

東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫
 東北大学大学院 学生員 江坂 利幸
 東北大学工学部 学生員 佐藤 真一

1. はじめに

藻生干潟は、仙台湾の南、七北田川河口に位置する干潟で、渡り鳥の渡来地として有名である。近年、仙台湾の開発、七北田川上流でのダム建設、汚水処理水の放流などにより、これまでとは違った外乱が、干潟に及ぼしている。そのため、干潟の自然環境保全が重要である。本研究は、干潟内水質の、将来予測を行うことを目的としている。今回は、大局的見地から、干潟内の局所的現象は無視し、塩分の一次元拡散の解析を行った。

2. 藻生干潟のモデル化

藻生干潟は、大変複雑な形状をしており(図-1)、水の出入りは、導流堤に設けられた2本のヒューム管を通して行われており、潮汐に伴い流出流入を繰り返している。また、大潮時には、導流堤を越流して汽水が流入する。モデル化の第一段階として、図-1を参考に、干潟を50m毎に分割し(図-2)、その横断面を推定し、水体積を算出した。また、これまでの観測結果より、干潟内水位は、全面同時に変化するものと仮定し、最干潮時で、水体積 $V=33700\text{m}^3$ 、水表面積 $AA=116000\text{m}^2$ とし、図-3のようにモデル化した。次に、干潟内の水位変化パターンは下の2ケースを考え、正弦変化するものとした。

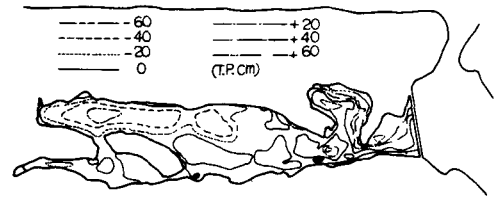


図-1 水深分布

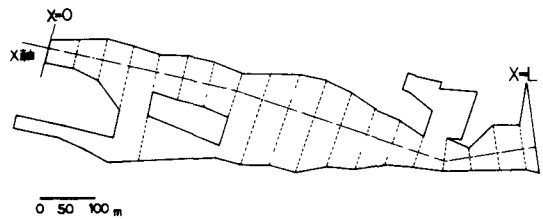


図-2

(1) 大潮(潮差70cm上げ潮4時間下げ潮8時間)

(2) 小潮(潮差30cm上げ潮5時間下げ潮7時間)

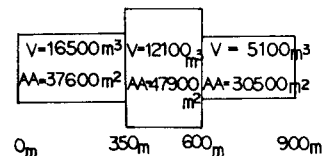


図-3

3. 基礎式の差分化

一次元拡散方程式は、式(1)で与えられる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial X} \left(A D_L \frac{\partial C}{\partial X} \right) = \frac{1}{A} \frac{\partial C}{\partial X} \frac{\partial (A D_L)}{\partial C} + D_L \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \quad \dots (1)$$

$D_L = \text{const.}$, $\partial A / \partial X = 0$, と考え、Lax-Wendroff の差分式を適用すると

$$C_m^{n+1} = C_m^n - \Delta t \left[\left(D_L + \frac{\Delta t \cdot U_m^2}{2} \right) \frac{C_{m+1}^n - 2C_m^n + C_{m-1}^n}{(\Delta X)^2} - U_m \frac{C_{m+1}^n - C_{m-1}^n}{2\Delta X} \right] \quad \dots (2)$$

ここで、添字 m は空間、添字 n は時間ステップを示し、 C は塩分濃度(‰)、 D_L は拡散係数(m^2/s)、 U は流速(m/s)、 ΔX は空間ステップや、 Δt は時間ステップ中である。流速 U は、式(3)で与えた。

$$U = - \frac{1}{A(X, t)} \frac{\partial V(X, t)}{\partial t} \quad \dots (3)$$

ここで、 $V(X, t) = \int_0^X A(X, t) dx$

4. 計算結果と考察

計算は、初期濃度として干潟内10%、流入濃度30%として行った。境界条件は、流入時には、 $\partial C / \partial X = 0$ at $X=0$, $C=C_s$ (流入濃度) at $X=L$, 流出時には、 $\partial C / \partial X = 0$ at $X=0, X=L$ とした。

図-4は、場所的濃度分布の経時変化を示したものである。これから、このモデルにより、上げ潮時にフロントが移動する形で塩水が侵入し、下げ潮時には混合しながら流出するという現象が説明されることがわかる。

図-5は、大潮時と小潮時の違いを示している。

図-6は、 D_L による経時変化の違いを示している。流入口付近では、流速が大さいため、移来効果が支配的であるので、拡散係数による違いはほとんど現れない。干潟奥部では、流速が非常に小さく、拡散効果が大きく現れる。計算で得られた流速は、流入口付近で20(cm/s)程度、奥部で0~3(cm/s)程度であった。ここで考えている D_L は、拡散というより、流速の場所的違いによる分散によるものと考えられ、実際には、流速の小さい奥部で、 D_L はより小さいものと思われる。

図-7、図-8は、大潮時、小潮時の経日変化を示したものである。干潟奥部が高濃度化するのに要する日数は、小潮時が大潮時の2倍程度になっていることがわかる。

5. おわりに

本モデルは、既報の調査結果⁽⁶⁾に合う塩分濃度変化を表し得ることがわかった。しかし、干潟内水質の将来予測のためには、Input Data となる七北田川河口域の水質についての情報が必要である。さらに、干潟内の拡散(分散)係数がいかなるものであるかを知ることが重要である。

最後に、数値解析にあたり、助言をいただいた、東北大学工学部助手、真野明氏に感謝の意を表します。

(参考文献) (6) 栗原康 干潟は生きている
岩波新書

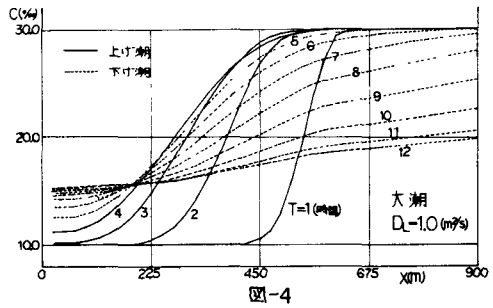


図-4

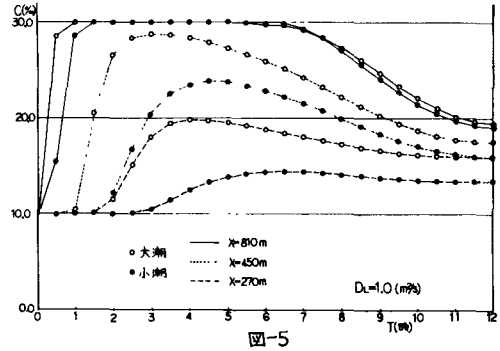


図-5

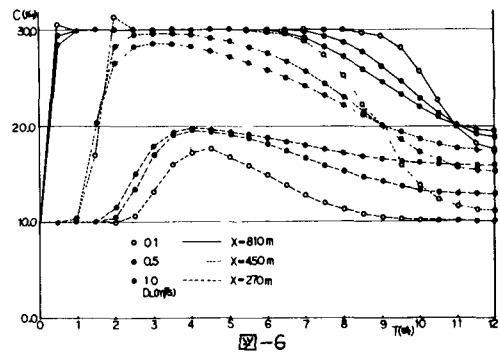


図-6

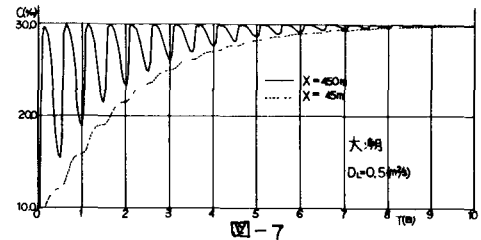


図-7

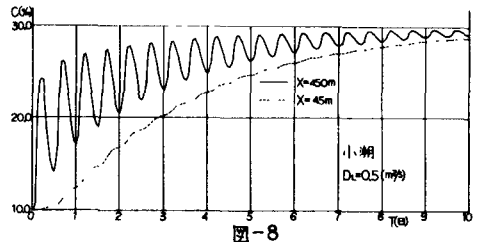


図-8