

II-352

谷中湖における風の観測と湖流の解析

東京大学大学院 学生会員 新井崇之
 東京大学 正会員 黄 光偉
 建設省土木研究所 正会員 河原能久

1. はじめに

谷中湖では水質悪化が顕在化している。水質解析を行う上で、湖流解析は、重要な位置を占めている。湖流を形成するのは、主に風による水面のせん断力であり、その風を決めることは重要である。谷中湖では、風の観測は、建設省の出張所においてなされているが、湖全域で様とはいえないので、風の分布を調べるために平成9年11月から12月に現地観測を行った。

また、観測値より風の内挿を行う際に、内挿値に連続の方程式を満足させるマスコンモデルを使った。

多層モデルを用い、観測データより、観測日の湖流を計算した。

2. 風の観測と結果

観測内容は、湖を囲む3点における地上約4mの風向・風速の観測と、タワーを用いた鉛直方向の風速分布の観測である。タワーには、風速計を地上2m、4m、10mに設けた。図1に観測地点を示す。

図2は、11月21日から25日における各観測点の風向・風速の変化を表したものである。風速が3m/sec程度あれば、風速・風向はほぼ一様であり、風速・風向が異なる場合でも、それが数時間続くことはないことがわかった。

3. 湖上の風速・風向の内挿

今回採用したマスコンモデルは、種々の大気拡散調査や局地気象調査などに広く使われている。マスコンモデルでは、第1段階として、観測地を対象領域内に展開された格子点に内挿する。そして、第2段階で、連続式を満たすように補正を加えるモデルである。

観測においては、風速・風向は、ほぼ一様とみなせる結果が得られた。風速が小さい場合について、内挿モデルを適用してみたが、適当な内挿値が得られ、モデルが機能することが確認された。

4. 湖流解析モデル

今回は、3次元固定格子モデルの一種である、2次元多層モデルを使った。このモデルの特徴は、2次元単層モデルと比べて3次元的な特性である吹き寄せ時における下層の逆流特性、地球自転効果による二次的な鉛直循環をあらわせることである。

観測結果より、湖の上層と下層で、水温はほとんど変わらない結果が得られたので、湖水密度を一様とできる。さらに、静水圧分布を仮定すると、運動量の式、連続の式は、次のようになる。

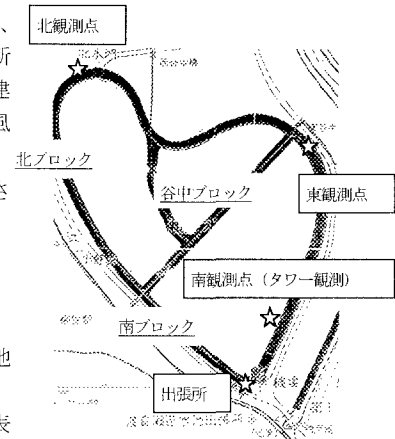


図1 観測地図

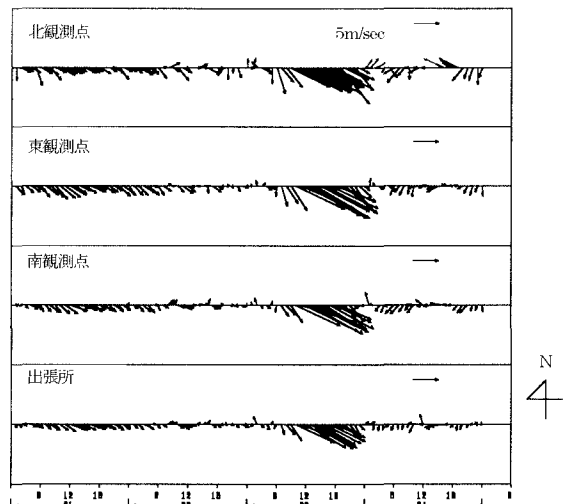


図2 11月21日～24日における各観測点の風の変化

キーワード 風の観測 湖流解析 吹送流 2次元多層モデル

連絡先 (東京都文京区7-3-1 03-3812-2111 内線 6139)

第 k 層 x 方向運動量の式 (y 方向も同様)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(u \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(v \cdot u)}{\partial y} + \frac{1}{h_k} \left\{ (w \cdot u)_{k-\frac{1}{2}} - (w \cdot u)_{k+\frac{1}{2}} \right\} - f \cdot v = -g \cdot \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(A_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{1}{h_k} \left(\tau_{k-\frac{1}{2}}^x - \tau_{k+\frac{1}{2}}^x \right) \right\}$$

連続の式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 \left\{ \frac{\partial(h_i \cdot u_i)}{\partial x} + \frac{\partial(h_i \cdot v_i)}{\partial y} \right\} = 0$$

$$w_{k-\frac{1}{2}} = -\sum_{i=k}^3 \left\{ \frac{\partial(h_i \cdot u_i)}{\partial x} + \frac{\partial(h_i \cdot v_i)}{\partial y} \right\}$$

計算格子には、スタッガードグリッドを用い、格子の大きさは、 $100\text{m} \times 100\text{m}$ とした。層分割は、水深方向に 3 分割した。空間差分には、中心差分を用い、オイラー陽解法により計算した。境界条件には、ノンスリップ条件、壁面において、水深、水面変動が連続とする条件を用いた。

5. 計算結果と考察

モデルの妥当性を確かめるために、12月4日午前9時～午後4時に測定された浮子の流動を再現した。浮子は、湖の南のブロックに水面下 0.2m、3m の位置に設置した。測定結果より、表層部、半水深部とも、ほぼ同じ流れパターンであった。図 3 は、半水深部における浮子の測定結果であり、図 4 は、それに対応する第 2 層（水深 2.5～5m）における計算結果である。流動パターンは、ほぼ一致している。

また、浮子の観測期間中、風向は変化していた（図 5）が、風向の変化による流れパターンの変化はなく、観測日前日の風速の大きい北西風による流れが 1 日経過した後も残っていることがわかった。

計算結果においては、第 3 層もほぼ同じ流れパターンであった。上の場合と同じ係数を用いて、夏季の代表風と考えられる風速 5m/sec の東南東の風が 6 時間続いた場合についても計算を行った。計算結果では、第 3 層において、1、2 層と逆向きの流れとなった。

冬の季節風のように、風速が 8m/sec をこえるような場合は、水面にはたらくせん断力が大きく第 1 層～第 3 層まで流れのパターンは一致する。しかし、通常は第 3 層では、上層と逆向きの流れパターンが見られ、層に分割して計算することが有効であることがわかった。

6. 今後の課題

今回の浮子の測定では、大まかな流れのパターンがわかった。さらに細かい係数の比較を行うためには、

流速計を設置する必要がある。風速・風向は季節により大きく変わるので、流れ

のパターン、水深方向の流速の分布が変わり、これに対しても計算する必要がある。

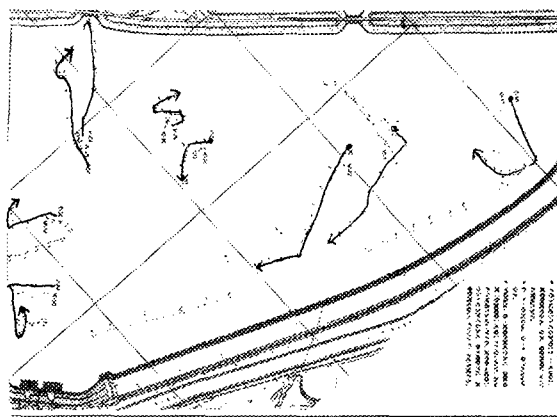


図 3 観測結果(南ブロック、水面下 3m)

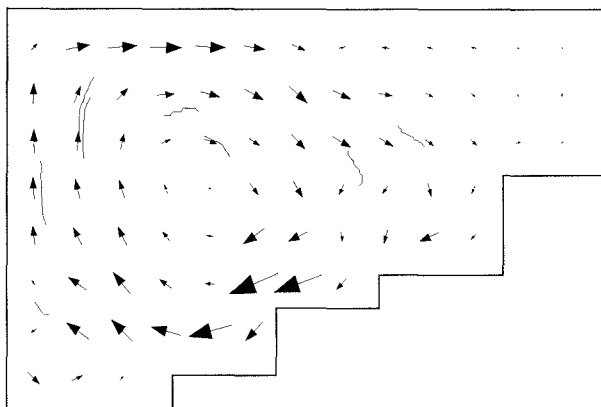


図 4 計算結果(南ブロック、第 2 層 2.5m～5m)

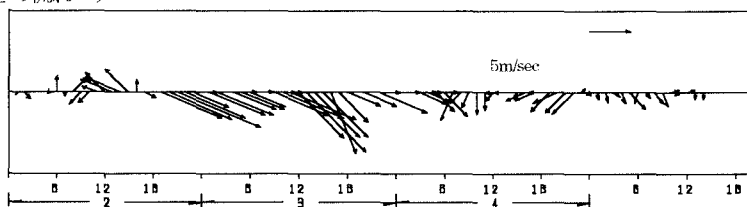


図 5 12月2日～5日の東観測点における風の変動