

岡山県庁 正員 前野 詩朗
 岡山大学工学部 正員 河原 長美
 岡山大学工学部 正員 名合 宏之

1. はじめに

内湾や感潮河川における水質の変化・変動に影響を与える因子としては、潮汐作用、河川流量、排水の流入、ならびに化学的・生物学的な作用などが考えられる。しかしながら、これらの諸因子は、対象とする現象のタイムスケールにより重要性が異なってくると考えられる。本研究では、従来得られた水質値が時間的に大きく変化することに着目し、それに影響する因子として湾内流をとりあげ検討を加えた。

2. 調査および分析方法

Fig. 1に調査対象水域と採水ならびに水位観測地点を示す。水質分析項目は、 Cl^- およびSSであった。 Cl^- は、 Cl^- —電気伝導度検量線を用い求め求めた。電気伝導度も測定することにより Cl^- 濃度を算出した。また、SSの測定には、ガラスファイバー口紙法を用いた。

3. 湾内流の計算法

i) 基礎式

連続式 $\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$ (1)

運動方程式 $\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} + gh \frac{\partial s}{\partial x} - fhu - \frac{1}{\rho} (\tau_x^s - \tau_x^b) - \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial(hA_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2})}{\partial x} + \frac{\partial(hA_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2})}{\partial y} \right\} = 0$ (2)

$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} + gh \frac{\partial s}{\partial y} + fhv - \frac{1}{\rho} (\tau_y^s - \tau_y^b) - \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial(hA_x \frac{\partial^2 v}{\partial x^2})}{\partial x} + \frac{\partial(hA_y \frac{\partial^2 v}{\partial y^2})}{\partial y} \right\} = 0$ (3)

ここに、 s とは水平面内の東方向および北方向を正にとる。 f はコリオリの因子で0.00008である。また、せん断応力 τ については、それぞれ次の式を用いる。

$\tau_x^s = k \rho_a W^2 \cos \psi$, $\tau_y^s = k \rho_a W^2 \sin \psi$, $\tau_x^b = \rho_b^2 u \sqrt{u^2 + v^2}$, $\tau_y^b = \rho_b^2 v \sqrt{u^2 + v^2}$

ここに、 k , ρ_b はそれぞれ水面および海底での抵抗係数、 ρ_a は空気密度、 W は風速、 ψ は方位角と風向の方位角

ii) 差分式

Fig. 2に示すspace-staggered-gridによる差分法を用いた。表記を簡

便にするために、次のような表記法を用いると

$F^x = \frac{1}{2} \{ F[(i+\frac{1}{2})\Delta x, j\Delta y, n\Delta t] + F[(i-\frac{1}{2})\Delta x, j\Delta y, n\Delta t] \}$ (4)

$\delta_x F = \frac{1}{\Delta x} \{ F[(i+\frac{1}{2})\Delta x, j\Delta y, n\Delta t] - F[(i-\frac{1}{2})\Delta x, j\Delta y, n\Delta t] \}$ (5)

$F_{\pm} = F [i\Delta x, j\Delta y, (n\pm 1)\Delta t]$ (6)

基礎式は以下のように表わすことができる。

$\frac{\partial s}{\partial t} = - \{ \delta_x(\bar{h}^x u) + \delta_y(\bar{h}^y v) \}$ at i, j, m (7)

$\delta_t(\bar{h}^x u) = -\delta_x(\bar{h}^x u^x) - \delta_y(\bar{h}^y u^y) + fh^x u^y - gh^x(\delta_x s_+) + (\tau_x^s - \tau_x^b)$
 $+ \frac{1}{\rho} [\delta_x \{ \bar{h}^x A_x^x \delta_x u \} + \delta_y \{ \bar{h}^y A_y^y \delta_y u \}]$
 at $i+\frac{1}{2}, j, m$ (8)

$\delta_t(\bar{h}^y v) = -\delta_x(\bar{h}^x v^x) - \delta_y(\bar{h}^y v^y) - fh^y v^x$
 $- gh^y(\delta_y s_+) + (\tau_y^s - \tau_y^b)$
 $+ \frac{1}{\rho} [\delta_x \{ \bar{h}^x A_x^x \delta_x v \} + \delta_y \{ \bar{h}^y A_y^y \delta_y v \}]$
 at $i, j+\frac{1}{2}, n$ (9)

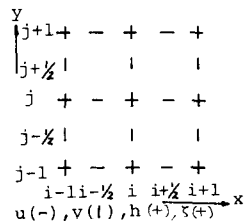
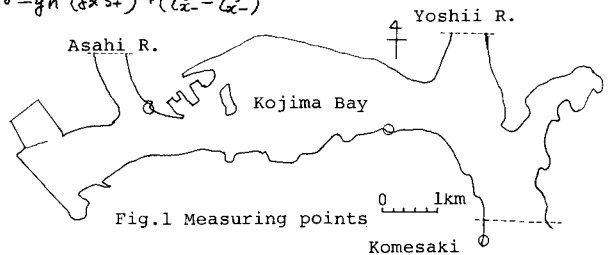


Fig. 2 Grid



4. 結果と考察

Fig. 3に、旭川河口における表面水のSSの変動を示す。非常に大きなかつ複雑な変動である。この変動を水位変化と対応させて検討すると、満潮時にSS濃度が高くなり、干潮時に低くなる傾向がうかがわれる。しかしながら、水位変化だけでは、説明が困難であることも明瞭である。

つぎに、差分式(7),(8)および(9)を用いて旭川河口における流速変動を計算し、その結果と表面水質とを比較検討する。数値計算の際には、児島湾を $\Delta x = \Delta y = 200\text{m}$ の格子網に分割し、初期条件として、河口の水位を全体に与え、境界条件として、河口では実測水位を、旭川および吉井川の境界では、それぞれの流水表面積と同じ面積を有する貯水池を想定して種形式がなりたつとした。また、 $\Delta t = 5$ 秒、抵抗係数 $k = 0.0026$ 、 $\gamma_b = 0.0026$ 、 $A_x = 1.0 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $A_y = 0.5 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{s}$ とした。

水位の実測値と計算値を比較してFig. 4に示す。計算値が実測値とよくあっていることがうかがえよう。なお、 A_x 、 A_y について、 $(0.1 \sim 1.0) \times 10^5$ 、 $(0.05 \sim 5.0) \times 10^5$ の範囲内では、さほど水位変化に影響はあらわなかったが、図に示した場合が、実測値とよく一致した。

計算から得られた流量を流水断面積で除して得られる流速と、 Cl^- ならびにSSを対比してFig. 5に示す。参考のため、水位の実測値も同図に示した。水位変化はあらかじめあるが、流速変動は、潮汐作用による長周期の変動に加え、セイシュによる短い周期の変動も有しており、複雑な変化を示す。

Cl^- およびSSの変動を、流速変動と対比して検討すると、流速の山もしくは谷が生じる時点、もしくはそれより少しおくれで Cl^- およびSSが増加する傾向がある。

今後、さらに鉛直混合を含めた詳細な検討を行う予定である。

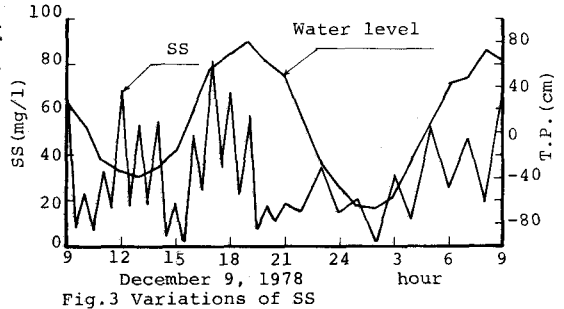


Fig. 3 Variations of SS

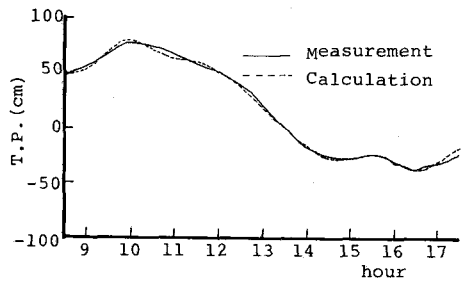


Fig. 4 Water level

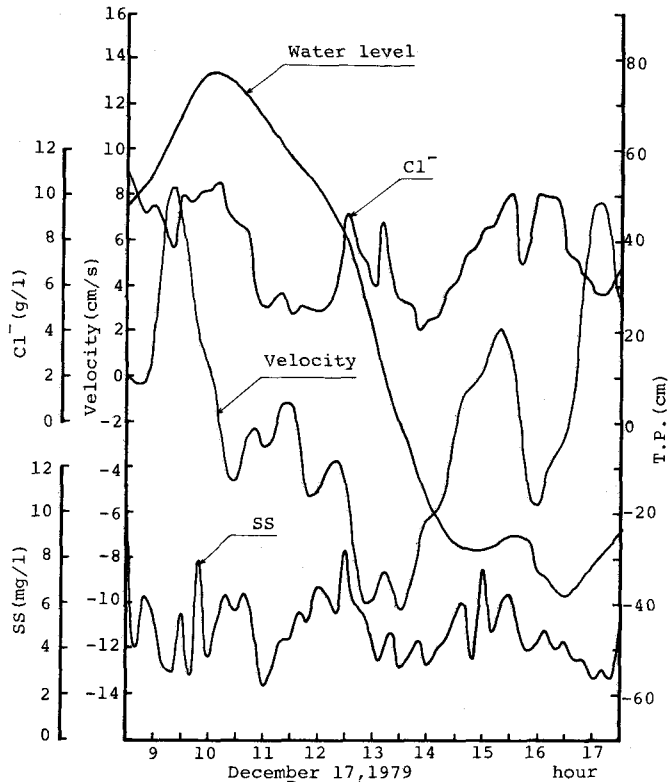


Fig. 5 Velocity, Cl^- , SS, and water level