

児島湖の流動特性に関する研究

岡山大学工学部 正員 名合 宏之
岡山大学工学部 正員 河原 長美
岡山大学工学部 学生員 山田 敦

児島湖は、農業にとっては灌がい用水の確保のため、また、漁業にとっては貴重な漁場としてその役割をはたしている。しかし、沿岸集水域からの汚濁負荷の増大や、緯切りに伴う水の交換能の低下により水質の低下が顕著であり、児島湖の水質保全が農業および漁業にとって切実な課題となってきた。そこで、本報告では、児島湖における水質物質の挙動を明らかにし、水質保全対策を検討する第一歩として、湖水の流動特性について、現地観測および数値シミュレーションにより検討を加えるものである。

1. 観測方法

観測は昭和55年8月7日の11時30分より16時まで、Fig.1に示すA～Eおよび1～3の各地点で行なった。A～Eは水位観測地点であり、1～3は流速観測地点である。当日の樋門操作状況は、開門が12時15分、閉門が14時50分であった。観測方法として、水位に関しては、湖岸に設定した基準点より水面までの距離を測定し、T.P.で表わした。観測は、11時30分から12時までは15時から16時までは5分間隔で、12時から15時までは15分間隔で行なった。流速に関しては、地点1では、樋門からの流出流量を算定するため、12時30分から14時30分まで30分間隔で、樋門の流水断面内の各点で測定を行なった。地点2、3では、11時30分から16時まで30分間隔で、流速の鉛直分布を50cm間隔で流向も含めて観測した。

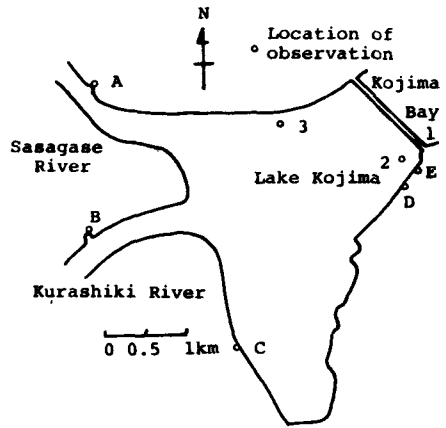


Fig.1 Study area

2. 平面2次元の基礎式

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

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial (Ru)}{\partial t} + \frac{\partial (Ru^2)}{\partial x} + \frac{\partial (Ru^2)}{\partial y} - fRu + \frac{R}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho} (\tau_x^2 - \tau_y^2) - \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial (RA_x \frac{\partial u}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial (RA_y \frac{\partial u}{\partial y})}{\partial y} \right\} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial (Rv)}{\partial t} + \frac{\partial (Ruv)}{\partial x} + \frac{\partial (Rv^2)}{\partial y} + fRu + \frac{R}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho} (\tau_y^2 - \tau_x^2) - \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial (RA_x \frac{\partial v}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial (RA_y \frac{\partial v}{\partial y})}{\partial y} \right\} = 0 \quad (3)$$

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 : コリオリ係数で $f = 0.00008 \text{ rad/s}$ である。 A_x, A_y : 水平運動量拡散係数、 P : 圧力、 ρ : 密度、また、せん断応力項については、次に示される表現を適用する。

$$\tau_x^2 = R \rho_a W^2 \sin^2 \varphi, \quad \tau_y^2 = R \rho_a W^2 \cos^2 \varphi \quad (4)$$

$$\tau_x = \rho \rho_a^2 u \sqrt{u^2 + v^2}, \quad \tau_y = \rho \rho_a^2 v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (5)$$

ここに、 R, ρ_a^2 : それぞれ水面および底面の抵抗係数、 W : 風速、 φ : y 軸と風向とのなす角度、 ρ_a : 空気密度である。また、数値計算にあたっては、Fig.2に示される space-staggered-scheme による差分法を適用する。

3. 初期条件および境界条件

Fig.3に示されるように、児島湖水域を $\Delta x = \Delta y = 200 \text{ m}$ の格子網に分割し、●印で示される部分を閉境界とし、その他はすべて開境界とした。初期条件として、水位に関しては、観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

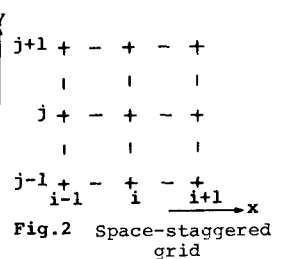


Fig.2 Space-staggered grid

てゼロを与えた。また、境界条件として、樋門では実測流量を与え、倉敷、笹ヶ瀬両河川では、河口部の境界から児島湖の水位変化が及ぶ上流端までの水面積と同じ水面積を有するため池を想定し、境界において連続式を適用して計算を進めた。その他の計算条件として、 $\Delta t = 5$ 秒、抵抗係数 $n = 1.2 \times 10^{-3}$ 、 $\sigma = 0.0026$ を与えた。

4 結果および考察

観測により得られた水位変化のうち、地点Bおよび地点Dでの水位変化をFig.4に示す。図よりわかるように、樋門開門による水位低下はおおよそ21cmである。開門開始は12時15分であり、地点Dでは12時15分からすみやかに水位低下が生じている。一方、地点Bでは水位低下が30分程度遅れて生じている。また、開門中の水位低下の形状はほぼ直線的である。閉門後に地点Dでは15時、地点Bでは15時15分付近に一時的な水位上昇がみられる。これは、閉門によりセイシュが生じるためであり、セイシュの周期はおおよそ30分である。地点2および地点3における11時30分、13時、14時、15時での流速分布をFig.5およびFig.6に示す。いずれも樋門方向の流速を正としている。これらの図より、閉門前の流速はごく小さく、閉門後流速は徐々に増し、14時に最大となり以後減少することがわかる。なお、地点2では表面より2~4m、地点3でも表面より2~3m付近の流速が大きいことがわかる。また、地点2での11時30分の上層の逆流は風向に一致することより、風によるものと考えられる。数値シミュレーションにより得られた結果のうち、流速が最も大きい14時の流速分布をFig.7に示す。このような流速分布図より得られた流動特性は次のようである。閉門前には、

ほとんど流れはなく、河口近辺のみ明確な流速が認められる。閉門時には、閉門直後から樋門方向に向かう流れが全体に生じ、閉門後は流速はほとんどなくなるが、樋門方向の流れは持続しており、樋門から左右にわかれて湖岸に沿う流れを生じる。全体的な状況は観測値とはほぼ一致するが、流速の大きさは観測値の半分程度であり、これについてはさらに検討を加える必要がある。

参考文献

Jan J Leendertse, Richard C Alexander, and

Shiao-Kung Liu; A Three Dimensional Model for Estuaries and Coastal seas,

Vol. I, Principles of Computation, The Rand Corporation, R-1947-OWRR, December 1973

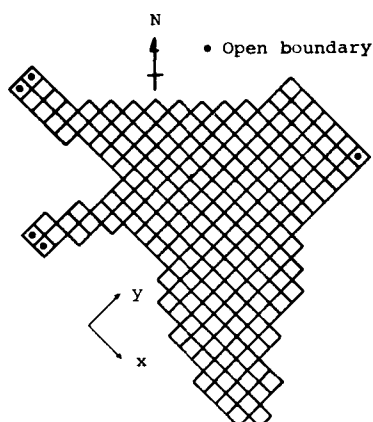


Fig.3 Computational grid

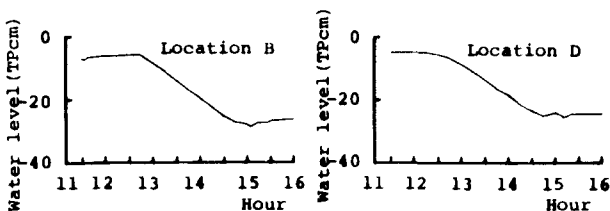


Fig.4 Change of water levels during observation

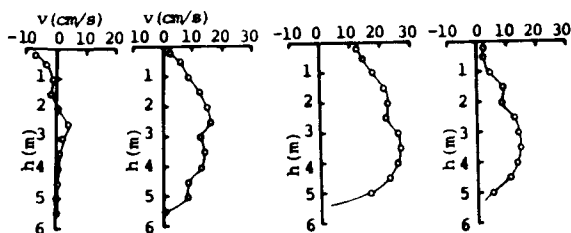


Fig.5 Velocity at Location 2

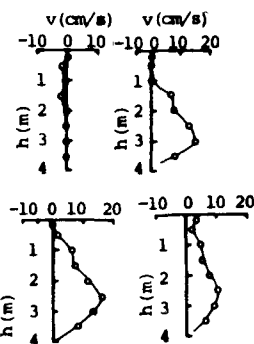


Fig.6 Velocity at Location 3

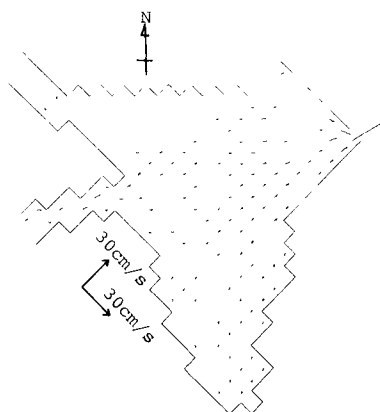


Fig.7 Velocity components