

観測と数値実験の連携による駿河湾の海洋物理・生物学際研究

田中潔（東京大学 大気海洋研究所）

1. はじめに

筆者らのグループ（東京大学大気海洋研究所・静岡県水産技術研究所・東海大学海洋学部）では沿岸域における海洋循環の生成・維持機構と、そうした海洋循環が水圏生物の生息環境に与える影響を、観測と数値実験の両面から調べている。

現在は特に駿河湾（図1）を例に取って、湾に流入する河川水（富士川や大井川など）の循環と、同域の特産水産資源であるサクラエビの生息環境の関係性に焦点をあてて研究を実施しており、本講演ではこれまでのその成果を紹介する。

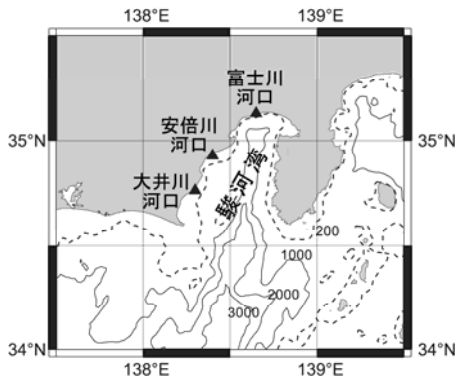


図1. 富士川の海底地形と、主要流入河川の河口位置。実線は水深1000mごと、破線は水深200mを表す。

2. 観測および数値実験

図2左の太矢印線は、雨期である秋季に富士川河口沖で漂流ブイ（図2右）を放流し追跡した漂流軌跡を示す。このとき、ブイは時計回りに漂流した。

次に、観測時期の河川流量を数値モデルに課して湾内の流れをシミュレーションした。図2の細矢印に示される通り、シミュレーションの流れ場とブイの漂流軌跡は良く一致し、数値モデルは現実を良く再現している。

駿河湾の重要水産資源の一つに、サクラエビがある（*Sergia lucens*、図3）。サクラエビは産卵後数日以内に孵化するが、強い遊泳力を持つポストラバに成長するまでに一ヶ月弱を要し、それまでの初期

幼生の期間は海水とほぼ同じ比重で浮遊する。そこで、数値モデル内の表層にサクラエビの卵・幼生に見立てた標識粒子を投入して、その漂流軌跡を追跡した。粒子の初期位置は、現実の駿河湾での産卵域と同様に、各河川河口沖の200m等深線上とした（図4a）。

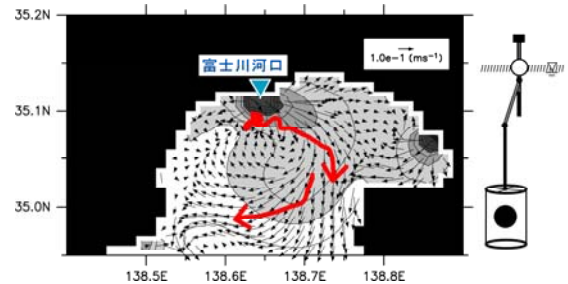


図2. (左) 秋季における漂流ブイの追跡観測結果（太赤矢印）と、数値モデルによるシミュレーション結果（細矢印：表層流速、等値線：塩分、影の部分は低塩分を表す）。(右) 使用した漂流ブイの模式図。



図3. サクラエビ (*Sergia lucens*)。写真は体長約5cm（ひげ部分を除く）の親エビ。

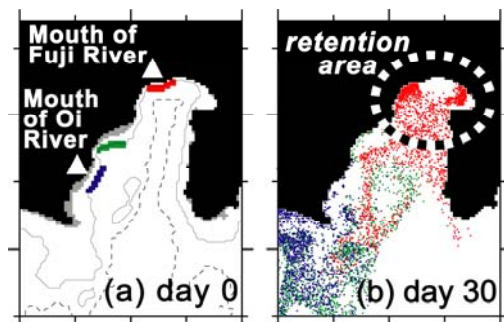


図4. 数値モデルの中でサクラエビの卵・幼生に見立てた標識粒子の漂流分布。(a) 粒子の初期位置、(b) 30日後の分布。破線で囲まれた海域は、サクラエビの生息に適した滞留域 (retention area) を表す。

追跡 30 日後の分布を見ると (図 4b)、大井川沖に配置された粒子と安倍川沖に配置された粒子の多くは大陸棚 (岸) に沿ってすぐに湾外に流出してしまう。これに対して、湾奥の富士川沖の粒子の大半は富士川水とともに、湾奥に留まっている。このことは、湾奥の富士川河口沖に、サクラエビ卵・幼生の生息に適した滞留域 (retention area) が形成されていることを示す。そして、現実の駿河湾では、この滞留域においてクロロフィル濃度 (生物一次生産を支配) も高いことが分かった (図 5)。すなわち、富士川沖に産卵されて孵化したサクラエビは、遊泳力がほとんど無くても湾外に流出せずすみ、栄養を豊富に含む富士川水と一緒に海況が穏やかな湾奥で成長することが出来ることが明らかになった。

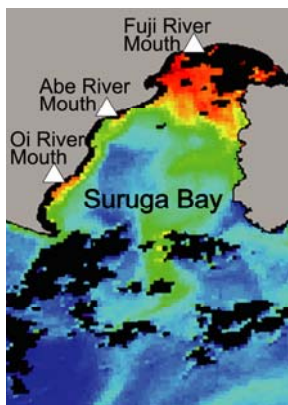


図 5. 人工衛星 (MODIS) によって観測された海面クロロフィル濃度 (濃暖色が高濃度域。ただし、黒色は雲による欠損域)。

では何故、富士川河口沖に生息に適した滞留域 (retention area) が形成されるのか? 数値実験の解析結果から明らかになったそのメカニズムは、次の通りである。図 6 は湾内に流入する富士川水と大井川水の拡がり方を模式的に示す。富士川河口の海底は極めて急峻で深いため (世界でもこれほどの急峻な海底は大変珍しい)、河川水は地球自転の影響を受けながら河口付近に大きな時計回り渦を形成し、滞留する。これに対して、大井川の河口には浅い大陸棚が湾口に至るまで南北に発達しており、

大陸棚が導水管のような働きをする。そのため、河川水は浅い海底に補足されながら岸 (大陸棚) に沿って流出し、速やかに河口から離れていく。実際、例えば大井川河口沖での観測では (解像度は粗いものの)、図 6 右下に示される shelf break front と良く似た前線が捉えられた (図 7)。

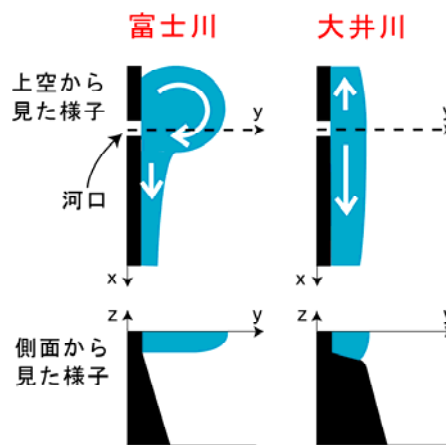


図 6. 駿河湾に流入する富士川水と大井川水の拡がり方を示す模式図。

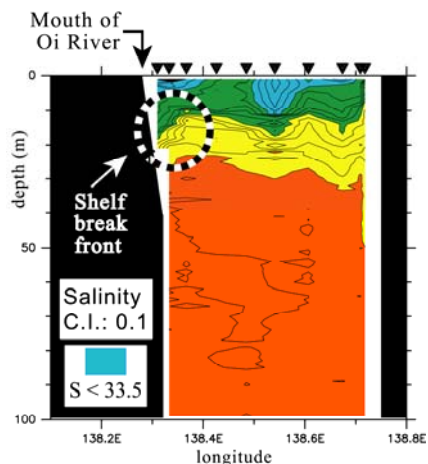


図 7. 大井川河口を東西に横切る CTD 観測の結果 (塩分の鉛直断面分布)。

駿河湾のこうした特徴的な海底地形は過去の造山運動で形成されたものであるが、それでは、もし富士川河口において深く急峻な海底が存在していなかったらとしたら、海洋循環・生物環境は現在とどのように違っていただろうか? そこで、そうした疑問を調べるために、数値モデルの富士川河口に人工的に浅い大陸棚を造成して (図 8)、シミュ

レーションを実施した。図9はそのときの、標識粒子（サクラエビ卵・幼生）の漂流分布を示す。大陸棚を造成する前の分布（図4b）と比較して、造成後（図9）は分布が激変し、富士川河口沖にはもう滞留域（retention area）が形成されない。すなわち、もし富士川河口に現在のような深くて急峻な海底が存在していなかったならば、現在ほどの大規模なサクラエビ漁は成立していなかったかもしれない。

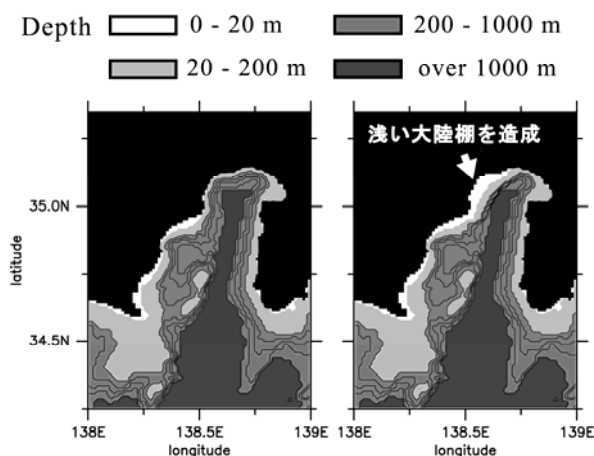


図8. 数値モデルの海底地形。白色は浅い大陸棚を表す。(左)現実の地形、(右)人工的に富士川沖に大陸棚を造成した場合。

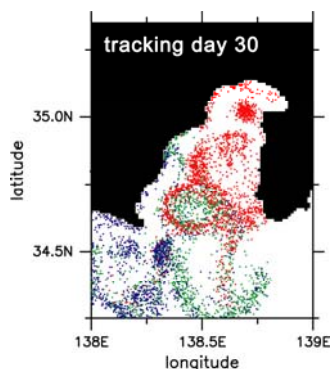


図9. 人工的に富士川沖に大陸棚を造成したときの、標識粒子の30日後の分布。

3. まとめと今後の課題

現場観測と数値実験を連携させ、且つ、海洋物理学と生物学に関わる研究を学際的に実施することで、沿岸域における水圏生物（サクラエビ）の生息環境が、沿岸域の特徴的な海底地形や大河川からの河川水流入、および地球自転効果の巧妙なバランス

下で、生成・維持されていることが明らかになった。

我が国の沿岸海洋研究はこれまで、大都市圏に隣接する海域、例えば東京湾などでは精力的に行われてきた。これに対して、近接する駿河湾や相模湾、遠州灘などにおける循環の実態は、それほど分かっていない。しかしながら、駿河湾や相模湾、遠州灘など外洋に対して開放的な沿岸域は、外洋との間で物質、運動量、熱などが活発に交換されており、それは沿岸域だけでなく外洋の海洋環境や気候形成にも大きな影響を及ぼしているはずである。そうした開放性の高い沿岸域での海洋循環の実態を明らかにするためには、外洋の大規模な循環・変動についても同時に検討しなければならないが、一方でそうした異なる空間規模の現象を複合的視点から検討する困難性が、これらの沿岸域の研究進展をこれまで遅らせてきたとも言える。

筆者らは既に、上空の 대기（風）も外洋域と沿岸域の相互作用の一因になることを指摘しているが、今後はさらに他の要因（黒潮変動など）も考慮しながらそうした外洋・沿岸域間の相互作用に焦点をあてて、観測と数値実験の連携による沿岸海洋環境の研究を進める予定である。

参考文献

- (1) Tanaka, K., Y. Michida and T. Komatsu (2008): Numerical experiments on wind-driven circulations and associated transport processes in Suruga Bay. *Journal of Oceanography*, 64(1), 93-102.
- (2) Tanaka, K., Y. Michida, T. Komatsu and K. Ishigami (2009): Spreading of river water in Suruga Bay. *Journal of Oceanography*, 65(2), 165-177.
- (3) Tanaka, K., T. Komatsu, Y. Michida and S. Saitoh (accepted): A numerical study on the transport of eggs and larvae of *Sergia lucens* in Suruga Bay, Japan. *Fisheries Oceanography*.