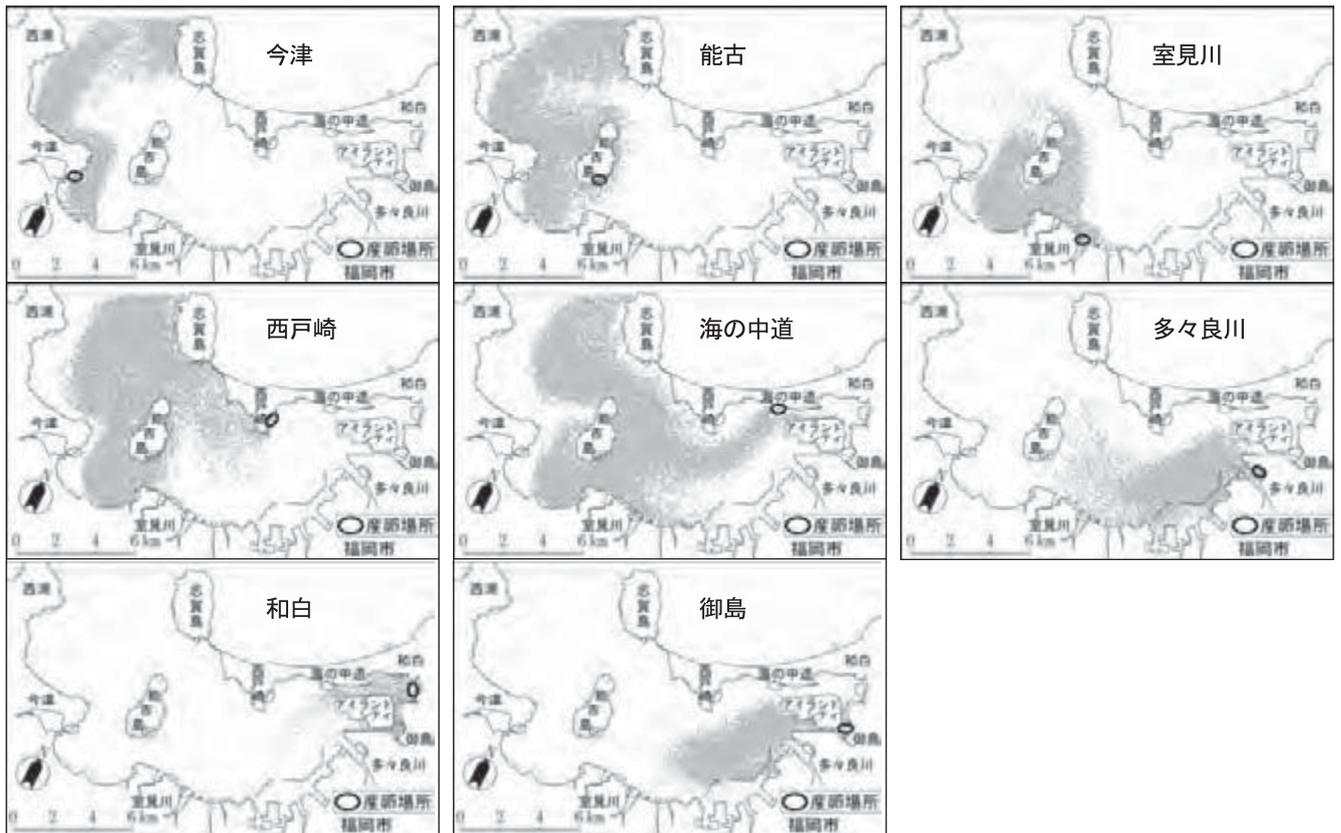


図8 春季（平水時）の博多湾におけるアサリ浮遊幼生の着底場所の分布

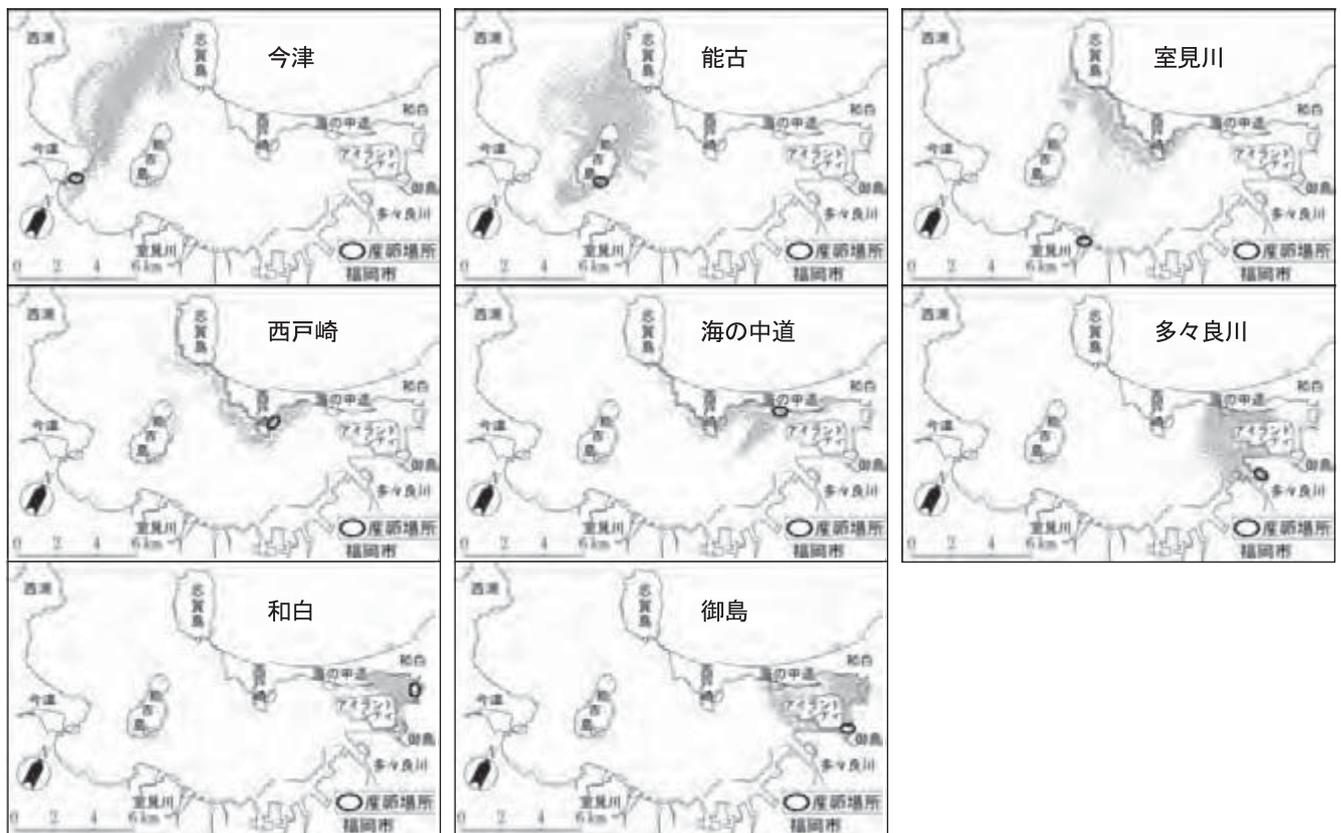


図9 夏季（出水時）の博多湾におけるアサリ浮遊幼生の着底場所の分布

出水時の博多湾の西側および湾中央海域にあるアサリ産卵場で生まれた幼生は、能古島東側から北側に

着底している。出水に伴う湾外へ流れる海水表層の強い流れにより、多くの幼生が湾外へ流出するため、

着底する数は平水時と比べて少ない。多々良川産まれの幼生は、海の中道やアイランドシティ北側の水路付近に多く着底している。和白産の幼生は出水に伴い多々良川からアイランドシティ西側を経て、和白へ向かう流れが強くなるため、着底場所が和白や御島周辺に限られる。御島産はアイランドシティアイランドシティ西側へ拡散した後、海の中道付近へ拡散するため、平水時には着底があまりみられなかった海の中道付近に多く着底している。

各産卵場で産まれた幼生は、流れによって拡散しながら、沈降・着底した後、着底した場所がアサリ生息場に適した場合に、生残・成長すると考えられる。また、出水時には、河川からの淡水供給量の増加に伴い、湾奥部から湾口部への海水表層の流れが強くなり、湾内での滞留時間が短くなることにより、アサリが平水時と同じ数の幼生を産んでも、湾内で着底する幼生の数は平水時に比べて少ない。

降雨に伴う出水が少ない春季や秋季に産まれた幼生は出水時よりも稚貝の着底率が高いことから、アサリの資源量は、春季や秋季の平水時の幼生の着底および着底後の成長・生残の状況により、変動すると推察される。このため、アサリ資源の形成・維持には、多くの数が着底できる春季・秋季産まれの稚貝の成長・生残を高める生息場の保全が重要になる。さらに、湾内の各産卵場所から産まれた幼生の着底状況より、湾中央海域のアサリ生息場を保全させ、資源量を増加させることにより、西側海域への幼生の供給量が増え、アサリ資源の形成に繋がることが予想される。

(2) 博多湾と有明海との海域特性の違いによる出水時における着底分布の比較

有明海において、夏季（出水時）のアサリ浮遊幼生の着底場所の分布を産卵場所別に図10に示す。

筑後川河口沖で産まれた浮遊幼生は、湾奥部西側海域沿岸部に広く着底し、一部が諫早湾内にも着底している。柳川沖産まれの幼生は、産卵場所近傍のみ着底するが、荒尾沖産は産卵場所の南北に広く着底し、一部は産卵場所の北に位置する柳川沖に着底

する。菊池川河口産まれの幼生も北にある荒尾沖に、白川河口産も北にある菊池川河口に着底している。このことから、有明海東側湾中央沿岸部のアサリ資源量を増やすことにより、湾奥部のアサリ生息場への幼生供給量が増え、湾奥部のアサリ資源の増加の一助となることが期待される。

諫早湾周辺では湾の北に位置する小長井産の幼生が湾南にある瑞穂へ、瑞穂・土黒産まれの幼生は、両産卵場所へお互いに幼生を供給する状況が伺える。

博多湾では海水表層の流れに伴い、湾奥部から湾口部へ拡散しながら成長し、一部が他の産卵場所へ供給される。一方、博多湾と海域の流況特性が異なる有明海では、湾中央部から湾奥部への幼生の供給や近傍の産卵場所間に互いに幼生を供給するなど、各産卵場所において浮遊幼生の供給特性が異なる状況がみられた。

4 まとめ

数値シミュレーションを用いて、海水の流れや滞留時間などの海域特性が異なる博多湾と有明海を対象に季節間や海域間の浮遊幼生の挙動の違いなどを解析した結果、以下のことがわかった。

- ①博多湾の各産卵場から産まれた浮遊幼生は、産卵場周辺の流れや出水に伴う海水表層の流れの変化により、博多湾内を移送される経路および分布の特徴が異なり、出水時には平水時と比べ多くの浮遊幼生が湾外へ流出し、各生息場へ供給される幼生の数は減少する。
- ②博多湾では、出水が少ない春季や秋季に産まれた幼生の着定や着底後の成長・生残の状況により、アサリ資源量が変動すると考えられる。
- ③アサリ資源の形成・維持のためには、春季・秋季産まれの稚貝の成長・生残を高める生息場の保全が重要である。博多湾中央海域のアサリ生息場を保全し、資源量を増加させることにより、西側海域への幼生の供給量が増え、アサリ資源の形成に繋がることができると推察された。
- ④博多湾では、海水表層の流れに伴い、湾奥部から湾口部へ向かう流れに沿って、浮遊幼生が分

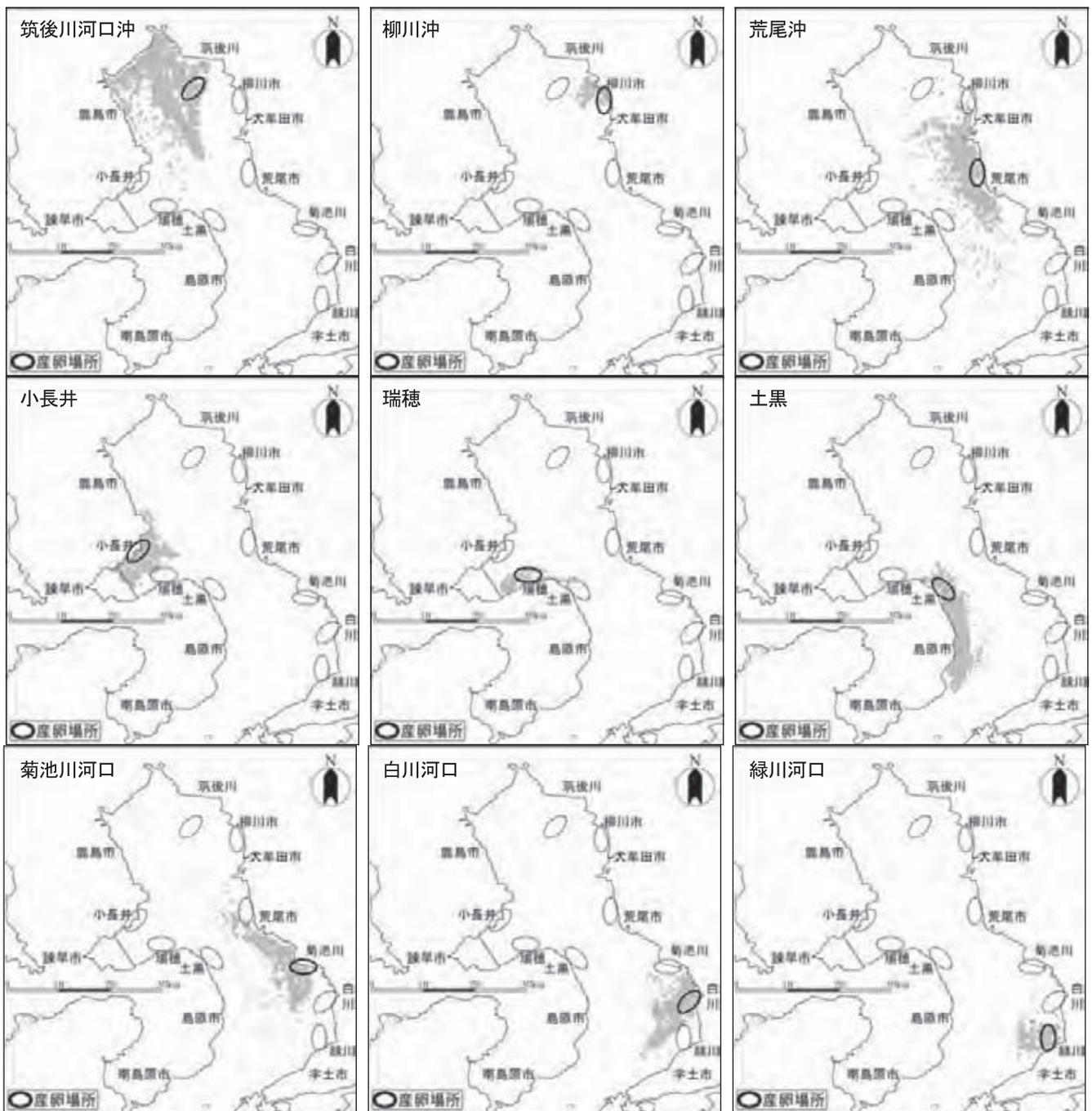


図 10 夏季（出水時）の有明海におけるアサリ浮遊幼生の着底場所の分布

布するが、有明海では反時計回りの環流の流れにより、湾中央部東側にある熊本県沖の幼生が湾奥部の生息場へ供給され、着底する状況がみられた。

⑤有明海では、熊本県沖のアサリ資源の増加が、湾奥部へのアサリ幼生の供給量の増加に繋がり、湾奥部のアサリ資源の増加への一助になることが示唆された。

5 おわりに

本報告は、沿岸域生態系の解明と適正な栄養塩等の管理を目的として、当協会が研究費を用いて実施した研究会の成果の一部をとりまとめたものである。今後も海域の生態系や漁業資源の保全に向けた研究を継続していく予定である。

参考文献

1) 農林水産省 有明海ノリ不作等対策関係調査検

- 討委員会（2003）最終報告書－有明海の漁業と環境の再生を願って，水産庁ホームページ。
- 2) 石田基雄（2006）アサリ浮遊幼生の成長に伴う鉛直移動特性の変化－水温，塩分が一樣な水柱における浮遊幼生の挙動－，愛知県水産試験場研究報告，Vol.12，pp.41-43.
 - 3) 浜口昌巳（2004）本邦沿岸のアサリ資源の減少とその原因解明に向けた取組み，水産海洋研究，Vol.68，No.5，pp.165-188.
 - 4) アサリ資源全国協議会提言検討委員会（2006）「国産アサリの復活に向けて」の提言，p.17，水産庁ホームページ。
 - 5) 水産庁，（社）マリノフォーラム 21（2007）砂質干潟の健全度評価マニュアル，29pp.，（社）マリノフォーラム 21 ホームページ。
 - 6) 増殖場造成計画指針編集委員会（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），316pp.，（社）全国沿岸漁業振興協会。
 - 7) 横山佳裕，藤井暁彦，中嶋雅孝，内田唯史，中西弘（2009）博多湾におけるアサリ浮遊幼生の着底挙動の数値シミュレーション，環境工学研究論文集，Vol.46，pp.605-611.
 - 8) 横山佳裕，中嶋雅孝，藤井暁彦，内田唯史，中西弘（2008）有明海における河川由来懸濁粒子の堆積挙動の推定方法，水環境学会誌，Vol.31，No.3，pp.163-167.
 - 9) 気象庁（1999）海洋観測指針（第1部），pp.167-169，（財）気象業務支援センター。
 - 10) Yanagi, T., Tsukamoto, H., Inoue, H. and Okaichi, T. (1983) Numerical simulation of drift cards dispersion, *La mer.*, Vol.21, pp.218-224.
 - 11) 粕谷智之，浜口昌己，古川恵太，日向博文（2003）秋季東京湾におけるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) 浮遊幼生の出現密度の時空間変動，国土技術政策総合研究所 研究報告，No.12，12pp.。
 - 12) 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，Vol.69，No.2，pp.73-82.
 - 13) （社）土木学会（1999）水理公式集－平成11年版－（土木学会水理委員会編），pp.386-389，（株）丸善。
 - 14) 道山晶子，山本聡，藤井暁彦（2006）アサリ着底稚貝の分析手法と和白干潟における分布状況，2006年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集，p.25.
 - 15) 環境省 有明海・八代海総合評価委員会（2006）委員会報告，p.48，環境省ホームページ。
 - 16) 福岡市環境局（2008）博多湾環境保全計画，p.6，福岡市環境局ホームページ。