

河川流出流に及ぼす地球自転効果について

大阪大学工学部 正 員 室田 明
 大阪大学工学部 正 員 中辻啓二
 大田大学工学部 許 再寧
 大阪大学大学院 学生員○山本信弘

1. まえがき

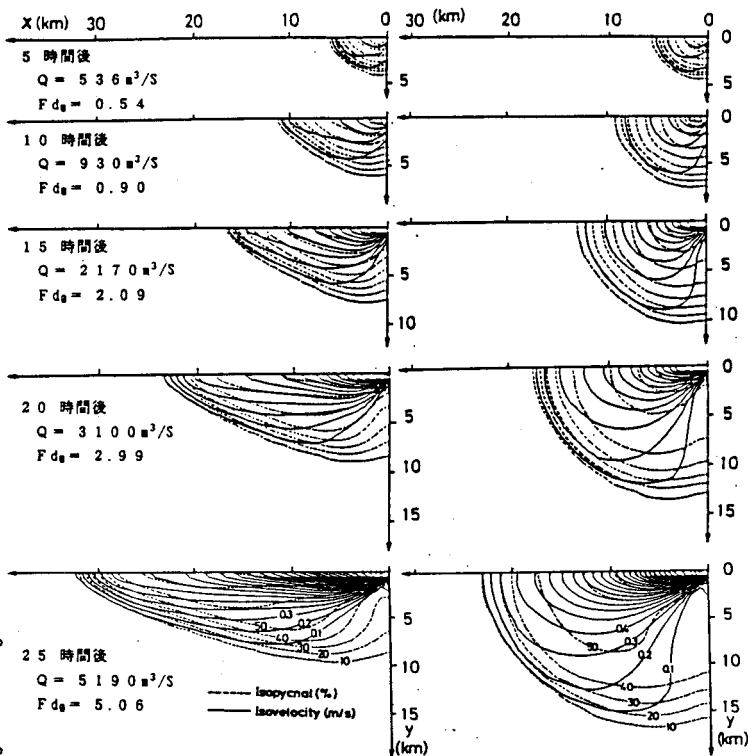
第32回水講で発表した数値実験結果およびNOAAによる熱映像写真によると、淀川河川流出流の拡がりは約40km×20kmに及んでいる。河口水位を2mおよび4mと仮定して、撮影時の流量から推定したロスビー変形半径はそれぞれ7.3km, 9.5kmである。すなわち、このときの淀川流出流は地球自転の影響を十分に受けるスケールに達していると考えられる。そこで、淀川流出流に及ぼすコリオリー力の影響を明確にするために、三次元数値実験を実施して検討した。

2. 数値実験の内容

数値実験は1982年8月1～2日の淀川洪水時の流動に適用した。このときの流量時間曲線に合わせて流量を5段階に分けて与えた。三次元数値モデルは第32回水講で発表した内容に、コリオリー項を付加して計算した。密度流では成層安定効果によって運動量や質量の鉛直方向の輸送が抑制されることから、渦動粘性係数と渦動拡散係数の減衰は勾配型リチャードソン数の関数として、それぞれ Webb, Kondo et alの式を採用した。また、コリオリーパラメーター f は大阪湾の緯度 34.67°N から $f = 2\omega \sin \phi = 0.00008296$ を用いた。ここに、 ω は地球自転の角速度、 ϕ は緯度である。

3. 計算結果とその考察

流出開始から5時間毎の海表面0.5m平均の流速 U と、密度偏差 $\Delta \rho$ の時間変化を図1に示す。流速は0.1m/s毎に、密度偏差は海水と河川水との密度偏差 $\Delta \rho_0$ の10%毎に等値線で示した。計算時刻における河川流量 Q および対応する河口密度フルード



(a) コリオリー力を考慮した場合

(b) コリオリー力を考慮しない場合

図1 等流速線と等密度差線の時間変化

数 Fd_0 を図中に記した。

コリオリ力を考慮しなかった場合には、河川流量の小さい段階では河川水は浮力流束に支配され、等密度差線は密度差による水平方向圧力勾配によって放射状に等間隔で広がる。河川流量が増加して Fd_0 が 1.0 を越え、流下方向の運動量流束が卓越し始め、河川水は河川軸方向に相似性を保った噴流的挙動を呈する。しかしながら、河川水は沖合いではブルーム的な挙動を呈する。25 時間後の等密度差線、等流速線は拡がりの先端部分で非常に密になっている。ここでは、流速勾配・圧力勾配の急なフロントが形成されていると推察される。

一方、コリオリ力の影響を考慮した場合には、10 時間以上経過した後に拡がり分布の歪みが確認できる。コリオリ力によって流れは右側に大きく偏向されているのが前図と比較すれば明瞭である。また、流量が増加するにもかかわらず、 y 方向への拡がりとはほとんど変化しないのが特徴的である。

拡がりの様子を調べるために、等密度差線の x 方向、 y 方向への最大拡がりの時間変化を図 2 に示す。コリオリ力を考慮しなかった場合、 x 方向および y 方向の時間変化は流量の増加にともない単調に増加している。一方、コリオリ力を考慮した場合には、 x 方向への拡がりの時間変化はより急勾配となり、 x 方向への拡がり速度は大きい。しかし、 y 方向の拡がりとは約 8 km で停止して、一定となる。

最後に、コリオリ力を考慮した場合の河川軸に直交する鉛直断面等流速線と等密度差線を図 3 に実線と破線で示す。流速は流下 (x) 方向の流速を示している。コリオリ力によって右側に偏向された河川水は海岸線に押し付けられた結果、層厚は海岸線で増加する。また、河川水と周囲水との界面は明瞭であり、等流速線と等密度差線とは平行に分布していることがわかる。

4. 結論

淀川規模の河川ブルームの拡がりを考える場合、地球自転の効果を考慮する必要があることがわかった。拡がりに及ぼすロスビー変形半径は約 8 km のオーダーであり「大雨後の淀川の水は西宮から神戸、須磨沖に向かって海の中を川のように流れる。」という沿岸漁民の話と一致する。

参考文献 室田明, 中辻啓二, 許再寧「気象衛星画像にみられた淀川河川流出流とその三次元数値計算」
土木学会第 32 回水理講演会論文集, pp233-238.

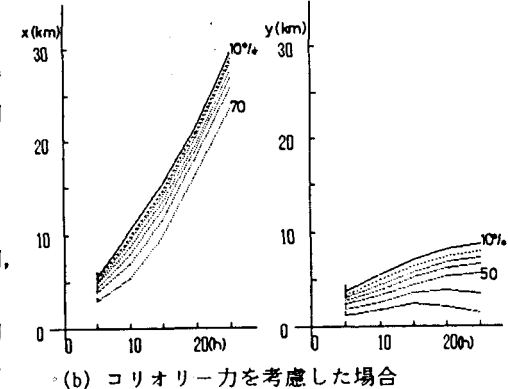
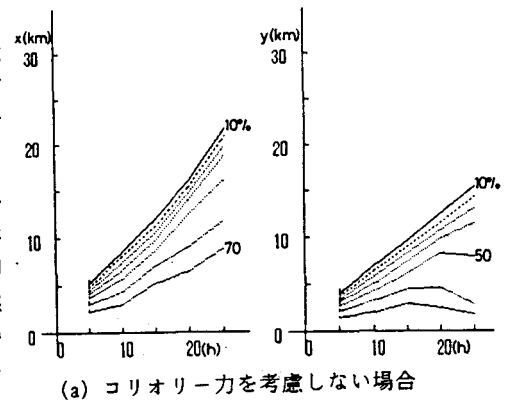


図 2 等密度差線の水平方向拡がりの時間変化

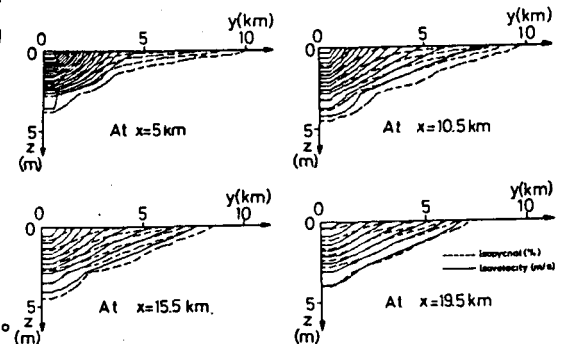


図 3 河川軸直交断面における等流速線, 等密度差線