



流れは簡単には変えられない？

(前回2009年11月号では、青潮の発生という水質の急変にまつわる流れの話、大阪湾の水質と流れの関係の概要についてお話をしました。)

学生 (以下「S」): 先生、前回の話で、水域の水質を考えたときには流れのことをよく理解しておく必要があるということが分かりました。

先生 (以下「T」): そのとおり。大阪湾の流れと水質の話を中心に詳しく見てみよう。図1に示した図は大阪湾の表層の流れを示している。実際の流れを再現できるよう、3次元流動計算を行ったものだ。

S: 前回出てきた流れの構造の図にも似ていますね。
T: この手の図を見るときに最初に気をつけることは、海域の場合、潮汐の影響があるので、ある瞬間の流れの分布なのか、時間平均した流れなのかを見極めることだ。この図の場合は時間平均した流れで、潮汐の影響を相殺したものなので、実質、水質や熱・塩分などの物質の輸送の方向と大きさを示している。等値線は塩分濃度を示してい

る。続いて図2に示すのが夏季の代表的なCOD(化学的酸素要求量)分布で、CODは水中に含まれる有機物量の指標だ。この2つを見比べてみるとうどう？

S: 塩分の分布とCODの分布は似ていると思います。

T: 淀川の河口から出た河川水は一度関西国際空港のある南の方へと向かうが、そこで、反転して北上し、神戸港沖へと移動する。

S: だから塩分の等値線も西には広がらないんですね。

T: そのうえ、この河川水は軽いので、重い海水とは混ざりにくく、表層に留まったまま流れていく。前回の最後で説明したように、この間に陸域から供給された無機態栄養塩は植物プランクトンの増殖に使われてしまい、西側の海域には供給されない。これが、兵庫県側で問題になっているノリの色落ちの一因になっているんだ。

S: それなら、湾奥の水と西側の水が混ざるような対策をすれば、湾奥の水質と西側のノリの問題とを一挙に改善できますよね？

T: でも今のような流れになっている状態がまさに「自然な」状態なわけで……。そもそも、このように汚いのは高度経済成長期以降に海を汚したからのイメージがあるでしょ？

S: はい。

T: ところが、底層の貧酸素状態にしたって、太平洋戦争後すぐの調査でも確認されていて、1940年代にもあったわけ。また、湾奥の堤防や港湾を取り除いて、戦前の海岸線に戻して、昔の地形で

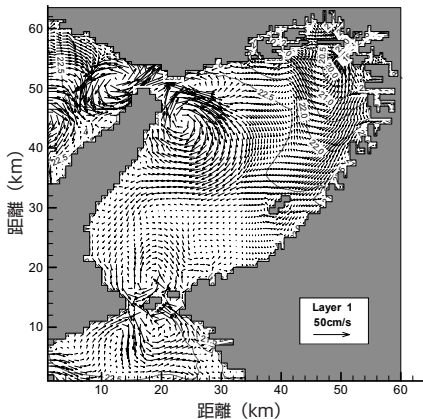


図1 表層における水平流速分布(残差流)

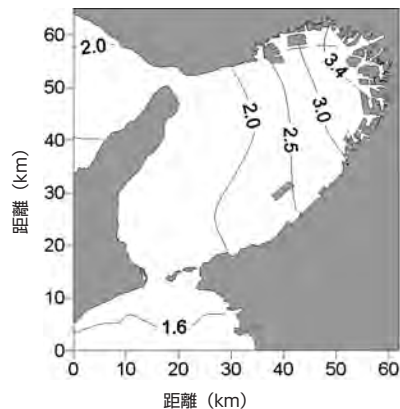


図2 大阪湾の夏季のCODの分布

シミュレーションしてみても、大まかな流れは変わらない。つまりは、程度の差はあれ、この湾特有の流れによって、大まかな水質構造は決まってしまう。その「自然な」流れの構造を変えるには相当大きな人工的な構造物や、大きなエネルギーが必要になる。

S：難しいんですね？

T：実際に研究レベルで検討された方法としては、明石海峡近くに堤防を設置して、流れを増幅してやることによって、湾全体の流速を上げる方法などがある。しかし、この場合もやはり、海峡部に数kmの堤防を築くという大規模なものだ。

S：湾奥の方で無理矢理海水を混合させる方法はどうでしょうか？

T：そうだね。たとえば、下水処理場や発電所等の施設からの温排水を利用してという検討も実際にされている。しかし、この効果も排水量に依存していて、現時点では、簡単に実施できそうな対策程度では効果は限定的で、その事業所周辺に留まると考えられている。洋上風力発電や潮汐による発電など自然エネルギーを使って海水を強制的に混合する方法もあるが、そこまでいくと、せっかく作った電力は水質改善に使うより、日常生活に使いたいといった議論が出てくるよね。海域の水質改善に利用するには、さらなる技術革新と、水質改善への合意形成が必要かもしれない。

海域の貧酸素化に及ぼす流れの影響

T：自然エネルギーということであれば、貧酸素状態の解消には台風が大きく貢献している。

S：青潮の発生に寄与しているというお話がありましたね……。

T：夏や秋口の無酸素状態の時に台風が来ると、その可能性があるね。一方で、初夏や秋本番のころにやってくる台風は、水深方向の成層構造が緩んでいるので、鉛直方向の混合が起きやすい。台風が6月ごろに来なければ、5月頃から発生して、発達しだす貧酸素水塊はさらに大きくなり、簡単に青潮が起きやすくなってしまふ。一方、秋季の台風通過の後は、台風を境に、確固とした温度成層ができないこともあって、貧酸素化が解消されたままになることも多い。

S：気象の影響も大きいんですね。

T：台風に限らず、出水があれば、湾中央部から

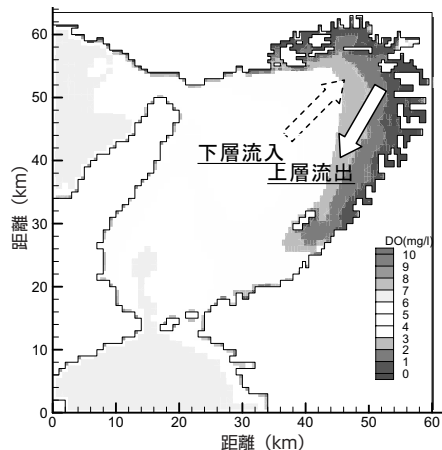


図3 夏季の底層 DO (溶存酸素) 再現結果

(湾奥の灰色部が貧酸素水塊を示す。矢印はエスチュアリー循環のイメージ)

比較的酸素がリッチな海水が湾奥に、平常時より多く運び込まれる(図3)。上層で河川水が沖に向かって流出すると、下層で湾奥に向かって流入するエスチュアリー循環と呼ばれる機構がより強まるんだ。成層化した湾奥部の貧酸素水には、この沖方向からの流入による酸素供給が、貧酸素化を抑制する方向に働く。出水時には、淡水の増加によって鉛直方向の成層が強化され、上層からの酸素供給が制限される一方で、このエスチュアリー循環がさらに強くなり、沖側から酸素が供給されやすくなる。したがって、出水前の状況によって、出水が貧酸素水塊に及ぼす影響も変化すると考えた方がよい。このように、湾レベルの流れは平常時の一般的な傾向に加えて、気象の変化による一時的な変動がある。この一時的な変動がいつどのタイミングで起きるかによって、1年間の水質変動が決定されている。流れについての継続的なデータ収集と研究が必要なのが分かってもらえたかな？

参考文献 (11月号, 本号分)

- 1) 入江政安, 中辻啓二, 西田修三: 大阪湾における貧酸素水塊の挙動に関する数値シミュレーション, 海岸工学論文集, 第51巻, 926-930, 2004.
- 2) Nakatsuji, Keiji and Tateki Fujiwara: Residual baroclinic circulations in semienclosed coastal seas, J. Hydraulic Engineering, 123, (4), 362-373, 1997.
- 3) 山根伸之, 寺口貴康, 中辻啓二, 村岡浩爾: 長期観測データのクラスター分析による大阪湾の水質分布特性, 海岸工学論文集, 第44巻, 1106-1110, 1997.

入江政安 (大阪大学大学院)