

沿岸工事における濁り監視システムに関する一考察

京都大学工学部 正 酒井哲郎, 三井造船 〇加藤仁

1. まえがき 本研究は、潮流の卓越する沿岸水域において、浚渫工事や埋立工事を行う際に発生する土砂による海水の濁りの拡散に対する監視システムを考える場合の基礎的資料を得る目的で行われたものである。かなりの仮定を有するが解析的に解が求められており、簡単に計算の出来るM-E-Tモデル(M-E-T Rep. No. 179, 1974)を用いて、よくに定常状態に達するまでの非定常な濁り拡散パターンに注目し、分散係数や減衰係数の効果について考察する。

2. 潮流の卓越する場合の濁り拡散に関するM-E-Tモデル 数学的なモデルを考えるにあたり、次の様な基本的な仮定がなされている。(i)土砂は一定の割合で、一様な源泉として投入される。(ii)浮遊土砂は粒径により数グループに分け、各々が異なった沈降速度をもつ。(iii)線源の位置は岸から遠く離れており、海岸の存在による影響は起こらない。各土砂グループについて、3次元の拡散方程式を水深方向に平均すると次式が得られる。

$$\partial \bar{C} / \partial t + (U_{Ts} + U_{Ts} \sin \omega t) \cdot \partial \bar{C} / \partial x + V_{Ts} \sin \omega t \cdot \partial \bar{C} / \partial y = E_x \cdot \partial^2 \bar{C} / \partial x^2 + E_y \cdot \partial^2 \bar{C} / \partial y^2 - d \bar{C} \quad (1)$$

この場合、鉛直方向の平衡濃度分布を仮定している。ここで、 $\bar{C}$: 水深方向平均濃度, U_{Ts} , V_{Ts} : 濃度, 鉛直分布で加重平均されたそれぞれ恒流成分, 恒流方向(x)の潮流振幅, 恒流と直交する方向(y)の潮流振幅である。 E_x, E_y : x, y方向分散係数, d : 沈降速度に関する減衰係数である。式(1)の解として次式を与えている。

$$C' = \frac{UT}{\pi^2} \int_0^{\pi} \exp \left[- \frac{\left\{ x - U_{Ts}(t' - t) + \frac{U_{Ts} T}{2\pi} (\cos 2\pi x' - \cos 2\pi t') \right\}^2}{4E_x(t' - t) \sqrt{E_x E_y}} - \frac{\left\{ y + \frac{V_{Ts} T}{2\pi} (\cos 2\pi y' - \cos 2\pi t') \right\}^2}{4E_y(t' - t) \sqrt{E_x E_y}} - d'(t' - t) \right] dt' \quad (2)$$

ここで、 U は土砂投入速度(体積), T は潮流周期, h は水深であり, π の付いた量は、以下に例示する様に $\bar{C}$ を除いて h と T で無次元化された量である; $C' = \bar{C} / (\lambda_i C_0)$, $t' = t/T$, $x' = x/h$, $y' = y/(h/T)$, $E' = E/(h^2/T)$, $d' = dT$ 。また λ_i は各グループの全体に占める割合, C_0 は土砂密度である。

3. 濃度の時間変化 まず、式(2)で与えられている水深方向平均濃度の時間変化を調べるために、M-E-Tレポートに示されているパラメータ値を用いて計算を行った。パラメータ値の詳細は省略するが、 $h = 30 \text{ m}$, $T = 12 \text{ hr}$, $U = 0.62 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.7 \times 10^{-6} \text{ cm/s} \leq \text{沈降速度} \leq 0.46 \text{ cm/s}$, $3.3 \text{ cm/s} \leq U_{Ts} \leq 8.6 \text{ cm/s}$, $3.4 \text{ cm/s} \leq V_{Ts} \leq 4.0 \text{ cm/s}$, $4.0 \text{ cm/s} \leq V_{Ts} \leq 6.8 \text{ cm/s}$, $12 \text{ m}^2/\text{s} \leq E_x \leq 20 \text{ m}^2/\text{s}$, $6 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \leq E_y \leq 3.2 \text{ m}^2/\text{s}$, $5 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1} \leq d \leq 4 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$, $C_0 = 1 \text{ g/cm}^3$ である。計算は5つの分けられた各土砂グループ毎に行われ、それらを加えた結果について示す。図-1は、 $(x', y') = (200, 0)$ での $\bar{C}$ の時間変化である。図-1によると、ほぼ3潮流周期で濃度は定常状態に達し、ピークは1潮流周期の間に2度現れている。鉛直方向に濃度分布が平衡状態に達するのに要する時間は2潮流周期なので、それより短い時間ではこのモデルは基本的には使えないため、投入開始後2.05周期, 9.05周期の平面濃度分布を図-2, 図-3に示す。遷移過程にある投入後2.05周期

Tetsuo SAKAI, Hitoshi KATO

から、定常状態の9.05周期の間3.5日経過すると、コンターが恒流方向へ広がっている様子がよくわかる。

4. 分散係数と減衰係数の効果 M1Tレポートによると、濃度の平面分布は恒流と直交する方向の分散係数 E_y が支配的であるとのことなので、 E_y の値を10倍にした場合の9.05周期の平面分布を図-4に示す。図-3と図-4を比較した場合 E_y の値を10倍にすると、恒流と直交する方向にコンターが大きく広がる様子がよくわかる。一方恒流方向の濃度値は小さくなる。次に減衰係数 α の値を $1/2$ 、さらに $1/10$ にして9.05周期の平面分布を計算したところ、 α の値はほとんど図-3と変化のないことがわかった。したがって、このモデルを用いる場合は、恒流と直交方向の分散係数 E_y などのように与えらる基本的問題となる。このモデルの分散係数は、向軸拡散係数といわれる鉛直方向の流速と濃度の分布による分散効果を加之合わせたものであり、さらに便宜のためパラメーターあることに注意しおきたい。

なお、5つの土砂グループは、細砂、中粒砂、シルトと粘土であり、その沈降速度は、粘土以外、5つのグループの粒径に相当する沈降速度と、粘土のフロキュレーションを考慮して決定されたものである。

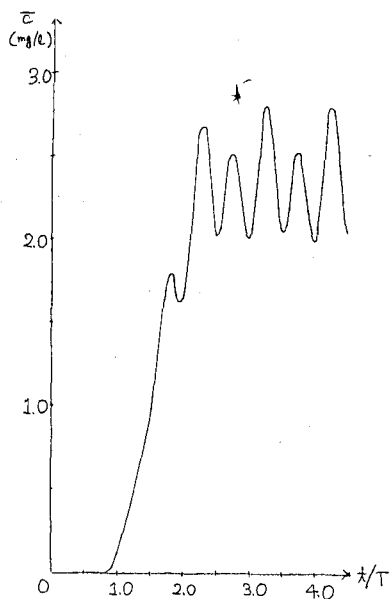


図-1 $(x, y) = (200, 0)$ での水深方向平均濃度の時間変化

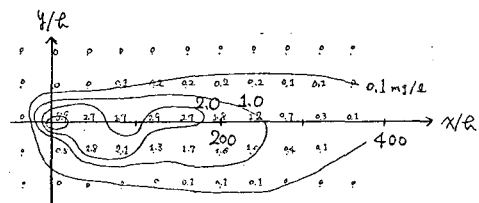


図-2 投入開始後2.05潮流周期での水深方向平均濃度の平面分布

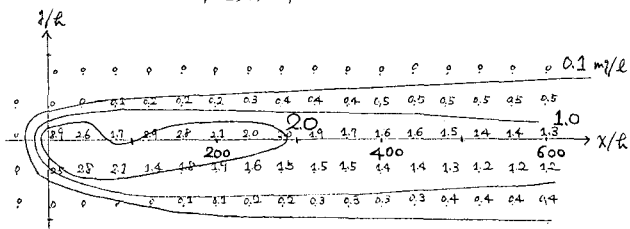


図-3 投入開始後9.05潮流周期での水深方向平均濃度の平面分布

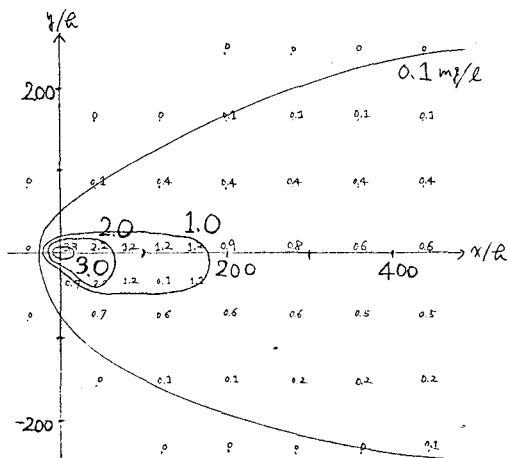


図-4 恒流と直交する方向(y)の無次元分散係数を10倍にした場合の投入後9.05潮流周期での平面分布