

蛍光砂による漂砂調査法に関する研究

鳥取大学工学部 正 員 野田 英明

鳥取大学大学院 学生員 黒岩 正光

鳥取大学大学院 学生員 ○森川 誠治

1. はじめに

従来、漂砂の移動状況を知るために蛍光砂による現地観測が行われてきた。しかし、一般に、漂砂観測は連続的データを取得することが困難である。そこで、本研究は、ここ数年、当研究室で行われてきた蛍光砂拡散に関する数値シミュレーション手法を改良することを目的とし、特にシミュレーションに用いられる各種係数と波浪特性との関連を明らかにするとともに、連続投入モデルについても検討する。

2. 蛍光砂の移動拡散モデル

図-1に示すように汀線にほぼ平行に X 軸を、これと直角沖向きに Y 軸をとる。いま、海底表面における蛍光砂濃度を C 、X および Y 方向の蛍光砂平均移動速度をそれぞれ U および V 、また拡散係数をそれぞれ K_x および K_y とすると拡散方程式は、

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (uC)}{\partial x} + \frac{\partial (vC)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \lambda C \quad (1)$$

初期条件; $C=0$ のとき、 $C(x,y,0)=F(x,y)$

境界条件は対象とする海域によって定まることになる。ここに t は時間であり、 λ は蛍光砂減少係数である。式(1)の右辺第3項は蛍光砂が時間とともに海底表面から砂層に潜り込む量が蛍光砂濃度に比例すると仮定していることを意味する。数値計算法として式(1)を差分化し、堀江¹⁾が適用した A.D.I. 法で計算する。また、拡散方程式で表現される変数や諸変数は、黒岩²⁾を参考に無次元化する。また、蛍光砂投入点は実際には点源でなく、ある程度の幅をもつ面源であり、本研究では図-2に示すように、初期投入量を与える。

3. 各種係数の推定法

数値シミュレーションにおいて用いられる各種係数の推定法は、現在、なお確立されていない。そこで、本研究では、1984, 1985, 1986年鳥取砂丘海岸で行われた蛍光砂観測データをもとに、各種係数と波浪特性との関係を検討する。なお、図-2~5中の●印は投入日から算出した係数であり、○印は、各測定期間毎の係数を表す。拡散係数 K_x および K_y と波浪特性値 (H^2/T) との間には、

$$K_x = \alpha (H^2/T)^n \quad \dots (2) \quad K_y = \beta (H^2/T)^m \quad \dots (3)$$

なる関係がある。ここに、 H は有義波高、 T は有義波周期である。図-2 および図-3 からこれらの係数を推定すると、図中の実線および破線のようになり、 $H^2/T > 0.1 (\text{m}^2/\text{sec})$ の場合、 K_x は H^2/T に無関係となり $K_x = 200 (\text{m}^2/\text{sec})$ とおける。一方、 $H^2/T \leq 0.1 (\text{m}^2/\text{sec})$ では、 $n=2.8$, $\alpha=1.2 \times 10^5$ である。 K_y についても同様に、 $H^2/T > 0.1 (\text{m}^2/\text{sec})$ では、 $K_y =$

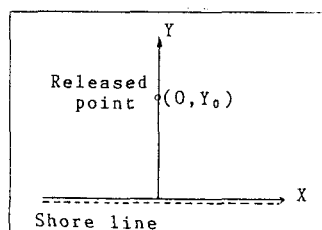
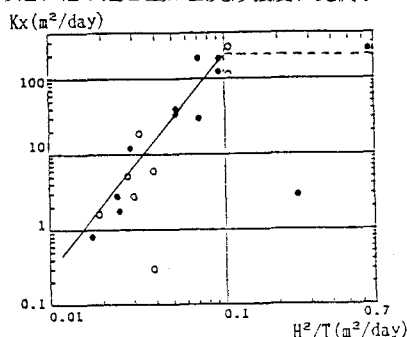
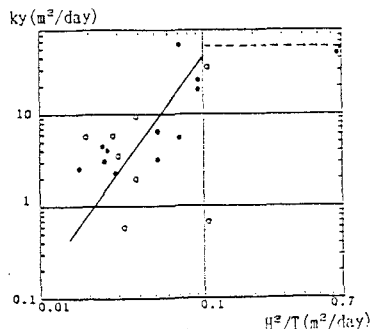


図-1 基礎式説明図

図-2 拡散係数 K_x と波浪特性の関係図-3 拡散係数 K_y と波浪特性の関係

50(m²/sec)であり、 $H^2/T < 0.1(\text{m}^2/\text{sec})$ では、 $m=2.33$, $\beta=8.55 \times 10^3$ となる。ただし、 K_y の値はかなりバラツキがあるので、上述の値を利用するときには注意する必要がある。図-4 および図-5 は、それぞれ移動速度 U および V と H/T の関係を示したものであって、移動速度 U, V とともに一点を除いて H/T の値がほぼ一定であるにもかかわらず、 $U, V=0.1 \sim 1.0$ (m/day) と大きく変化している。入手しうるデータから U あるいは V と H/T との関係は明確ではなく、沿岸流に関する観測結果が重要であると考えられる。

4. 連続投入モデルの検討

蛍光砂の投入は、現実には瞬間投入ではなく、ある時間分だけ投入したものが、投入点から連続的に拡散していくと考える方が妥当である。そのため、蛍光砂の拡散は、非定常であり理論解を求めることは困難である。連続投入に対する一つの数値解法として、瞬間投入の場合のシュミレーションを利用して、投入と拡散という一連の計算を観測投入時間分だけ行い、その後、拡散計算を行うというものである。この場合、問題となるのが、1日当りのステップ数と初期投入量である。1日当りのステップ数を増やせば、それだけ投入回数が増え、濃度分布が対称形から非対称形となるであろう。しかし、ステップ数を増やせば、それだけ誤差が増えることが予想されるが、本研究では、黒岩²⁾の結果を参考に1日当りのステップ数を増やすことを試みた。また、初期投入量については瞬間投入モデルと同様に与え、さらに時間的に指数関数的に減少させた。計算における各種係数は、1985年鳥取砂丘海岸での観測結果を参考にした。図-6に瞬間投入モデルを、また図-7に連続投入モデルの一日50ステップの結果を示す。

5. 結語

拡散係数は波浪と密接に関係していることがわかったが、蛍光砂移動速度については、波浪特性だけから推定することは困難であり、さらに沿岸流についても検討する必要がある。また、蛍光砂の拡散現象を拡散理論にもとずき、瞬間投入モデルと連続投入モデルについて数値シュミレーションを試みた。その結果は十分満足すべきものではなかったが、観測状況を忠実に再現するためには、連続投入モデルの検討をさらに進める必要があることがわかった。

【参考文献】1) 堀江毅 ; 沿岸海域の水の流れと物質の拡散に関する水理学的研究, 港湾技研資料, pp45-67, No.360, DEC, 1980

2) 黒岩正光 ; 蛍光砂移動の数値シュミレーションに関する研究, 第40回土木学会中国四国支部講演概要集, pp170-171, 昭和63年

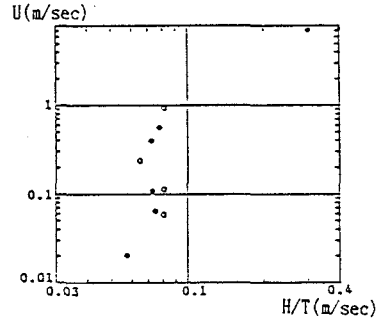


図-4 移動速度 U と波浪特性の関係

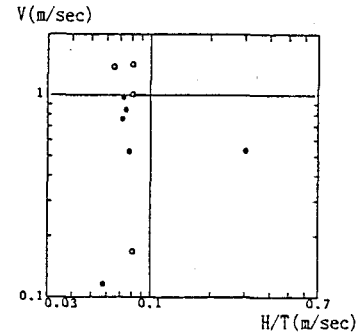


図-5 移動速度 V と波浪特性の関係

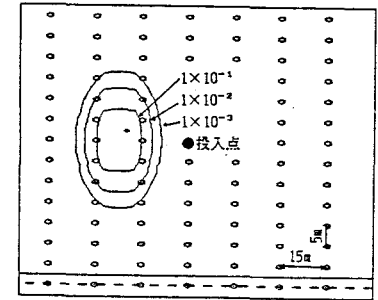


図-6 瞬間投入 (2 日後)

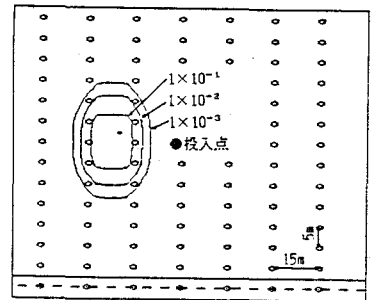


図-7 連続投入 (ステップ 50, 2 日後)