

II-220 内湾における拡散係数の評価について

九州大学 学生員○相良 誠 九州大学 正 員 小松 利光
佐賀大学 正 員 大串 浩一郎 九州工業大学 正 員 朝位 孝二

1. 緒言 内湾における物質の拡散係数を評価する場合、一次元的な取扱においても場所毎に評価する必要がある。評価方法の一つとして場所毎の代表流速・代表長さから算定することが考えられ、小松ら¹⁾は、瀬戸内海においてこの方法を用いて拡散係数を評価している。本研究において我々は、有明海を対象として、代表流速としてM₂潮最大流速、代表長さとして海面幅とtidal excursionの2種類を用い一次元拡散係数の評価を試みた。

2. 基礎式 保存性物質の濃度（単位質量の海水に含まれる物質の質量）を $C(x, t)$ 、断面積を $A(x)$ 、拡散係数を $K(x)$ とする。 K には断面平均流速 $U(x)$ による移流以外の混合拡散に關与する全ての要因が含まれている。内海の長さを L 、湾奥 $X=1$ を通過して単位時間に流入する海水の量を Q_0 、単位長さ当り単位時間に供給される淡水の量を $q(x)$ 、放出物質の質量を $m(x)$ とすると一次元の連続の式と拡散方程式は次のようになる。

$$U(x) = \frac{1}{A(x)} \left\{ Q_0 + \int_0^x q(\xi) d\xi \right\} \quad (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AK \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{qC}{A} + \frac{m}{\rho A} \quad (2)$$

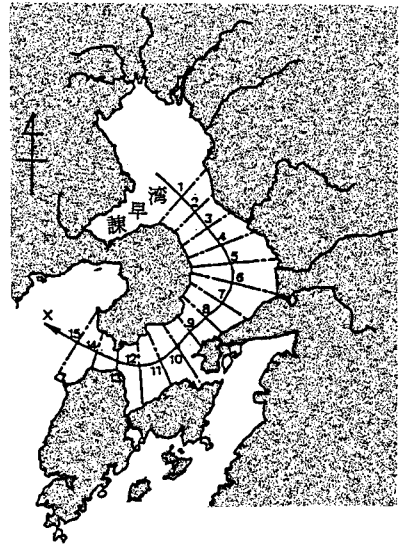


図-1 有明海と計算座標

ここで境界条件は、 $C_{x=L}=C(L)$ と $\partial C / \partial x|_{x=L}$ である。本研究での計算方法としては、Split Operator Approachを採用し式(2)の左辺の移流項の計算はKomatsuらによって開発された高精度の6-point scheme²⁾を、右辺の拡散項の計算は2次精度の中央差分を用いた。

3. 有明海への適用

(1) 計算条件 有明海は、湾口から湾奥まで96km、平均幅18km、水面面積1700km²、平均水深約20mの内湾であるが、日本最大といわれる潮差の激しい海域であり、湾奥部において広大な干潟が発生する。このため、図-1に示すように今回の計算においては、この干潟の影響の少ない諫早湾以南に計算軸を設定している。流向は、恒流を考えているので湾奥から湾口への向きで一定とする。また、保存性物質としてここでは塩素量を用いるので式(2)において $m=0$ とし、 Q_0 は $12.0 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、拡散係数の評価に用いる代表流速としてM₂潮最大流速(V_m)、代表長さとして海面幅(b)とtidal excursionを用いる。各計算点での諸量は、表-1に示すが、断面積(A)、海面幅(b)は海図から読み取り、淡水供給量(q)と Q_0 は、一級河川については流量年表³⁾より求め、二級河川以下については一級河川の比流量から推定した比流量に流域面積を掛けて評価した。また、M₂潮最大流速、塩素量については、それぞれ海上保安庁⁴⁾、気象庁⁵⁾の資料より直線内挿して計算点での値を求めた。

計算点は、図-1に示す様に等間隔にとり15点であり、計算格子間隔は $\Delta x=5000\text{m}$ 、 $\Delta t=10.0\text{min}$ とする。境界条件としては、計算領域の外海境界点($x=15$)に於て塩素量 $C_{15}=0.01871$ 、 $\partial C / \partial x|_{15}=2.8 \times 10^{-8}$ とし、計算解は解が定常となるまで繰り返し計算して求める。

ここで、数値計算解に用いた拡散係数Kは次の様に表す。

$$K_a = \alpha V m^2 T \quad (3)$$

$$K_b = \beta V m b \quad (4)$$

ここで、Tは周期(12.42hr)、 α と β は比例定数で解が実測値に最もよく一致するようにtrial法で決定した。

(2) 計算結果 式(1)、(2)と式(3)もしくは(4)を

表-1 断面の諸量

断面座標	断面積 A (10 ³ m ²)	海面幅 B (m)	水深 h (m)	M ₂ 潮 最大流速 q (cm/sec)	塩素量 C l (0/00)
1	257.43	15.7	16.5	71.7	17.08
2	234.95	11.5	17.5	84.4	17.11
3	294.95	13.2	131.1	84.4	17.15
4	326.75	14.1	123.4	75.9	17.24
5	438.06	20.0	113.0	63.3	17.39
6	501.38	16.7	281.3	71.7	17.48
7	520.40	15.3	174.5	80.1	17.61
8	417.45	13.0	13.8	101.2	17.73
9	345.30	9.7	20.2	113.9	17.87
10	371.70	15.1	28.6	126.6	18.01
11	319.90	14.0	24.7	143.4	18.15
12	384.05	15.3	26.6	164.5	18.29
13	157.90	4.6	29.4	295.3	18.43
14	342.10	10.6	22.9	189.8	18.57
15	552.35	18.0	25.5	105.5	18.71

*単位 10⁶・m³/km/year

用いて行った計算結果と実測値を図-2、3に示す。

trialで決定した α と β の値はそれぞれ $\alpha=0.004$, $\beta=0.0$ である。瀬戸内海で得られた $\alpha=0.28$, $\beta=0.13$ と較べるとかなり小さくなっているが有明海のように幅の狭い湾の場合には拡散係数を規定する代表長さ海面幅が支配的であると考えられるため、 β に有意性があると思われる。拡散係数には地形や水深特に島の存在が大きく影響すると考えられるが、これらの効果は全て β の中に含まれる形となっている。島が数多く散らばる瀬戸内海と島が全く存在しない有明海は両極端で

好対称をなしていることから一般的には β の値は $\beta=0.02 \sim 0.13$ の範囲にあるものと思われる。今後、いくつかの内湾についても同様の計算を行い α , β の値を更に詳細に検討する予定である。

次に、有明海の場所毎の拡散係数を図-4に示す。図-4より K_b の値は早崎瀬戸の海峡付近でピーク値 $0.5 (\times 10^7 \text{ cm}^2/\text{sec})$ を有し、湾中央より湾奥にかけてはほぼ一定な値 $0.2 \sim 0.25$

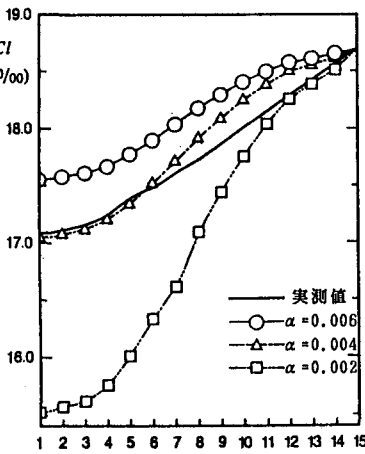


図-2 計算結果(式(3))

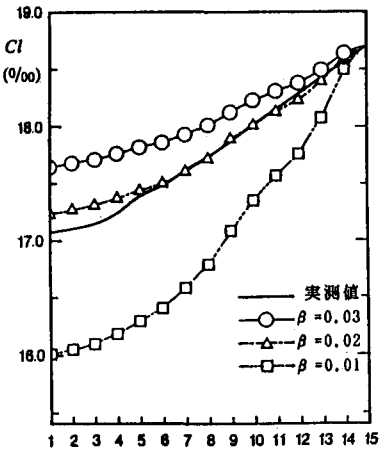


図-3 計算結果(式(4))

($\times 10^7 \text{ cm}^2/\text{sec}$)をとるが海峡部において極小値をとっている。これは、海峡部はM₂潮最大流速はmaximumの地点であるが、それ以上に海面幅が近傍の点に比べ極端に小さいからである。

4. むすび 今回の計算では、一次元として扱え又、島の少ない内湾を例に取った。今後、類似した内湾で α と β の値について検討を行いたい。最後に、本研究に協力いただいた九州大学大学院の矢野真一郎君に感謝する。

5. 参考文献

- 1)小松利光・相良誠・朝位孝二・大串浩一郎:瀬戸内海における物質の拡散係数の評価,海岸工学論文集第36巻 (1989)
- 2)Komatsu, T., F.M.Holly, N.Nakashiki and K.Ohgushi:Numerical calculation of pollutant transport in one and two dimensions, J.Hydroscience and Hydraulic Eng., Vol.3, No.2, pp.15~30.
- 3)建設省河川局編(1984~86):第37回~第39回流量年表、日本河川協会
- 4)海上保安庁水路部:有明海、八代海海象調査報告書、昭和49年
- 5)気象庁:有明海・八代海の海象調査報告書、昭和49年

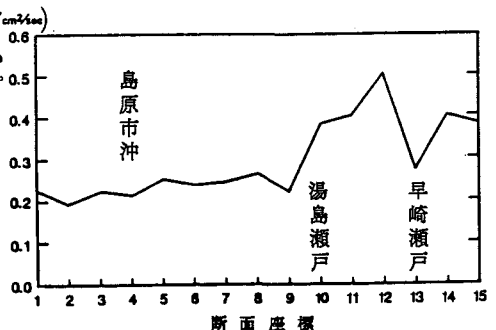


図-4 場所毎の拡散係数