

児島湾の流動解析に関する基礎的研究

岡山大学大学院

学生員 ○辻 風馬

岡山大学大学院

学生員 小川 信

岡山大学環境理工学部

正会員 前野詩朗

1. はじめに

旭川の放水路である百間川は分流量 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ に対応した改修がほぼ完成している。しかし、百間川河口部にある現有的水門は現在 $1,200\text{m}^3/\text{s}$ の排水能力しかないため改修を行う必要がある。このように水理構造物を新たに設置したり改修したりする際には、設置後の流況変化や水質変化を予測し、環境への悪影響を回避することが求められている。そこで、本研究では、百間川河口部並びに児島湾の流動特性を明らかにするための基礎的段階として、現存する水門周辺の流動特性を、MEC モデルを用いた 3 次元流動解析により明らかにするものである。

1. 解析方法の概要^{1), 2)}

平均海水面を x - y 平面とし、鉛直上向きを正とするデカルト座標系を考える（図 1）。水深は h 、平均水面からの水面変位は ζ （上向き正）で表す。対象海域は f 面近似（コリオリ力が緯度に依存しない）が可能であるとする。児島湾のような湾内域では、鉛直方向の運動が十分小さいとして静水圧近似を適用し、浮力項でのみ密度変化を考えるブシネスク近似を適用すると、海水の運動は以下の支配方程式で記述することができる。

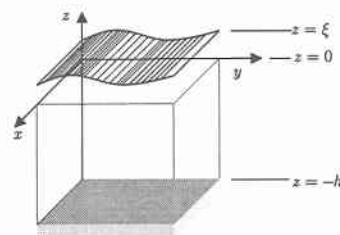


図 1 座標系

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} + fu - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + A_M \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} + fv - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + A_M \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (2)$$

静止流体の式、連続の式は、下式で表される。また、水位 ζ の計算は式(5)を用いる。

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad (3) \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4) \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\zeta} u dz - \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^{\zeta} v dz \quad (5)$$

は、 u, v, w それぞれ x, y, z 方向流速、 ζ は水面変位、 p は圧力である。また、 ρ, ρ_0 は海水密度、 f はコリオリパラメータ、 A_M, K_M は水平および鉛直渦動粘性係数である。

それぞれの式の移流項には 1 次上流差分、粘性・拡散項には中央差分を適用する。

時間方向の積分は以下のように行う。 u, v, ζ の式(1),(2),(5)には、いわゆる forward-backward scheme を適用する。すなわち、まず、Euler 前進差分によって式(1),(2)より u, v を求める。次に、式(5)に得られた最新の u, v を適用し、 ζ を求める。メッシュはスタガードメッシュを使用する。

3. 開境界ならびに百間川水門の取り扱い³⁾

河川の開境界メッシュについては、そのメッシュに、非常に大きな面積を持ったため池のようなものを想定し、一定流量を与えることによる水位変化と児島湾側のメッシュからの流入量による水位変化を前のタイムステップの水位に加える。児島湾湾口の開境界メッシュについては、河川の場合と同様に、まず、そのメッシュに、ため池のようなものを想定し、潮汐による水位変化と児島湾側のメッシュからの流入量による水位変化を前のタイムステップの水位に加える。また、百間川水門に関しては、水門を隔てて、百間川上流側の水位が児島湾側の水位に比べて、5cm 以上高くなった時点で、全開。5cm より低くなれば、全閉。水門が閉まっている時は陸と同じ取り扱いを

する。水門が開いている時は水門を消し、そのメッシュには、百間川上流側の水位と児島湾側の水位の平均水位を与える。

4. 解析条件

表1の解析条件の下で、平水の場合を想定し、計算を行う。 A_{river} は河川の境界メッシュに与える面積であり、 A_{seto} は湾口の境界メッシュに与える面積である。なお、計算時間は18h、潮汐の周期は半日を与える。初期値として、流速に関しては、計算領域全体に0を代入する。温度・塩分に関しては、一般的な鉛直分布を与える。

5. 解析結果

図2は流速・流向の時間変化である。図中のグラフは潮汐の時間変化を表している。①は満潮近くの流況であり、河川上流側へ逆流している。②は満潮時であり、大きな流速は見当たらないが、湾口と水門湾の間に、小さな渦が発生しているのがわかる。③は満潮後2時間経った流況である。水位が急激に下がっているため、河川から湾口に向けての大きな流速が計算領域全体で目立つ。また、水門では百間川上流側の水位が百児島湾側の水位を上回ったため、少量ではあるが、流出している。④では水門での水位差が大きく広がったため、大量の水が流出し

表1 解析条件

初期入力データ	値
旭川流量	$10m^3/sec$
百間川流量	$5m^3/sec$
吉井川流量	$10m^3/sec$
旭川 A_{river}	$1.4 \times 10^6 m^2$
百間川 A_{river}	$0.7 \times 10^6 m^2$
吉井川 A_{river}	$1.6 \times 10^6 m^2$
児島湾湾口 A_{seto}	$448.9 \times 10^7 m^2$
潮汐の振幅	1.0 m
計算時間	18 時間
時間刻み dt	0.5 秒

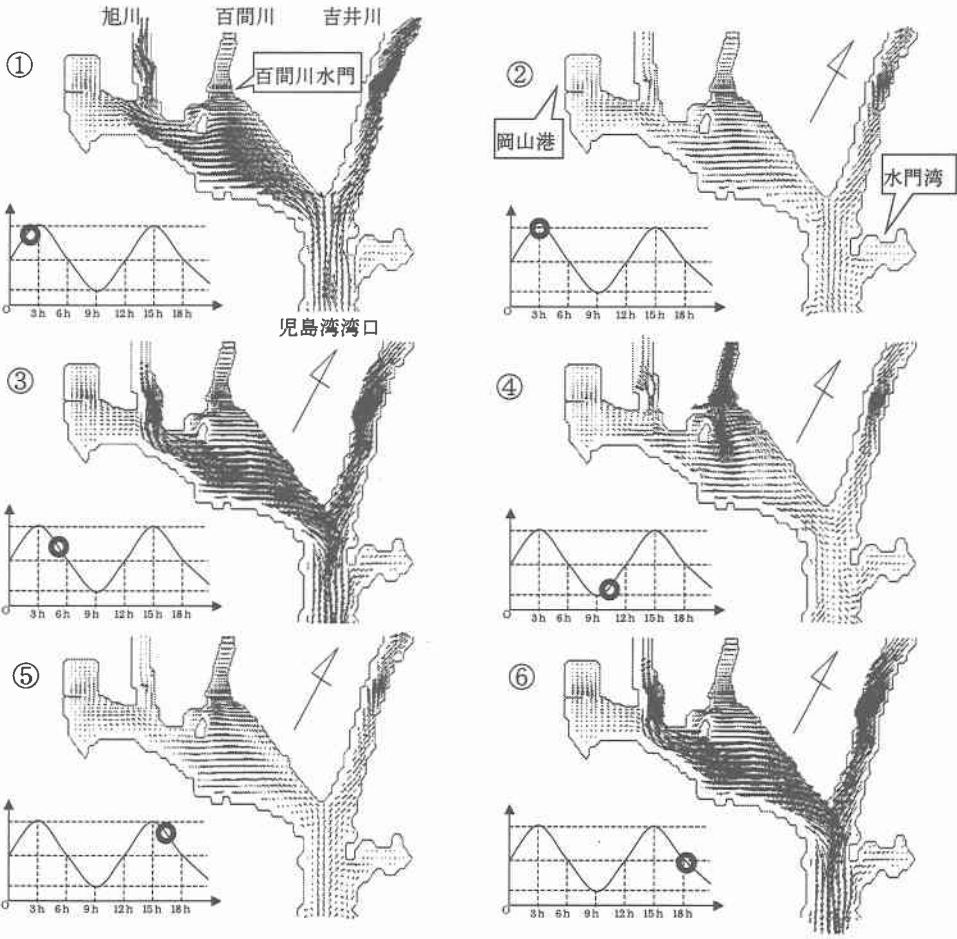


図2 解析結果

ている。②と同じような渦も見られる。⑤は満潮を少し過ぎた頃であり、全体的に穏やかな流況が見てとれる。⑥は最も湾口での潮汐変化が激しい時間帯であるため、湾口に向けた大きな流速が支配的である。

6. 結論及び今後の課題

全体を見れば、児島湾の流況は潮汐作用に支配されていると言える。また、水門湾や岡山港および岡山港周辺は流速が非常に小さく、水の大部分が滞留しているものと考えられる。潮の変わり目では、児島湾湾口において、小さな渦が発生する事が確認できた。今後は、より詳細な水門周辺の流況解析を行うため、鉛直方向の圧力方程式を水門周辺で厳密に解くことにより、その再現性を高めていく必要がある。

〔参考文献〕 1)日本造船委員会, 海洋環境研究委員会, ‘MEC モデルワークショップ (第1回)’ 00.11, 2)日本造船委員会, 海洋環境研究委員会, ‘MEC モデルワークショップ (第2回)’ 01.2 3)前野詩朗, ‘湾内シミュレーションに関する研究’, 岡山大学 55 年度卒業論文