

児島湖における潮流の数値シミュレーションに関する基礎的研究

復建調査設計	正員	・万代 昌人
奥村組	正員	古川 雅清
岡山大学工学部	学生員	山田 敦
岡山大学工学部	正員	河原 長美

1. はじめに

近年 児島湖の水質の低下が顕著であり、農業および漁業にとって、水質保全が切実な課題となってきた。そこで、本研究は、水質変化の機構を明らかにする第一歩として、湖水の流動特性について、主として、数値シミュレーションにより検討を加えたものである。検討に際しては、計算条件(差分間隔、諸係数)を変えて、それらがシミュレーション結果に及ぼす影響を調べるだけでなく、数値シミュレーションによる計算値と実測値との比較も行なった。

2. 解析方法

本研究では、Leendertseら¹⁾によって開発された3次元モデルの差分式を2次元化したものを用いた。平面2次元の基礎式は、以下に示すものである。

$$\text{連続式} \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial (Ru)}{\partial x} + \frac{\partial (Rv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial (Ru)}{\partial t} + \frac{\partial (Ru^2)}{\partial x} + \frac{\partial (Ru^2)}{\partial y} - fRu + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{f}(\tau_x^b - \tau_x^s) - \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial (R A_x \partial u / \partial x)}{\partial x} + \frac{\partial (R A_y \partial u / \partial y)}{\partial y} \right\} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial (Rv)}{\partial t} + \frac{\partial (Ruv)}{\partial x} + \frac{\partial (Rv^2)}{\partial y} + fRv + \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{f}(\tau_y^b - \tau_y^s) - \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial (R A_x \partial v / \partial x)}{\partial x} + \frac{\partial (R A_y \partial v / \partial y)}{\partial y} \right\} = 0 \quad (3)$$

ここに、 u, v : x および y 方向の流速、 ζ : 基準面より水面までの高さ、 f : コリオリ係数(0.008^{rad/s})、 A_x, A_y :

水平運動量拡散係数、 P : 圧力、 ρ : 密度である。セン断応力項については、 τ_x^s, τ_y^s のみ考慮し、次の表現を用いた。 $\tau_x^b = \rho g^2 u \sqrt{u^2 + v^2}$, $\tau_y^b = \rho g^2 v \sqrt{u^2 + v^2}$ (g_b : 底での抵抗係数)

格子網は以下に述べる通りの方法で設定した。Case 1は、 $\Delta x = \Delta y = 200$ mで (Fig. 2は、Case 1の場合を示している)、このときの時間ステップは、 $\Delta t = 5$ 秒を用いた。Case 2は格子間隔 $\Delta x = \Delta y = 100$ mで、時間ステップは $\Delta t = 3$ 秒であり、Case 3はCase 1における格子網を樋門付近の9個のメッシュのみ $\Delta x = \Delta y = 66.67$ mの格子網としたもので、 $\Delta t = 2$ 秒である。いずれの場合も風速0 m/sec、水底の抵抗係数 $g_b^2 = 0.0026$ 、水平運動量拡散係数 $A_x = A_y = 10$ m²/secを与えた。

境界条件としては、Fig. 2で●印で示された部分、つまり、樋門および

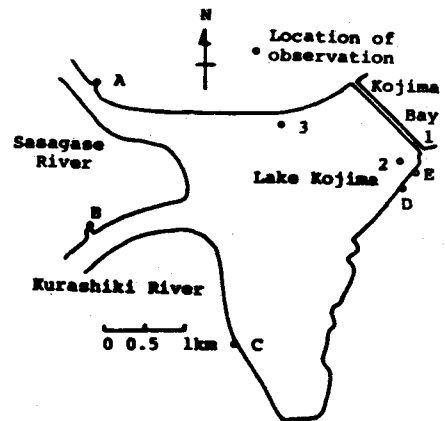


Fig.1 Study area

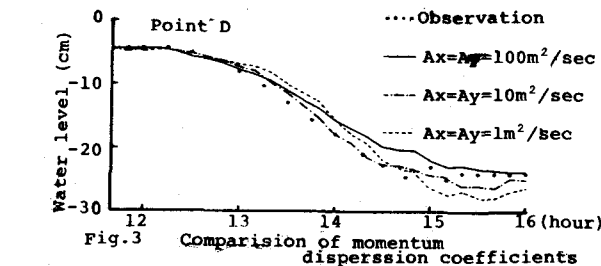


Fig.3 Comparison of momentum dispersion coefficients

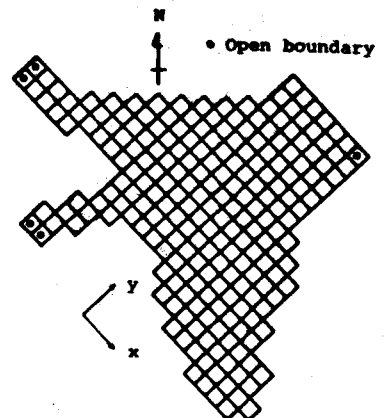


Fig.2 Computational grid

河口部のみを開境界とし、その他はすべて閉境界として取り扱い、樋門では、実測流量を与え、河口部では、実測水位を与えた。また、初期条件として、水位に関しては、実測値の初期水位を平均した値を水域全体に与え、流速に関しては、すべてゼロとした。

3. 結果および考察

本研究では、計算条件(格子間隔、抵抗係数、水平運動量拡散係数)を変えた場合の水位および流速の計算結果を実測値と比較することにより、数値シミュレーションの妥当性について検討した。

Fig. 3は、水平運動量拡散係数を変えた場合($\gamma_b^2=0.0026$, $\Delta x=\Delta y=200\text{m}$)の水位変化の図である。これより、水平運動量拡散係数の値が小さいと、水位の振動が激しくなり、逆に、大きな値では、グラフがなだらかになる傾向が認められる。これは、格子間隔 100m の場合にも同様であった。

水底の抵抗係数 n の比較は、通常用いられている 0.0026 を基準に、 0.0104 , 0.00065 の3種類の値で行なった。その結果、この3種類の値では、水位、流速共に、ほとんど差は現われなかった。Fig. 4は $\Delta x=\Delta y=200\text{m}$, $A_x=A_y=10\text{m}^2/\text{sec}$ での水位を用いたための比較の図である。

格子網に関しては、3 Caseについて検討した。結果をFig. 5, 6に示す。水位に関しては、あまり大きな差は現われなかったが、流速に関しては、Case 3, Case 2, Case 1の順に実測値に近くなっている。これは、樋門での境界条件を流量で与えているため、数値計算で考えられている樋門幅が、実際の樋門幅 72m に、この順に近い値であることによると考えられる。また、全般的な流速分布を検討すると、Case 1やCase 3で確認できない環流が、Case 2では確認できた。

4. 終わりに

計算条件を検討した結果、水平運動量拡散係数に関しては、 $A_x=A_y=10\text{m}^2/\text{sec}$ 程度であると考えられる。水底の抵抗係数に関しては、その影響はほとんど現われない。また、格子網に関しては、水位には、ほとんどその影響は現われないが、流速の面では、Case 3が最適である。全般的な流速分布では、どのCaseもほぼ同様の傾向であるが、細かい環流が確認できることから、Case 2が最適である。

今回の数値シミュレーションでは、水位はほぼ実測値に合っているが、流速の面では、まだ実測値に適合していない部分も認められる。したがって、今後の課題としては、流速の面で、実際現象を近似するため、風の影響の考慮と、三次元的な流速の取り扱いが必要とされよう。

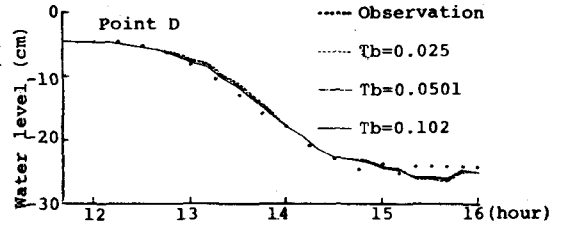


Fig. 4 Comparison of T_b

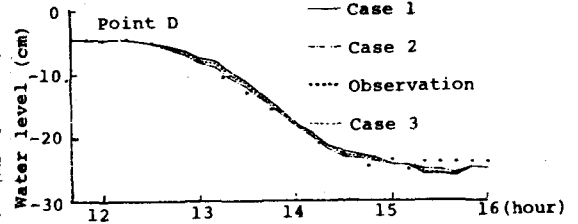


Fig. 5 Comparison of water level Point 2

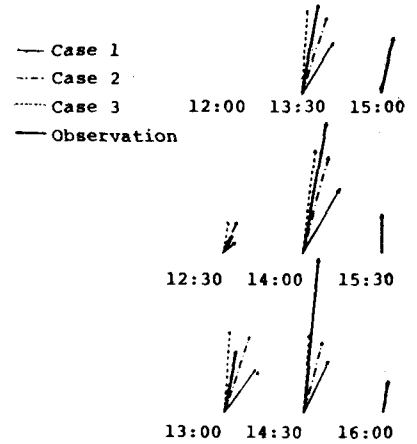


Fig. 6 Comparison of velocity

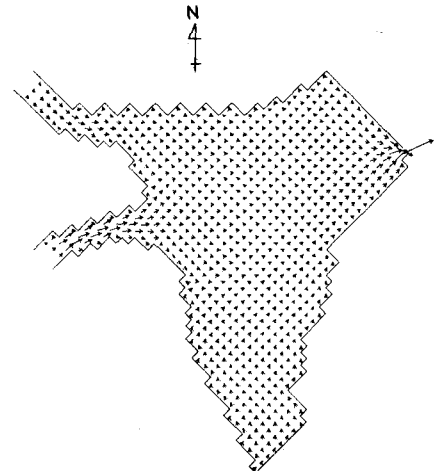


Fig. 7 Velocity Components