

図 - 2 東京湾の潮流の代表的なパターン

東京湾の水の1/8になります。また、河川から流入する水量を日あたりに直しますと26,000,000 m^3 となり、海水交換量の1/37です。このことから判るように、最近まで、東京湾における流れは、潮汐に大きく支配されており、河川水の流入は一時的、局所的な影響しか与えていないと考えられていました。

その潮汐による流れを「潮流」と呼び、湾口部の東側から流入し、西側から流出することが知られています（図2参照）。そして、一旦入った海水は、いくつかの固まりとなって湾内を循環します。したがって、1回の潮汐による水の出入りを平均すると、上げ潮の流れと下げ潮の流れがキャンセルしないで、図2の右端に「平均」として示してあるように、いくつかの循環流が生じます。

どんな循環流ができるのか？については、今まで、様々な研究成果が発表されてきました。まさに、東京湾の観測史と言っても良いと思います。それでは、その一端をご紹介します。

4．東京湾の中の循環流は、時計回り？反時計回り？

まずは、1930年代、東京湾奥部では、反時計回りの循環流があると言われていました。それは、例えば沿岸で漂流するゴミ等が、千葉から東京に向けて流されていくことなどからの推定されたことかもしれません。まだ、湾内の流れを観測する手段をもたなかった時代の経験的な推定でし

た。それが、1960年代になると、観測に基づく推定がなされるようになりました。湾口部での観測により、千葉側で流入、神奈川側での流出が確かめられました。その結果、その間をつなぐような流れが湾奥にあることが推定され、それは、やはり反時計回りの循環であるとされました。

湾内の流れについて本格的な観測が行われるようになったのは、1970年代からです。海上保安庁の海洋情報課の前身である水路部において、湾内の流動について網羅的な観測が行われ、その結果、東京湾には平均的な流れとして、1つの大きな時計回りの循環があることが示されました。平均的な流れとは、「恒流」とも呼ばれ、簡易には25時間分の潮流の平均値をとったものです。恒流は、河川からの汚濁物質の移流・拡散を検討する上で重要な流れであり、大型の水理模型実験（例えば、港湾技術研究所（元港湾空港技術研究所）には、30mx40m規模の水槽に東京湾や大阪湾の模型が設置されていました。）により、その流れを研究することが盛んに行われていた時期でもありました。

そうした反時計回り説と時計回り説の議論に終止符を打ったのは、1980年代、関東地方整備局の前身の一つである第2港湾建設局が行った「東京湾海洋構造調査」、通称：TOBEX（トベックス）です。東京湾の中に20点の観測点を設け、プロペラ式の流速計を上下層に15昼夜係留して潮流及び恒流の詳細な調査が行われました。その結果、冬季の観測結果からは、上層には湾央部と湾奥部に2つの時計

回りの循環流があり、下層には湾奥部に中心をもつ1つの大きな時計回りの循環流が観測されました。しかし、夏季の観測結果からは、その正反対の流れ、すなわち、上層・下層で湾奥部に中心をもつ1つの大きな反時計回りの循環流が観測されたのです。なお、富津岬の北側には、小さな時計回りの循環流があることも確かめられました(図-3)。

つまり、こうした流れは時間的、空間的に変動するものであり、夏季・冬季や上層・下層といった違いで循環流の様相が大きく異なるということが理解されたのです。

1980年代に入ると、研究がさらに進み、東京湾には、風により表面の水が引っ張られて生じる流れである吹送流や、温度や塩分の違いによって水の重さが変わることに由来する流れである密度流などが存在することが、数値計算や現地での観測により確かめられてきました。例えば、吹送流は、その流れが湾の端まで行くと行き場が無くなって、下層にもぐりこみ、風の吹いている方向と反対側の流れを生じさせることや、海面下に内部波と呼ばれる大きな波を伝達させ湾の奥部での海水の湧き上がりに関与することなど

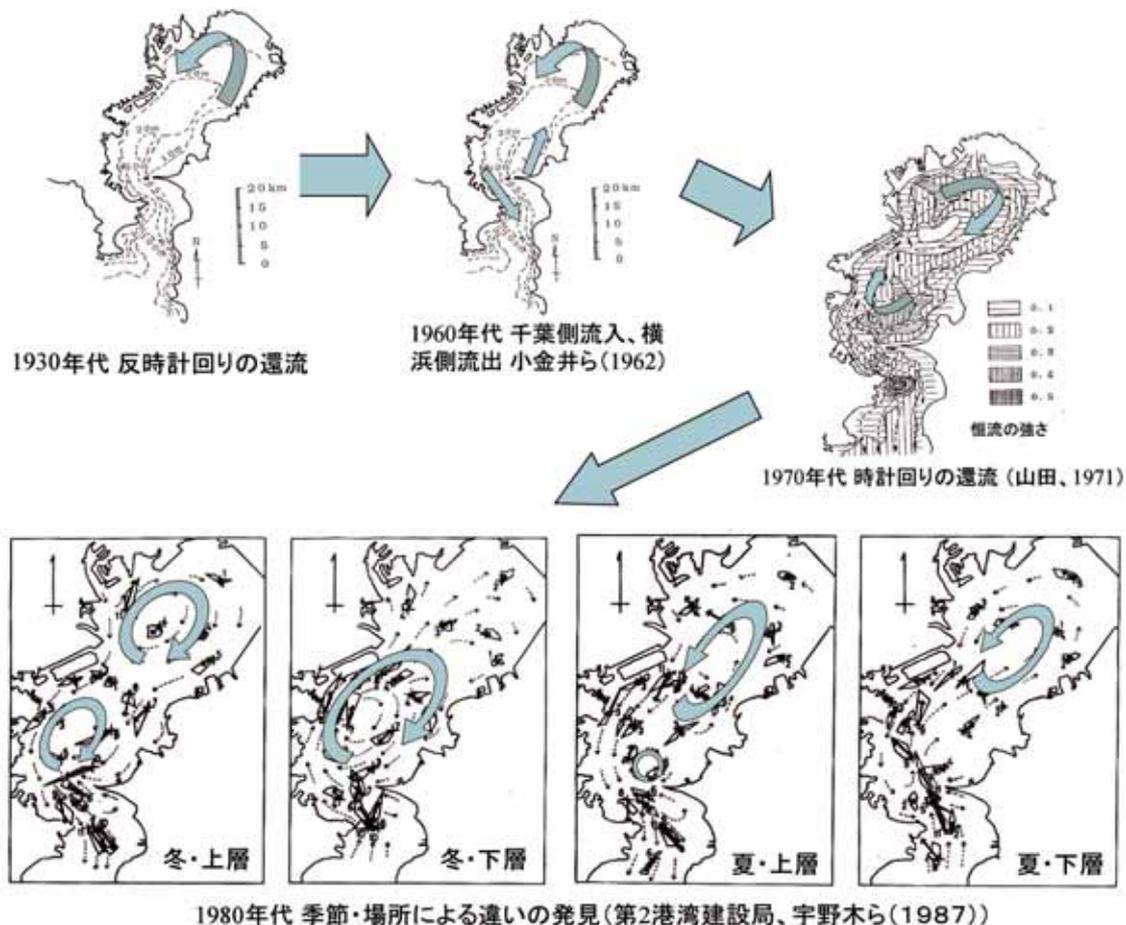
も発見されました。

5. 特別な流れ(怒った東京湾?)

一見おとなしそうな東京湾が、実に豊かな表情を持っていることがお判り頂けたかと思えます。さらに研究を進めた結果、現在では、雨による河川からの流入量の変化や外洋の流れである黒潮の蛇行の影響も小さくないどころか、そうした影響が東京湾にとって非常に重要であることも判ってきました。

例えば、大潮と小潮で海水交換量は、どのように変わるのかを詳細に調べた結果、驚くべきことに、小潮の時の方が大きな海水交換量をもつ場合があることが指摘されています。それは、湾内に滞留する淡水の影響であると指摘されています(国総研・九大・東水大・運輸施設整備事業団の共同研究成果)。

さらに特別な流れを見てみましょう。図4は、台風が通過するときの流れです。表面流速を計測するリモセン手法である国総研の海洋短波レーダにより捉えられました。



1980年代 季節・場所による違いの発見(第2港湾建設局、宇野木ら(1987))

図-3 東京湾内の循環流の推定の歴史

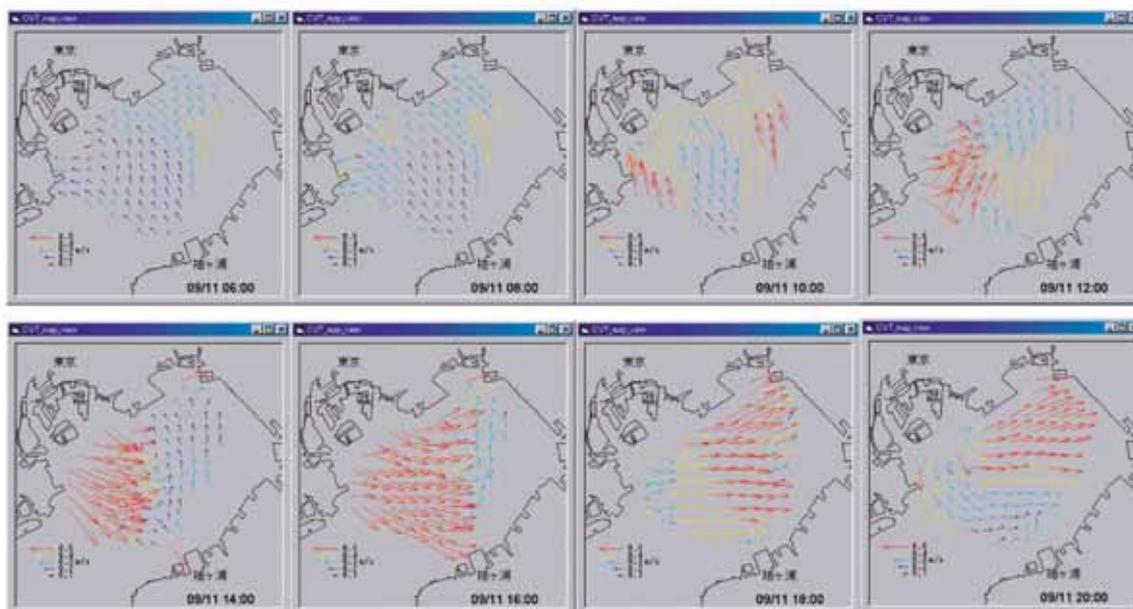


図 - 4 平成13年の15号台風が東京湾の北側を通過した時の表層の平面流速（2時間毎）

赤い矢印は毎秒50cm以上の流速が出ていることを示しています。普段の流速が毎秒10-20cm程度であることを考えると、さしずめ台風によって、真っ赤になって怒っている東京湾といったところでしょうか？

こうした突発的な流れの一つに、外洋からの黒潮の貫入という現象があります。これは、蛇行しながら日本列島の東側を北上してくる黒潮が、ある条件が整ったとき、東京湾の中に入ってくる現象です。台風の時の観測と同じように相模湾で海洋短波レーダによる観測を行った結果、平成12年12月に、黒潮から分枝した流れが大島の西側を通り、東京湾に向かって毎秒1mを超える速さで貫入してくる様子が捉えられました（図 - 5）。この流れは、東京湾に接近すると、中層に潜り込みます。黒潮は暖かく塩分が濃いので、冷たくて塩分の薄い東京湾の水とバランスして、こうした流れが生じます。中層に多くの清浄な海水が入ってくることで、表層や、底層から高濃度の濁りや栄養物質を含んだ湾内水を押し出され、海水交換が促進されるのです。

6. おわりに

東京湾の中での水の循環に着目し、その素顔や様々な表情を追って見ました。こうした国総研による湾内循環の観測結果は、東京湾再生のための行動計画（H15.3）の検討にも参考にさせていただきました。河川と湾の境界領域では、さらに面白い現象も起こっていることが次第に明らかになりつつあります。こうした研究が流域圏全体をとりまく水循環の解明の一端を担えるようがんばりたいと思います。

【参考情報】

港湾環境情報：http://www.nilim.go.jp データベース 環境情報～東京湾～

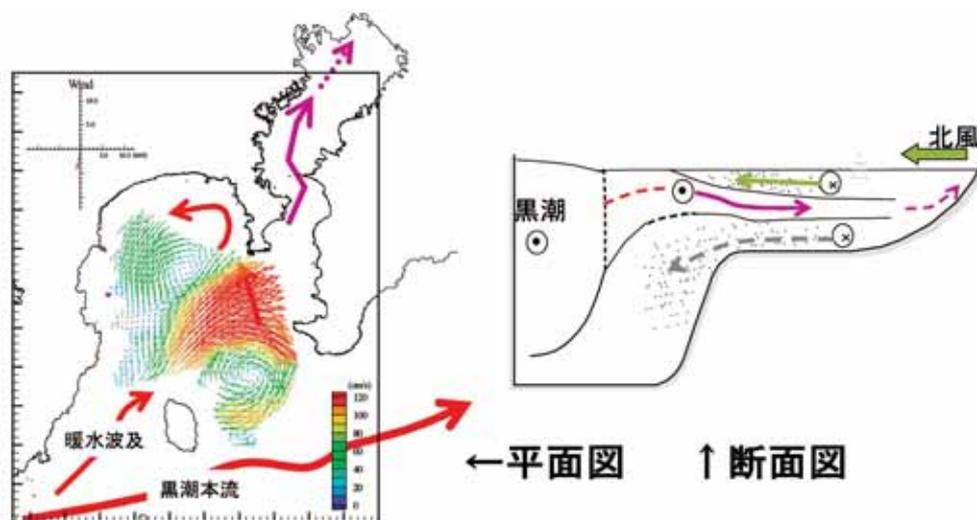


図 - 5 黒潮の東京湾への貫入の模式図