

有明海の海象および水質特性に関する基礎的研究(Ⅱ)
-数値モデルを用いた流れ解析-

佐賀大学大学院 工学系研究科 ○学 佐藤 公俊 学 稗田 吉伴
佐賀大学 低平地防災研究センター 正 荒木 宏之
佐賀大学 理工学部 正 古賀 憲一 学 町田 史子

1.はじめに

別報¹⁾で、有明海における大まかな海象および水質特性の把握を行うことができた。本報では、有明海の流れ特性の把握を行うために、数値モデルを用いた流れ解析を行い、潮流の再現を試みた。

2.解析手法

有明海は我が国最大の潮位差を有し、引き潮時には広大な干潟が干出する海域である。流れ解析には既存の二次元流れ・物質輸送モデルを使用し、干潟部には移動境界を用いた。以下に流れに関する基礎方程式を示す。

$$\text{連続式: } \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} - S = e \quad \dots (1)$$

運動量保存式:

$$x: \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{K_x \sqrt{p^2 + q^2}}{c^2} \frac{p}{h} - \rho V V_x - \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} - \Omega q - E \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right) - S_x \quad \dots (2)$$

$$y: \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + gh \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{K_y \sqrt{p^2 + q^2}}{c^2} \frac{q}{h} - \rho V V_y - \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial q}{\partial y} - \Omega p - E \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right) - S_y \quad \dots (3)$$

- t: 時間
- c: 平均水深からの変位 h: 水深
- p, q: x, y 方向の流れ(p=u・h, q=v・h)
- u, v: x, y 方向の流速
- S: 吸い込み/湧き出し
- S_x, S_y: x, y 方向の吸い込み/湧き出し
- e: 蒸発率
- c: Chezy の抵抗係数
- f: 風による水面摩擦係数
- V_x, V_y: 風速および x, y 方向の風速
- p_a: 大気圧
- ρ_w: 水の密度
- Ω: コリオリ係数
- E: 渦動粘性係数

解析領域を 500m メッシュに区切り、外界との海水交換は早崎瀬戸のみとした。開境界の早崎瀬戸には、口之津港における毎時潮位観測データを与え、流入する一級河川には日流量観測データを与えた。その他の解析条件は表-1 に示す。

3.潮流解析結果と考察

図-1 に湾奥部における大潮干潮時の干潟の実形状と計算上の干潟の形状を示す。計算結果はほぼ干潟の実形状と一致しており、移動境界条件の与え方は妥当であることがわかる。図-2 に 1995 年 12 月の大潮期における主要港・有明海タワー総合観測所の潮位計算結果と有明海タワー総合観測所における潮位の実測値を示す。計算結果は湾口から次第に湾奥へ向かうにつれ振幅は増幅しており、位相差は湾口の口之津港から湾奥の有明海タワー総合観測所までで 25 分程度となり、潮位・位相差とも観測結果とほぼ一致した。図-3 に早崎瀬戸東流最強時における潮流の計算結果と実測値

表-1 解析条件

| | |
|--------|-----------------------|
| コリオリ係数 | 各格子点の緯度より求める |
| 時間間隔 | t=10 sec |
| 計算期間 | 1995年1月~1995年12月 |
| 渦動粘性係数 | 100 m ² /s |
| 海底摩擦係数 | c = 1/A ² |
| | h: 水深 |
| | n: マニングの粗度係数 0.018 |

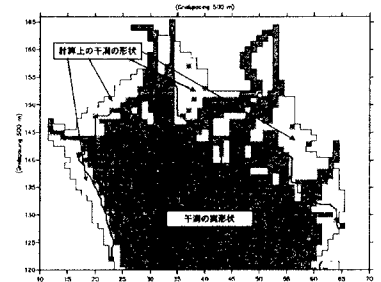


図-1 干潟の形状

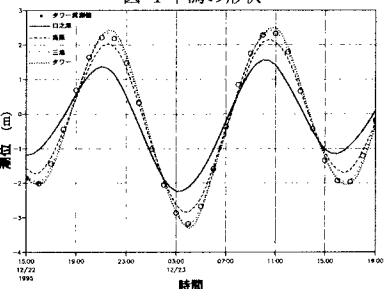


図-2 主要港・タワーにおける潮位

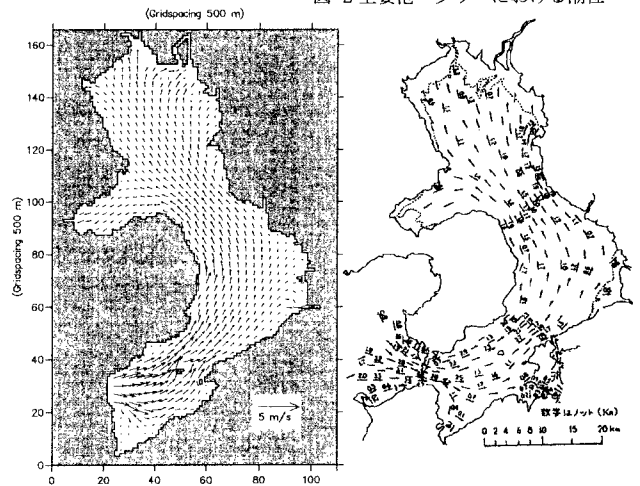


図-3 早崎瀬戸東流最強時における潮流の計算結果と実測値

果と実測値を示す。計算結果の流向はほぼ全湾において観測結果の流向と一致した。また、図-4に示すように早崎瀬戸東流最強時における有明海主流部の任意点の流速計算結果においても実測値とほぼ一致した。図-5に1995年の1年間における全湾の平均流計算結果(m/s)と恒流図(ノット)を示す。平均流の計算結果は、局所的な差違はあるが、ほぼ全湾において恒流図の流速・流向と一致しており、平均流の再現も行えたといえる。有明海の平均流は、湾口部では非常に流速ベクトルが大きく、天草半島沖には大きな環流が見られる。湾中央部では、東側で北上流、西側では南下流の相反する流れが確認でき、特に長洲沖・島原半島北岸沖で流れが顕著に現れている。湾奥部では、局所的に数多くの環流が見られ、流れは複雑になっていることがわかる。また、水質調査結果から湾奥部西側では、水質悪化が認められるが、湾奥西側では流速が小さく、多くの環流があることから、流れの停滞が起こり、水質へ影響を与えていると考えられる。

図-6に河川流入量が高水量期となる1995年7月に湾奥部の一級河川河口部からトレーサー粒子を放出し、粒子追跡計算を一ヶ月行った結果を示す。湾奥部では、各粒子とも潮汐の影響を受け南北に往復しながら西側に移動する傾向がみられた。また、各粒子とも湾奥部で滞留する傾向にあった。これは、1995年7月は淡水流入量が多い月であったため、河川水が湾奥部で滞留したためであると考えられ、図-7の湾奥部における断面平均塩分濃度の経年変化からもこのことが裏付けられる。

4.おわりに
本研究では数値モデルによる有明海の流況の再現が行えた。今後はこのモデルを用い、より詳細な流れ解析を行う必要がある。

謝辞

本研究を進める際、各種観測データをご提供して下さいました長崎海洋気象台、九州地方整備局の関係者各位にここでお礼を申し上げます。

参考文献

1) 町田, 荒木, 古賀, 稗田, 佐藤: 有明海の海象および水質特性に関する基礎的研究(I), 平成12年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集

参考文献

1) 町田, 荒木, 古賀, 稗田, 佐藤: 有明海の海象および水質特性に関する基礎的研究(I), 平成12年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集

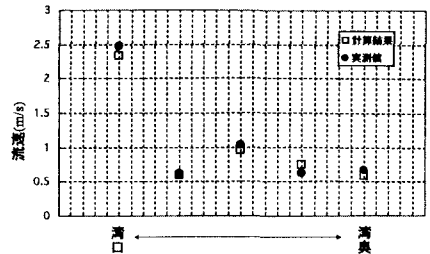


図-4 流速の計算結果と実測値

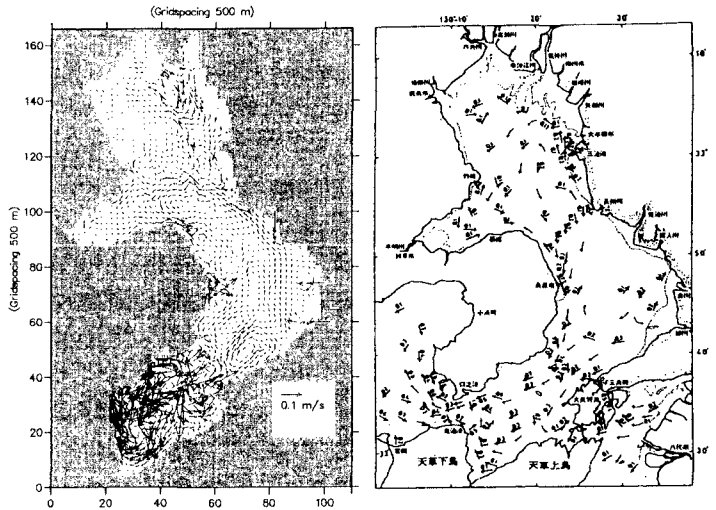


図-5 平均流の計算結果と恒流図

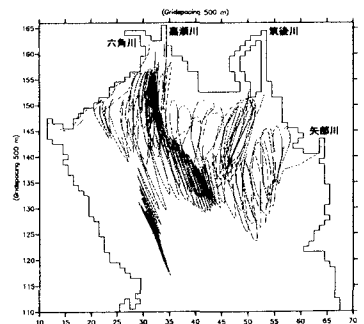


図-6 粒子追跡の計算結果

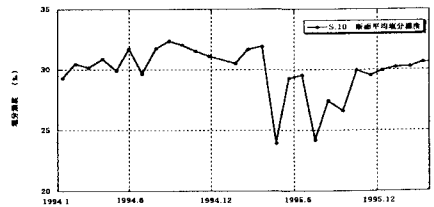


図-7 断面平均塩分濃度