

## (71) 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

横山 佳裕<sup>1\*</sup>・藤井 暁彦<sup>1</sup>・中嶋 雅孝<sup>1</sup>・内田 唯史<sup>1</sup>・中西 弘<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (財)九州環境管理協会 環境部 (〒813-0004 福岡県福岡市東区松香台1-10-1)

<sup>2</sup> 山口大学名誉教授 (〒759-0206 山口県宇部市東須恵987-18)

\* E-mail: yokoyama@keea.or.jp

博多湾におけるアサリ保全のため、水中における浮遊幼生の移送及び海底に着底する挙動を数値シミュレーションにより解析した。現地観測データによるシミュレーションの再現性は検証していないが、シミュレーション結果は湾奥部の海域で確認された二枚貝類幼生の鉛直分布の特徴を概ね捉えていると考えられた。博多湾では、低塩分を好む浮遊幼生は表層を浮遊し、湾奥部から湾口部に向かう流れにより、湾内に広く拡散していることが推察された。また、浮遊幼生は産卵場所の違いにより、湾内の拡散状況や着底分布に違いがみられ、室見川や能古で産まれた浮遊幼生は今津などの周辺の生息場に、西戸崎や海の中道で産まれた浮遊幼生は湾内を広い範囲に拡散し、西側海域の生息場に着底できることが推定された。

**Key Words :** Manila clam, planktonic larvae, behavior, Euler-Lagrange model, Hakata Bay

### 1. はじめに

博多湾は、干潟や浅海域を有し、多くの野鳥が飛来する多様な生物の生息空間となっている。福岡市では、この博多湾において、平成20年1月に「博多湾環境保全計画」を策定し、多様な生物が生活史を通じて保全されることを将来像にしている<sup>1)</sup>。この計画で身近な水産漁業資源に例示されているアサリは、和臼干潟や室見川河口等に生息し、毎年、潮干狩りに訪れる多くの市民の憩いの場となっている<sup>1,2)</sup>。このため、博多湾におけるアサリの保全は、市民と自然との共生の場の確保、水産漁業資源の保全の観点から重要である<sup>1,3,4)</sup>。

しかし、博多湾におけるアサリの生活史を通じた再生産機構は明らかではなく、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生息場を保全するための重要な要素の一つである<sup>5)</sup>。また、湾内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、各生息場へ浮遊幼生を供給できる場所の特定や生息場間での浮遊幼生の供給の繋がりを明らかにすることが重要である<sup>6,8)</sup>。

本研究では、アサリ保全の基礎研究として、懸濁粒子の挙動を推定したモデル<sup>8,10)</sup>を応用し、アサリ浮遊幼生が水中で移送され、海底に着底する挙動を解析した。

### 2. 数値シミュレーションの内容

#### (1) モデルの概要

シミュレーションモデルは、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。計算範囲は博多湾と玄界灘を含む範囲であり、水平方向の格子分割は図-1に示すように300 m×300 mとした。鉛直方向の層分割は15層(第1層:平均水面下1.5 m以浅,第2~8層:層厚0.5 m,第9~11層:層厚1.0 m,第12,13層:層厚2.0 m,第14層:層厚2.5 m,第15層:第14層以深)とした。

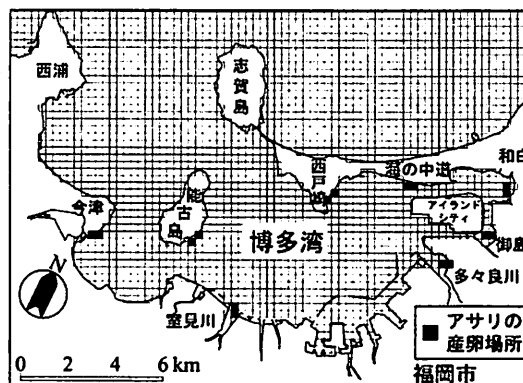


図-1 計算格子及びアサリの産卵場所の位置

## (2) モデルの基礎式

### a) 流動モデル

流動モデルは、既存の博多湾水一底質相互作用モデル<sup>11-13)</sup>を用いた。このモデルは、鉛直方向にBoussinesq近似を仮定して層別に積分した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<sup>14)</sup>による鉛直多層レベルモデルである。モデルの離散化は、時間項が前進差分、移流項と拡散項は風上差分と中央差分の有限差分スキームを用いた。流れ場の陸域・海域の境界面はNon-Slip条件を適用し、海底面摩擦と水面の風応力は次式より計算した。

$$(\tau_{x,b}, \tau_{y,b}) = (\rho_0 \gamma_b^2 u_b \sqrt{u_b^2 + v_b^2}, \rho_0 \gamma_b^2 v_b \sqrt{u_b^2 + v_b^2}) \quad (1)$$

$$(\tau_{x,s}, \tau_{y,s}) = (\rho_a \gamma_a^2 W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}, \rho_a \gamma_a^2 W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}) \quad (2)$$

ここで、 $x, y$ : 水平方向座標、 $\tau_{x,b}, \tau_{y,b}$ :  $x, y$ 方向の海底面の摩擦応力 [ $N \cdot m^{-2}$ ]、 $u_b, v_b$ : 海底面の流速 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $\tau_{x,s}, \tau_{y,s}$ : 水面の風応力 [ $N \cdot m^{-2}$ ]、 $\gamma_a^2$ : 海面摩擦係数 [-]、 $\rho_a$ : 空気密度 [ $kg \cdot m^{-3}$ ]、 $W_x, W_y$ : 風速 [ $m \cdot s^{-1}$ ]である。

開境界では主要4分潮 ( $M_2, S_2, O_1, K_1$ ) と  $K_2, N_2, P_1, Q_1, M_4$ 、MS<sub>4</sub>分潮の10分潮の潮位振幅を与えた。

### b) 物質輸送モデル

物質輸送モデルは、アサリ浮遊幼生を粒子に見立て、(3)~(5)式を基礎式とするYanagi *et al.*<sup>15)</sup>のEuler-Lagrange手法のモデルに浮遊幼生の鉛直移動特性を組み込んだ。

$$X_{n+1} = X_n + u \Delta t + \nabla u U \Delta t^2 + R_x \quad (3)$$

$$Y_{n+1} = Y_n + v \Delta t + \nabla v U \Delta t^2 + R_y \quad (4)$$

$$Z_{n+1} = Z_n + w + V_m + d + R_z \quad (5)$$

ここで、 $X, Y, Z$ : 粒子の $x, y, z$ 方向の位置座標、 $n$ : 時刻、 $u, v, w$ :  $x, y, z$ 方向の流速 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $U$ : 流速ベクトル [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $V_m$ : 浮遊幼生の鉛直移動速度 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $d$ : 沈降速度 [ $m \cdot s^{-1}$ ]である。  $\nabla$ は微分演算子、 $\Delta t$ は時間刻みであり、 $R_x, R_y, R_z$ は拡散項を示す。

浮遊幼生の鉛直移動速度は、塩分選択による移動と塩分に依存しない自由移動をモデル化した(6)式を用いた<sup>16)</sup>。

$$V_m = W_{salt} + \alpha (W_{max} - |W_{salt}|) \\ W_{salt} = \beta \cdot W_{max} \cdot \tanh[k(salt - salt_{base})] \\ W_{max} = 0.00016t_{pown} + 0.00038 \quad (6)$$

ここで、 $W_{salt}$ : 塩分の選択移動速度 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $W_{max}$ : 最大移動速度 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $\alpha, \beta$ : 一様乱数 ( $-1 < \alpha < 1, 0 \leq \beta \leq$

1) [-]、 $salt$ : 幼生が浮遊する位置の塩分 [-]、 $salt_{base}$ : 幼生の選択塩分濃度 [-]、 $k$ : 塩分差に対する応答の鋭敏さを規定する定数 ( $k=0.25$ ) [d]、 $t_{pown}$ : 幼生の産卵後の経過時間 [d]である。 $salt_{base}$ は表-1に示すように、各成長段階でそれぞれ与えた。表中の $\gamma$ は個体差を考慮するための塩分偏差であり、一様乱数 ( $-2 \leq \gamma \leq 2$ ) により与えた。 $salt_{base}$ が29.0 +  $\gamma$ から22.0 +  $\gamma$ に移行する時期 $T_0$ については、選択塩分が幼生の発育に従って順次変化するように設定し、全個体数の30%が4.5日で、残りが一様乱数 (4.5日 <  $T_0$  < 12日) により与えた期間の間に移行するとした<sup>16)</sup>。

浮遊幼生はフルグロウン期に入ると、鉛直移動を停止し、海底付近を浮遊する<sup>17)</sup>。そのため、浮遊幼生の大きさが180  $\mu m$ 未満の時は鉛直移動による移動のみを、180  $\mu m$ 以上となると、鉛直移動は行わず、沈降による移動を与えた。沈降は、流速が沈降限界流速を下回った場合のみ設定し、その速度は(7)式のStokesの式<sup>18)</sup>より与えた。沈降限界流速は(6)式のIngersol式及びCamp式<sup>19)</sup>より与えた。

$$d = \frac{1}{18} \frac{g(\rho_s - \rho)}{\mu} r^2 \quad (7)$$

$$V_c = \min(V_{ci}, V_{\alpha}) \\ V_{ci} = \frac{1}{1.2} d \sqrt{\frac{8}{\gamma_b^2}}, \quad V_{\alpha} = 1.86 \sqrt{\frac{g(\rho_s - \rho)}{\rho}} r \quad (8)$$

ここで、 $g$ : 重力加速度 [ $m \cdot s^{-2}$ ]、 $\rho_s, \rho$ : 粒子、海水の単位体積質量 [ $g \cdot m^{-3}$ ]、 $\mu$ : 粘性係数 [P]、 $r$ : 浮遊幼生の大きさ [m]、 $V_c$ : 沈降限界流速 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $V_{ci}, V_{\alpha}$ : Ingersol式及びCamp式より求めた沈降限界流速 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $d$ : 沈降速度 [ $m \cdot s^{-1}$ ]、 $\gamma_b^2$ : 海底摩擦係数 ( $= g/C^2$ ;  $C = h^{16}/0.026$ ) [-]である。幼生の単位体積質量は道山ら<sup>20)</sup>が測定した着底稚貝の単位体積質量 (13  $g \cdot cm^{-3}$ ) を用いた。浮遊幼生の大きさは、博多湾の5~6月の水温 (17~20°C)<sup>21)</sup>と同程度の時期に東京湾で求められた成長速度8.5  $\mu m \cdot d^{-1}$ <sup>22)</sup>より、10 s毎に計算した。

表-1 幼生の選択塩分濃度<sup>16)</sup>

| 時間          | 成長段階             | 塩分              |
|-------------|------------------|-----------------|
| 0~12時間      | 受精卵              | 34.0 + $\gamma$ |
| 12~40時間     | トロコフォア幼生~D状期幼生   | 21.0 + $\gamma$ |
| 40時間~ $T_0$ | D状期幼生~アンボ期幼生     | 29.0 + $\gamma$ |
| $T_0$ ~     | アンボ期幼生~フルグロウン期幼生 | 22.0 + $\gamma$ |

### (3) 計算条件

計算期間は、春の産卵期である2002年5月~6月とした。気象条件は福岡管区気象台の1時間値<sup>23)</sup>を使用した。

浮遊幼生は、図-2に示す大潮期 (5月25~27日) に潮位が平均水面以上となると<sup>24)</sup>、1分に1回、図-1に示す8箇所1箇所 (18 ha) につき80個ずつ産卵させた。

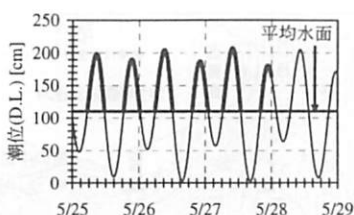


図-2 設定した産卵時間帯の潮位<sup>24)</sup>

### 3. 結果及び考察

#### (1) アサリ浮遊幼生の水中での浮遊挙動

各産卵場所より産まれたアサリ浮遊幼生の水中分布の経日変化を図-3に示す。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浮遊幼生は20日目に比べて、疎な分布となる。

【産卵開始後 5日目】



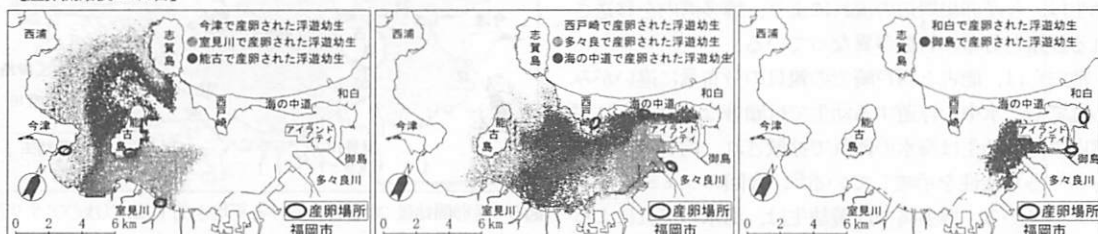
【産卵開始後 10日目】



【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・室見で産まれた浮遊幼生)

(西戸崎・海の中道・多々良で産まれた浮遊幼生)

(和臼・御島で産まれた浮遊幼生)

図-3 アサリ浮遊幼生の水中の分布状況

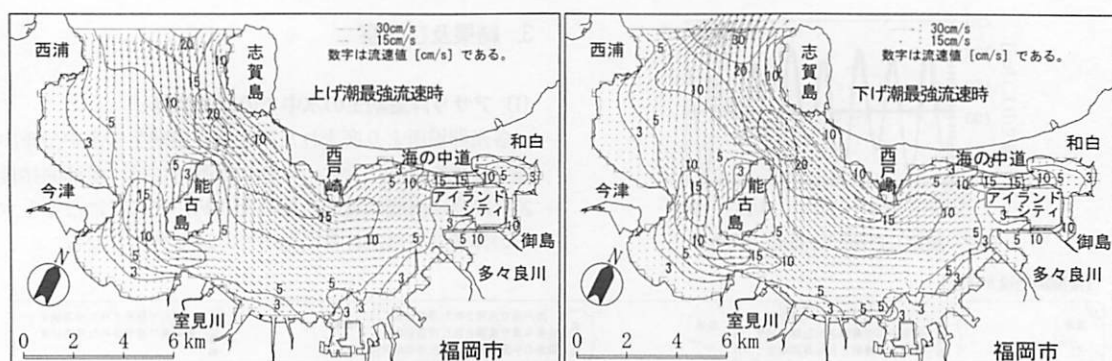


図4 平均大潮期における博多湾内の海水の流れ

博多湾の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、大半が能古島南側から西側を経て、湾口部へ向かう流れ（図4）により、能古島西側から北側に拡散している。また、産卵開始後20日目には、能古島北側に拡散した浮遊幼生が上げ潮に伴い能古島と西戸崎の間へ移送される。

湾央・湾奥海域にある西戸崎や海の中道で産まれた浮遊幼生は、湾央から湾口部に広く拡散していた。西戸崎産は、能古島と西戸崎の間の通って流出した後、25日目には下げ潮に伴って能古島西側に移送される。一方、海の中道産は、湾央部へ移動した後、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、能古島南側を通して西側から湾口部に移送される幼生の2種類がみられる。多々良川で産まれた浮遊幼生は、河口から湾央部までの沿岸に拡散している。

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、アイランドシティ周辺に拡散し、御島産は、アイランドシティ南側から西側に浮遊している。

このように、博多湾における産卵場から産まれた浮遊幼生は、各産卵場周辺の流れにより、博多湾内を移送される経路と分布の特徴が異なっている。

池内らは、能古と西戸崎での親貝の分布量に違いがみられても、水中を浮遊する幼生では顕著な差がみられず、湾内の浮遊幼生は海水の流れで拡散され、均一な密度で分布する可能性を示唆している<sup>20)</sup>。今回のシミュレーション結果から、博多湾の浮遊幼生は、海水の流れによって拡散しながら、各場所で産まれた浮遊幼生が混合し、湾全域に広く分布していることが推定された。

## (2) 塩分選択性による博多湾におけるアサリ浮遊幼生の拡散特性

浮遊幼生が最も広く分布していた産卵開始後20日目におけるアサリ浮遊幼生の分布状況を塩分の等濃度線とあわせて図-5に示す。アサリ幼生は21～29の塩分を選択するため（表-1）、シミュレーション結果では平均水面下2 m以深では塩分が高く、浮遊幼生が分布していない。

現地観測データを収集していないため、シミュレーション結果の再現性は検証していないが、湾奥部の海域ではアサリなどの二枚貝類の浮遊幼生は表層に多く出現することが確認されており<sup>20)</sup>、シミュレーション結果は、幼生の鉛直分布の特徴を概ね捉えていると考えられる。流入河川が多い湾奥部の環境基準点の塩化物イオンの値<sup>21)</sup>を塩分に換算し<sup>14)</sup>、頻度分布をとると、大きな出水がない限り、表層の塩分は28以上となっている（図-6）。博多湾は大きな河川がないため、有明海等と比べて、出水に伴う塩分低下は小さい。そのため、博多湾では、浮遊幼生が選択する塩分に近い表層付近を浮遊し、河口循環流に伴う湾奥部から湾口部への流れにより、湾内に広く拡散する特性を持っている可能性がある。また、アサリの浮遊幼生は博多湾に広く拡散しながら成長し、塩分選

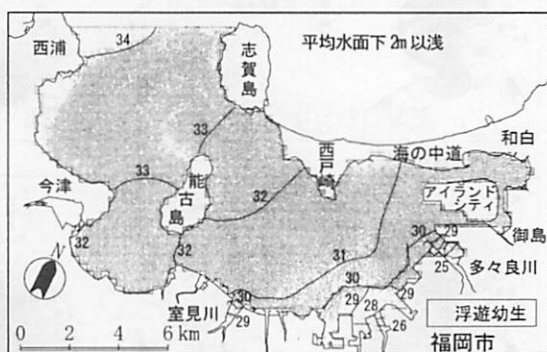


図5 産卵開始後20日目における平均水面下2m以浅のアサリ浮遊幼生と塩分の分布

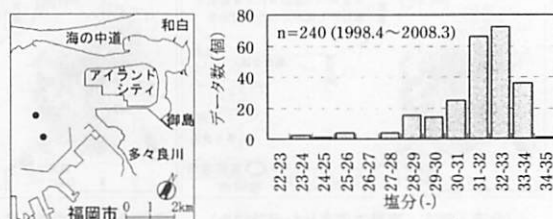


図6 博多湾湾奥部の環境基準点の位置と塩分の頻度分布<sup>21)</sup>

損による鉛直移動を停止させ、海底付近へ沈降・着底すると考えられる。

### (3) アサリ幼生の着底場所の分布

アサリ浮遊幼生が海水中を移送された後、海底に着底した場所の分布を産卵場所別に図-7に示す。今津で産まれた幼生は、今津から湾口部にかけて着底している。一方、能古や室見川で産まれた幼生は、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。西戸崎や海の中道で産まれた幼生は、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。

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。

着底場所に対する産卵場所別の寄与率は、(9)式より求め、表-2に示す。

$$C_{ki} = \frac{n_{ki}}{n_k} \times 100 \quad (9)$$

ここで、 $C_{ki}$ ：産卵場  $k$  周辺に着底する幼生の産卵場  $i$  の寄与率 [%]、 $n_{ki}$ ：産卵場  $k$  周辺に着底する産卵場  $i$  で産まれた幼生の数 [-]、 $n_k$ ：産卵場  $k$  周辺に着底する幼生の総数 [-] である。なお、産卵場周辺とは、図-1に示した産卵場所の格子とその隣り合う格子を含めた範囲とした。

各産卵場に着底した幼生は、同じ場所で産まれた幼生だけでなく、他の産卵場で産まれた幼生が大きく寄与していることが示唆される。能古で産まれた幼生は今津に、

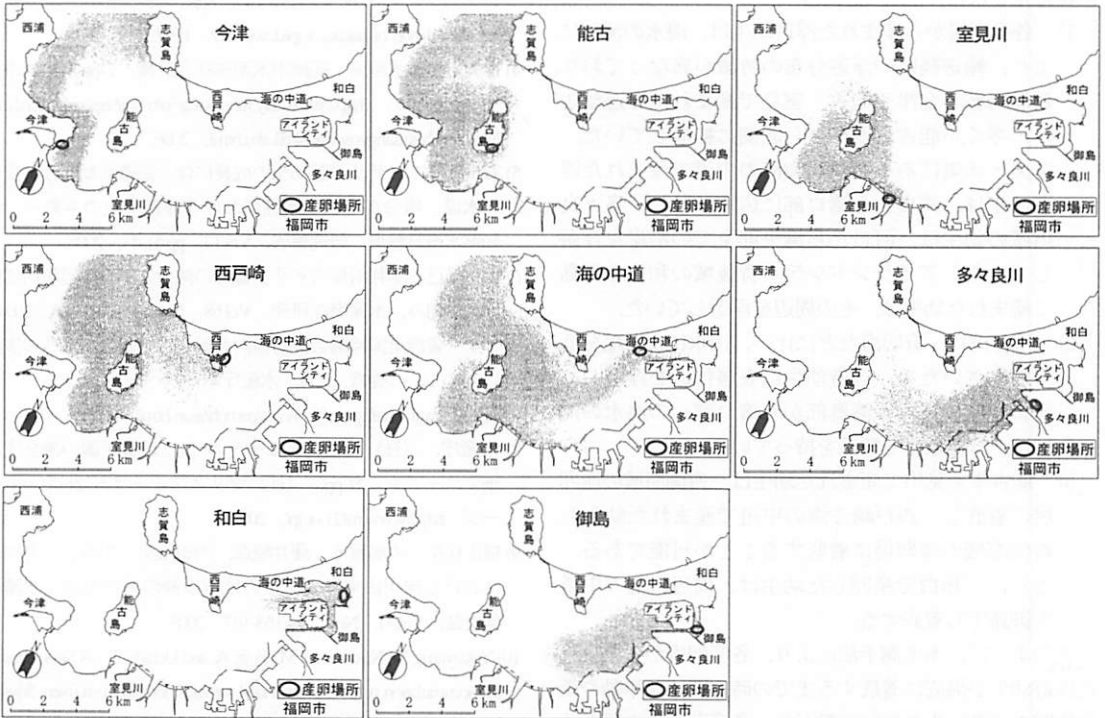


図-7 アサリ浮遊幼生の着底場所の分布

表-2 着底場所に対する幼生の産卵場所別の寄与率

|       | 今津  | 能古  | 室見川 | 西戸崎 | 海の中道 | 多々良川 | 和白  | 御島  |
|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|
| 今津産   | +++ |     |     |     |      |      |     |     |
| 能古産   | +   | +   |     |     |      |      |     |     |
| 室見川産  | r   | +   | +++ |     |      |      |     |     |
| 西戸崎産  | r   | +++ | r   | +++ |      |      |     |     |
| 海の中道産 |     | ++  | ++  | r   | +++  |      |     |     |
| 多々良川産 |     | r   | r   |     |      | +++  |     |     |
| 和白産   |     |     |     |     | +    |      | +++ | ++  |
| 御島産   |     |     |     |     | r    |      |     | +++ |

注：+++：寄与率 ≥ 50 %，++：寄与率 50 % > ≥ 10 %，+：寄与率 10 % > ≥ 1 %，r：寄与率 1 % > > 0 %

室見川産は能古や今津に着底できる。また、西戸崎や海の中道で産卵した幼生は、海水の流れにより広範囲に拡散するため、西側海域の産卵場に着底することが可能である。さらに、和白産は、海の中道や御島に着底できる。

このように、本予測手法は、各産卵場から産まれた浮遊幼生の時空間的な挙動を解析し、幼生が水中に拡散した後、湾内の各生息場にどの程度着底できるかを推定することができる。

#### 4. まとめ

博多湾におけるアサリ浮遊幼生の挙動をEuler-Lagrange法により解析した。現地観測データによるシミュレーションの再現性は検証していないが、博多湾東部海域で確認された二枚貝類の鉛直分布の特徴は概ね捉えていると考えられた。また、シミュレーション結果より、以下の点が推定された。

- 1) 各産卵場から産まれた浮遊幼生は、海水の流れにより、輸送経路や浮遊分布の特徴が異なっており、西側海域の今津や能古、室見で産まれた浮遊幼生は、多くが能古島西側から北側に拡散していた。湾央・湾奥にある西戸崎や海の中道で産まれた浮遊幼生は、湾央から湾口部に広く拡散し、多々良川産の幼生は、河口から湾央部までの沿岸を浮遊していた。アイランドシティ背後域の和白や御島で産まれた幼生は、その周辺を浮遊していた。
- 2) 博多湾は、有明海などに比べ、出水による塩分低下が小さいため、浮遊幼生は表層付近を浮遊し、河口循環流に伴う湾奥部から湾口部への海水の流れにより拡散する特性を持っている。
- 3) 能古や室見川で産まれた幼生は、西側海域の産卵場に着底し、西戸崎や海の中道で産まれた幼生も、西側海域の産卵場に着底することが可能である。さらに、和白で産卵した幼生は、周辺の海の中道や御島でも着底する。

このように、本予測手法により、各産卵場から産まれた浮遊幼生が海底に着底するまでの時空間的な挙動や産卵場間の浮遊幼生の供給の繋がり、各産卵場への浮遊幼生供給の寄与を推定できる。

#### 5. おわりに

本研究で得られたシミュレーション結果について、再現性の検証を行うとともに、博多湾では年間を通して浮遊幼生や着底稚貝が確認されているため<sup>24, 27, 28)</sup>、今後、季節変動に応じた浮遊幼生の成長速度をモデル化し、季節の違いに伴うアサリの着底範囲や分布の違いを把握し

ていく必要がある。さらに、アサリ資源の維持・管理のために、このシミュレーションモデルを用いて、湾内の産卵場に浮遊幼生を供給できる生息場の選定ならびにその生息場の生息環境の保全、浮遊幼生の供給量に応じて、必要な種苗放流量を管理できる適切な種苗放流計画に役立てたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 福岡市環境局：博多湾環境保全計画，95pp.，福岡市ホームページ <http://kanryo.city.fukuoka.lg.jp/shiryo/keikaku/keikaku4.html>，2008.
- 2) 藤井曉彦，道山晶子，関根雅彦：和白干潟におけるアサリ個体群動態の把握と保全活動評価への適用，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.102，2006.
- 3) 福岡市港湾局：自然と人との共生をめざす博多湾“エコパークゾーン”の実現をめざして，8pp.，博多港ホームページ <http://www.port-of-hakata.or.jp/download/>，1997.
- 4) 福岡市農林水産局：福岡市水産業総合計画，74pp.，福岡市ホームページ <http://www.city.fukuoka.lg.jp/nosui/suisanshinko/shisei/fukuokasshisuisangyosougoukeikaku.html>，2006.
- 5) 石田基雄：アサリ浮遊幼生の成長に伴う鉛直移動特性の変化—水温，塩分が異なる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.41-43，2006.
- 6) 浜口昌巳：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.165-188，2004.
- 7) アサリ資源全国協議会提言検討委員会：「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 <http://www.jfa.maff.go.jp/koho/po/pamph/asari.html>，2006.
- 8) 水産庁，(社)マリノフォーラム 21：砂質干潟の健全度評価マニュアル，29 pp.，(社)マリノフォーラム 21 ホームページ <http://www.mf21.or.jp/>，2007.
- 9) 横山佳裕，中嶋雅孝，藤井曉彦，内田唯史，中西弘：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.163-167，2008.
- 10) Yokoyama, Y., Nakashima, M., Fujii, A. and Uchida, T.: A Simulation of the accumulation process of suspended particles derived from rivers flowing into Ariake Bay, Japan, Abstract of EMECS-8, pp.139-140, 2008.
- 11) 藤田健一，李寅鐵，楠田哲也：水—底質相互作用モデルによる博多湾のリン循環の数値予測，水環境学会誌，Vol.24，No.1，pp.48-57，2001.
- 12) 熊谷博史，渡辺亮一，山崎惟義，藤田健一：優占二枚貝ホトトギスガイが博多湾湾奥の水・底質に与える影響，水環境学会誌，Vol.29，No.1，pp.21-28，2006.
- 13) Yamasaki, K., Watanabe, R., Kumagai, H., Fujita, K. and Fujii, A.: Modeling on the chain reaction of oxygen consumption by the death of *Musculista senhousia* in Hakata Bay, Proceedings of International



- Conference on Ecological Modelling 2006 in YAMAGUCHI, pp.34-35, 2006.
- 14) 気象庁：海洋観測指針（第1部），pp.167-169，（財）気象業務支援センター，1999.
  - 15) Yanagi, T., Tsukamoto, H., Inoue, H. and Okaichi, T.: Numerical simulation of drift cards dispersion, *La mer.*, Vol.21, pp.218-224, 1983.
  - 16) 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：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, 2005.
  - 17) 増殖場造成計画指針編集委員会：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），pp.124-131，（社）全国沿岸漁業振興開発協会，1997.
  - 18) （社）土木学会（土木学会水理委員会編）：水理公式集—平成11年版—，pp.386-389，（株）丸善，1999.
  - 19) 国土交通省港湾局：港湾工事における濁り影響予測の手引き，p.18, p.95, 国土交通省ホームページ <http://www.mlit.go.jp/kowan/nigori/>, 2004.
  - 20) 道山晶子，山本聡，藤井暁彦：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, 2006.
  - 21) 福岡市環境局：福岡市水質測定結果報告書（平成10～19年度），2000～2006.
  - 22) 粕谷智之，浜口昌己，古川恵太，日向博文：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, 12 pp., 2003.
  - 23) 気象庁：過去の気象データ検索，気象庁ホームページ <http://www.data.jma.go.jp/obd/s tats/etm/index.php>.
  - 24) 海上保安庁海洋情報部：潮汐推算，海上保安庁ホームページ [http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/tide\\_pred/3.htm](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/tide_pred/3.htm).
  - 25) 池内仁，佐藤博之：福岡湾におけるアサリ浮遊幼生の出現，福岡県水産海洋技術センター報告，No.17, pp.89-92, 2007.
  - 26) Fujii, A., Ooba, T., Nakashima, M. and Uchida, T.: Distribution Changes of Benthic Animals Under the Influence of Silt Fence Spreading around Reclaimed Area in Hakata Bay, Japan, Abstract of EMECS 2001, p.1-231, 2001.
  - 27) 道山晶子，藤井暁彦：和白干潟における生活史初期段階のアサリ個体群の季節変動要因，平成19年度（社）日本水環境学会九州支部研究発表会講演概要集，pp.19-20, 2008.
  - 28) 道山晶子，藤井暁彦：和白干潟におけるアサリ着底稚貝の個体群動態と着底促進手法の検証，平成20年度（社）日本水環境学会九州支部研究発表会講演概要集，pp.20-21, 2009.

(2009.5.22 受付)

## A Simulation of the Behaviour of Planktonic Larvae of Manila Clam before Settling on the Bottom in Hakata Bay

Yoshihiro YOKOYAMA<sup>1</sup>, Akihiko FUJII<sup>1</sup>, Masataka NAKASHIMA<sup>1</sup>,  
Tadashi UCHIDA<sup>1</sup> and Hiroshi NAKANISHI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Engineering, Kyushu Environmental Evaluation Association

<sup>2</sup> Emeritus Professor of Yamaguchi University

For preservation of Manila clam in Hakata Bay, we simulated the movement and the distribution of planktonic larvae of Manila clam using a three-dimensional flow model and the Euler-Lagrange method combined with a characteristic of the vertical migration. The vertical distribution of larvae simulated by this model was almost expressed the one of the bivalve larvae observed at the head of the bay, although we will need to validate this model with a collection of real data of larvae of Manila clam in this bay. The results were estimated that planktonic larvae which liked lower salinity had the characteristic to float on the surface and diffuse by a seawater flow widely in this bay. The diffusion and the sedimentation distribution were different every habitation field because the characteristic of a sea water flow was different respectively every field. Planktonic larvae spawned in Saitozaki and Uminonakamichi could settle at the habitation field of the western sea area. Planktonic larvae originated in Muromi River and Noko were able to sink in the neighboring field such as Imazu located in the west.