

広島湾内における局所的な海水交換性と赤潮

広島大学工学部 正会員 川西 澄
 広島大学工学部 正会員 駒井 克昭
 広島大学大学院 学生会員 ○鳥居 義仁

1. はじめに

広島湾内でカキやハマチ養殖漁業に大きな損害をあたえている赤潮は、その研究において未知の部分が多く、発生場所・発生要因を特定する事が困難である。赤潮と一括りにしてもその発生種は様々で、各種における特徴も一様でない事がさらにこの問題を難しくしていると思われる。発生要因として物理的要因、化学的要因、生物的要因が挙げられ、とくに広島湾では、物理的要因が赤潮プランクトン増殖の律速要因になっていると考えられる。このことから、本研究では局所的な海域での物理的要因(粒子の集積・滞留、塩分、水温)と赤潮の関連性を明らかにすることを目的とする。方法として、過去に赤潮が発生した海域での海水交換率や平均滞留時間を求めるために、粒子を追跡し、その海域に残存する粒子数より求める。また、外的要因(河川流量や風など)による交換性の変化も考察する

2. 数値実験の概要

広島湾の流速のデータを得るために、POM(Princeton Ocean Model)を用いて数値計算を行った。水平方向 600m の格子間隔で、格子数を東西方向に 58 個、南北方向に 84 個の合計 4872 個で区切る。鉛直方向は σ 座標系を用いて、 $\sigma = -0.025, -0.075, -0.15, -0.3, -0.5, -0.7, -0.85, -0.925$ の 9 層に分けられている。水平粘性係数はスマゴリンスキー粘性として与える。内部時間ステップは 60 秒、外部時間ステップは 1 秒とした。季節としては夏場を想定し、海面に $220 \text{ cal/cm}^2/\text{day}$ の熱フラックスを与える。湾に流入する河川としては、太田川、小瀬川、錦川の 3 河川とした。河川流量としては、太田川から $R_1 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、小瀬川からは $R_2 = 46 \text{ m}^3/\text{s}$ 、錦川からは $R_3 = 42 \text{ m}^3/\text{s}$ と $R_1 = 270 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $R_2 = 132 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $R_3 = 108 \text{ m}^3/\text{s}$ の 2 ケースを与えた。さらに $R_1 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $R_2 = 46 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $R_3 = 42 \text{ m}^3/\text{s}$ の時、風速 5.0 m/s の北風を連吹させる。河川の水温は 25°C 、塩分は 20 psu とし、海域の初期条件としては、水温は 24°C 、塩分を 32 psu とする。

3. 粒子の追跡

粒子移動の方程式を次に示す。右辺第 4 項目は乱れの項とし、 γ は (0.1) の正規乱数、 D は拡散係数とする。

$$X \text{ 方向: } x^{n+1} = x^n + u(x^n, y^n) \cdot \Delta t + \frac{\partial u}{\partial x}(x^n, y^n) \cdot \Delta t^2 + \frac{\partial u}{\partial y}(x^n, y^n) \cdot \Delta t^2 + R_x, \quad R_x = \gamma_x \sqrt{2\Delta t D_x}$$

粒子の放出方法は、水域内に等間隔に粒子を 1 個づつ、 σ 座標で区切られた 9 層すべてに同様に配置し放出する。鉛直方向の粒子の動きはなく、水平方向の移動のみとする。放出場所は、過去の赤潮発生場所を考慮して A~E (A. 太田川河口付近 B. 大野瀬戸 C. 江田内湾 E. 岩国沿岸 F. 屋代島付近) の 5 箇所とする。

図-1 は湾奥部(太田川河口付近)からの放出で、無風状態、 $R_1 = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $R_2 = 46 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $R_3 = 42 \text{ m}^3/\text{s}$ 時である。

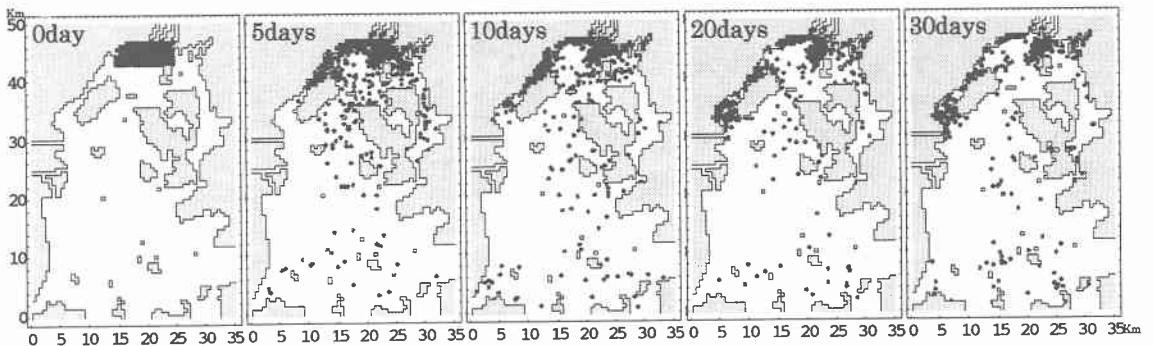


図-1 粒子の挙動

4. 結果及び考察

粒子の集積・滞留状況を考慮して、各海域の特徴を次のように表現できる。太田川河口付近に発生した赤潮は、湾北部の流動によって大野瀬戸の方向に範囲を広げることにはあるが、赤潮の湾中央部、江田内湾、呉湾への範囲拡大の可能性は小さい。また、江田内湾内で発生した赤潮はその湾内に留まり、被害の範囲はその領域に限られる。岩国沿岸で発生した赤潮は、その海域に留まるか気象条件によっては南方約10kmの屋代島まで範囲を広げる可能性がある。また、底層の流動によりプランクトンが発芽する前の状態であるシストの集積場所として、下層の粒子の集積場所と置き換えると、大野瀬戸、湾西部、太田川河口付近が考えられる。

湾北部の塩分・水温分布を図-2に示す¹⁾。粒子の挙動にもみられるように、太田川河口に放出した粒子の大半が大野瀬戸方向に移動していくことから、厳島北西岸では低塩分域となっている。また湾奥部では、平均水深が20mと浅海域であり、湾中央部に比べ水温が底層まで高くなりやすいと考えられる。

図-3に、A～E内の小海域(2.4km×2.4km)の平均滞留時間と粒子の残存率が50%になる交換時間を示す。これらは小海域内に放出した粒子の残存数の時間変化から求められる。Cの江田内湾においては、50%交換時間が30日を越えていたため、除くことにする。

滞留時間のグラフより、湾北部と湾中央部側(D, E)の滞留時間の違いは大きく、A～Cでの滞留時間はD, Eの約3～9倍の大きさである。ただし、残余関数の積分時間が30日に限られていることから、実際の滞留時間の差はさらに大きくなる可能性がある。

50%の交換時間のグラフでは、北風が連吹した時に交換時間が減少する傾向にある。Aに関しては、滞留時間の変化は小さいが、交換時間の変化は顕著に現れている。これは外的要因によって上層部の流動の変化が大きく現れることで、交換時間が減少するからである。しかし、下層部での重力循環にともなう河口方向の流れにより、下層粒子の滞留性が強められることで、Aの平均滞留時間の変化は小さく現れたと考えられる。

5. 結論

湾内の局所的な海水交換性の改善は主に北風が連吹した時に現れる。各水域での交換率は0.1回/日～1.0回/日であり、赤潮プランクトンが増殖する交換率の目安が0.1回/日～2.0回/日²⁾を考慮すると、A～E水域での赤潮発生要因の一つに海水交換性の低さが考えられる。

*Gymnodinium*属は、細胞容積が大きく、多くの栄養塩が必要で、かつ海水交換性が低い海域でないと赤潮になりにくい。また、比較的低塩分(10～28psu)を好むとされているため、湾奥部が本種赤潮の増殖に適していると考えられる。

近年、大野瀬戸、江田内湾で発生した *Heterocapsa* 赤潮の発生要因は、強い滞留性や高水温・高塩分が考えられる。しかし、その各要因の正確な範囲は分かっておらず、今後の発生状況などを参考にすることが必要である。

[参考文献]

- 1)第六管区海上保安本部:海洋概報,平成9年,第5号 2)岡市友利:赤潮の科学,第2版,1997

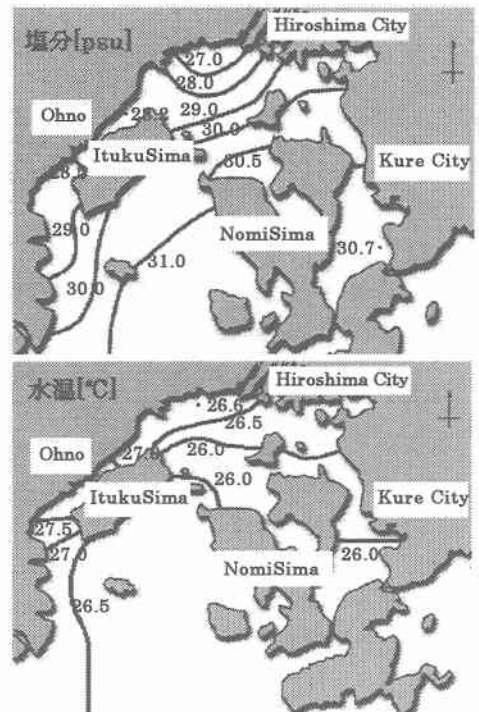
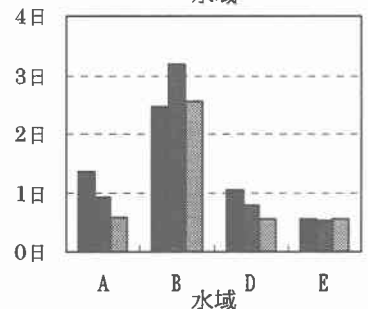
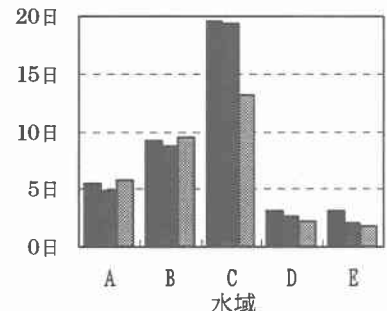


図-2 湾北部の塩分(上),水温(下)分布



■ 河川流量小 ■ 河川流量大 ■ 流量小+北風
図-3 平均滞留時間(上),50%交換時間(下)