

児島湖における流動のシミュレーションに関する研究

銭高組 正 員○高木 哲也
岡山大学工学部 正 員 河原 長美
岡山大学工学部 学生員 山下 尚之

1. はじめに

児島湖では、近年水質の低下が顕著となり、富栄養化が進んできている。このような状況を背景として、湖の水質改善あるいは環境改善といった面から、各種の施策が提案され、実施に移されてきている。それらの提案の一つとして、湖内に新たに島を設ける構想も考えられている。そこで本研究では、島を児島湖内につくった場合の流動特性について、数値シミュレーションの手法を用いて検討を加えた。

2. 解析方法

2-1 基礎式

連統式

鉛直方向の運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \frac{\partial P}{\partial z} + \rho g = 0$$

水平方向の運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial (uu)}{\partial x} + \frac{\partial (vu)}{\partial y} + \frac{\partial (wu)}{\partial z} - f_v &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial (uv)}{\partial x} + \frac{\partial (vv)}{\partial y} + \frac{\partial (wv)}{\partial z} + f_u &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

u, v, w : x, y, z 方向の流速成分, P : 圧力, ρ : 密度, f : コリオリ係数 τ : セン断応力項

この基礎式を鉛直方向に層毎の積分を行い、差分を用いてシミュレーションを行なった。

2-2 計算条件

最初に、児島湖を格子網に分割する。本研究では格子間隔を $\Delta x = \Delta y = 200 \text{ m}$ として計算した。境界については笹ヶ瀬川、倉敷川および樋門では開境界としその他の領域はすべて閉境界とした。鉛直方向に関しては上層を 3 m、2 層および 3 層を 2 m とした。境界条件として、笹ヶ瀬川、倉敷川および樋門に関しては観測水位を与え、初期条件としては、水位に関しては笹ヶ瀬川、倉敷川、両河口の初期水位の平均値を、また流速に関してはゼロを領域全体に与えた。その他の条件は、表 1 の通りである。

表 1 計算条件

格子間隔	$\Delta x = \Delta y = 200 \text{ (m)}$ $\Delta z = 3 \text{ (m)}$ (1層) $\Delta z = 2 \text{ (m)}$ (2, 3層)
時間ステップ	$\Delta t = 10 \text{ (sec)}$
コリオリ力	$f = 0.00008 \text{ (rad/sec)}$
水平渦動粘性係数	$A_x = 10 \text{ (m}^2/\text{sec)}$ $A_y = 10 \text{ (m}^2/\text{sec)}$
抵抗係数	水面 = 0.0026 層間 = 0.0001 底面 = 0.0026
拡散係数	$D_x = D_y = 10 \text{ (m}^2/\text{sec)}$ $D_z = 5 \times 10^{-3} \exp(-3R_i) \text{ (m}^2/\text{sec)}$
流 量	笹ヶ瀬川 5.49 m ³ /sec 倉敷川 1.57 m ³ /sec

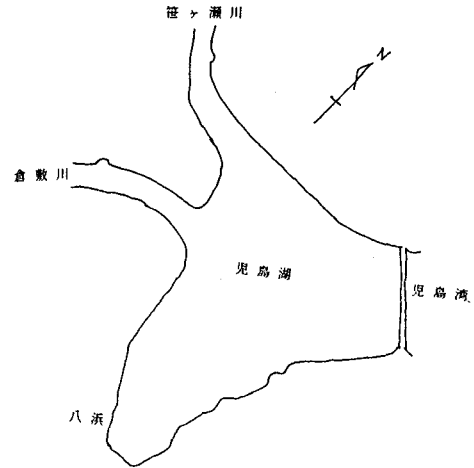


図 1 児島湖

3. 島の設定条件

島の位置を決めるにあたって、まず島のない状態でシミュレーションをおこない、そのシミュレーションの結果から、環流の中心に島をつくって、還流が大きくなるように設定した。また、下水処理場の放流付近の水が拡散するように、考慮した。環流が大きくなると、死水域（ほとんど流動していない水域）が減り、流動性が向上し、汚濁物質の拡散が促進されると考えられる。

4. 島の影響

図2は島のない状態でシミュレーションを行なった結果であり、図3は島をつくってシミュレーションを行なった結果である。また、図中の☒は、島を表しており、TIMEは樋門が開いてからの時間を表している。

①樋門が閉まった直後では島の無い状態と逆方向に流れる現象が、湖全体にみられる。特に、八浜（下水処理場の放流地）付近の流れが、流速は弱いながらも、湖心へ向かって流動するのが確認された。

②樋門閉鎖後2時間から5時間程度までは、島の無い状態で、八浜から湖心へ流れていたものが、島をつくると、逆に湖心から八浜への流れに変化しているのが全体的にみられ、島の影響を受けて、流動にかなりの変化が現れることがみられた。

③その後、ほとんど風の影響だけで流動しており、定常な流れとなっている。島のあるところでは、島を回るように流れているものや島のために流動しなくなっているものがある。

5. まとめ

今回の研究により、還流の中心における人工島の建設によっても流動が変化することが明らかになった。島があると流動が促進される場合もあるが、逆に島が障害物となって、流動しなくなり、死水域を増大させてしまう場合も存在した。今後は、汚濁物質の拡散に及ぼす島の場所の影響や諸係数および境界条件についてさらに詳細な検討を進めていくことが必要である。

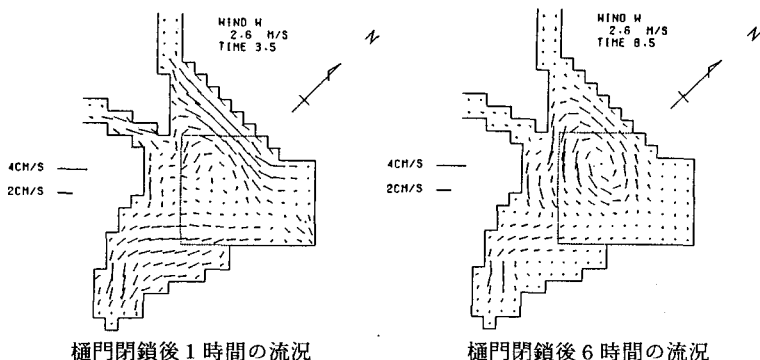


図2 島のない場合

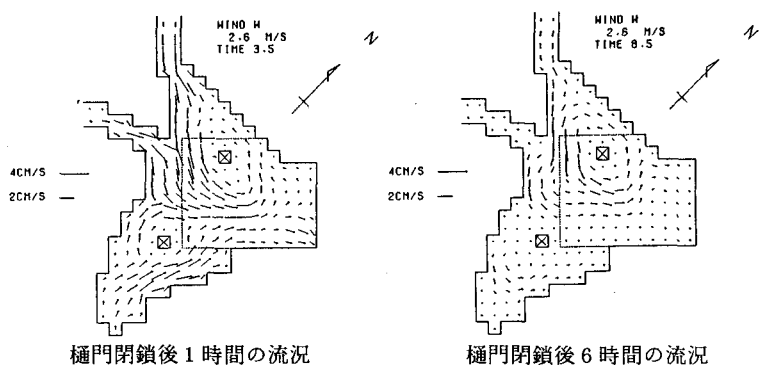


図3 島をつくった場合