

II-334

湾や湖における河川放流水の挙動に関する実験的研究

東京理科大学大学院 学生員 河合弘泰

1. はじめに

海や湖に流入した河川水の拡散は、流量や密度比、河口での流速の他、地球自転効果、潮汐を含む沿岸流、吹送等、様々な要素の影響を受ける。本研究では、コリオリ力が卓越する流れについて、河口幅(または放流量)、回転周期(緯度に相当)、水深、河川水と海水の密度比が、放流水の挙動に及ぼす影響について、模型実験によって調べた。

2. 実験方法

今回の実験に用いた水槽は、図1に示すように内径110(cm)の円柱型である。流入口の正反対の位置に排水堰を設けており、この堰の高さを変えることによって、水槽内の水深を自由に変わることが出来る。実験条件としては、放流水を淡水とし、水槽内の水は、淡水(淡水湖に相当)と3%食塩水(湾、塩水湖に相当)の2つの場合、水深は3.2~7.5(cm)、回転周期は30~120(sec)、河口幅は0.6~3.0(cm)とした。そして、放流水の挙動に大きな影響を及ぼすものと予想される、河口における流速及び水深を一定に保つため、流量は河口幅に比例させて、1.1~5.5 (cm³/sec)とした。

実験は、水槽内の水を剛体回転させることから始まる。剛体回転の確認後、放流を開始し、水槽内の流れが安定するまでしばらく待つ。そして、トレーサー(粒状・着色)を流しながら、水槽の上方約1.6(m)に設置したカメラによって、10秒間隔で12~18枚写真を撮影する。トレーサーと共に、水槽底の方眼紙を写し込むことによって、トレーサーの座標を判読することができる。この座標値から流跡線及び流速分布を得ることができる。1つの実験について20~40個のトレーサーの挙動を追跡する。

3. 実験結果

図2~3に示す様に、河口から水槽内に流れ込んだ河川水は、コリオリ力の影響で右へ偏向して渦を形成する。河口の両側には、放流水に連行する比較的大きな流速の流れが見られ、これが海岸侵食の原因の1つになっているものと考えられる。勿論、河口の左側にも、右側の渦と比較して、やや半径が大きく角速度の小さな渦ができるが、本研究では右側の渦のみに着目した。

この右側の渦の中心は、回転周期が長い(低緯度)ほど、河口幅が広い(流量が大きい)ほど河口から離れ、その半径も大きくなった。これらの渦を重ね描きしたのが図4~5であるが、渦の中心はほぼ1つの曲線上に乗っている。水槽内の水が淡水の場合と塩水の場合とでは、他の条件を同一にしても、渦の中心、半径共に歴然とした差が見られた。

渦の中心座標(x, y)、渦の半径R、循環Γを、Reyleighの方法によって次元解析し、放流水と水槽内の水との密度比k、河口幅B、回転周期T、水深Hで表したのが次式である。ここに、座標系は河口中央を原点とし、右側にx軸、沖に向かってy軸をとる。単位はCGS系に統一した。

$$\text{中心座標 } x = 1.17 k^{-2.71} B^{0.641} T^{0.345} H^{0.459} \quad (r = 0.716, n = 53)$$

$$\text{中心座標 } y = 7.29 k^{-29.9} B^{0.390} T^{0.261} H^{-0.173} \quad (r = 0.925, n = 53)$$

$$\text{半径 } R = 0.835 k^{-13.6} B^{0.593} T^{0.406} H^{0.361} \quad (r = 0.879, n = 40)$$

$$\text{循環 } \Gamma = 6.97 k^{-17.5} B^{1.26} T^{0.322} H^{0.448} \quad (r = 0.940, n = 40)$$

今回の設定条件では、水槽の大きさに対して、河口での流速が大き過ぎたか、回転周期が長過ぎたため、しばしば楕円形の渦を形成した。また、水深もその影響が明確に出るほど浅くなく、実験回数が少

なかったこともあり，上式に示した水深Hのべき数の信頼性は低い。

ところで，質点系の運動方程式によれば，この渦の角速度 ω と水槽の角速度 Ω との間には， $\omega = -2\Omega$ なる関係が成り立つ。しかし，今回の実験では，淡水の場合で $\omega = -1.7\Omega$ ，塩水の場合には $\omega = -1.1\Omega$ 程度となった。この-1.7，-1.1という値はこの水槽の特性値であると考えられる。-2にならない主な原因は，右回りに回転している渦と，左回りに回転する水槽壁との摩擦であると考えられる。また，淡水と塩水とで差がついたのは，塩水の場合に楕円の渦が多かったためである。渦が水槽壁のために楕円に押しつぶされている場合，水槽壁を押す圧力は大きくなっており，より大きな摩擦力を受ける。また，渦の中の1つの微小要素を考えると，円形の渦では変形することなく回転するのに対し，楕円形の渦では変形し，エネルギーのロスになる。このことも，原因になっているのではないと思われる。

4. まとめ

以上の結果を整理すると，次の通りである。

- ① コリオリ力の影響は，海で考慮されるよりも小規模な淡水湖においても検討する必要がある。
- ② 渦の中心はほぼ1つの曲線上に乗る。
- ③ 渦の強さを示す循環は，河口幅（流量）の約1.3乗に比例し，その影響力は大きい。
- ④ 湾や湖のような閉塞域では，渦が小さい内は円形であるが，大きくなると岸の形状の影響を受け，河口から右側全域を占める楕円の渦になる。
- ⑤ この渦の角速度は，質点系で考えられるよりも小さくなる。

図1. 実験水槽

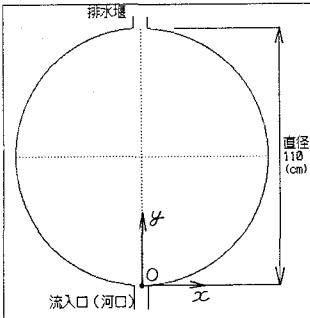


図2. 流跡線図（淡水， $B=1.8$ ， $T=90$ ， $H=5.7$ ）

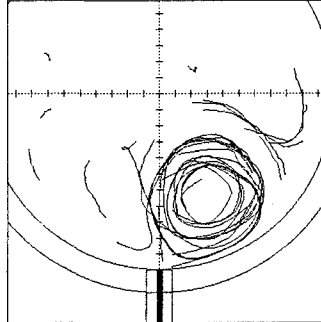


図3. 流速分布図（図2と同一条件）

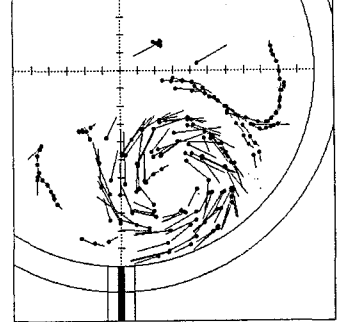


図4. 渦の分布（淡水）

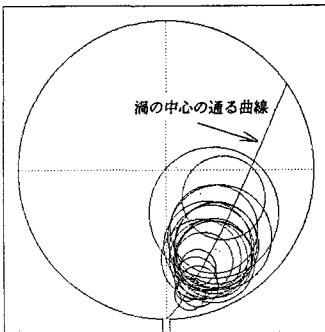


図5. 渦の分布（塩水）

