

三河湾における潮流による拡散の水理模型実験について

樋 口 明 生*・柳 哲 雄**・柏 井 誠***

1. はじめに

沿岸海域における保存物質の分布は移流と拡散によって決まるあるバランスの状態にあると考えられる。

従来、沿岸海域における物質分布の解析は、エスチュアリーを1次元化して、移流項中の流量としては淡水供給量のみを考え、潮流や他の運動による物質輸送は拡散項としてみつめることにより進められてきた。しかし、このような方法では拡散係数の大きさは決定できても、それがどのようなメカニズムによって定まるかを知ることとはできない。

分散の考え方は mass transport を分解し、拡散項を流速分布と対応させて、拡散のメカニズムに迫ろうとする試みである。拡散係数の総計的性格は分散係数においては一段低いレベルに落とされるので、より決定論的な物質分布を予知することが可能となる。

しかし、沿岸海域において物質分布と同程度の密度で流速の水平・垂直分布を直接測定することは非常な困難を伴う。そこでまず種々の測定が容易に行える水理模型内での拡散現象について研究することは、原型での現象を理解するための有力な視点を与えるものと考えられる。

今回、三河湾の水理模型実験を行う機会を得たので、潮流・潮流が再現されている模型内で、物質分布がどのようにして決まっているのかを明らかにしようとした。

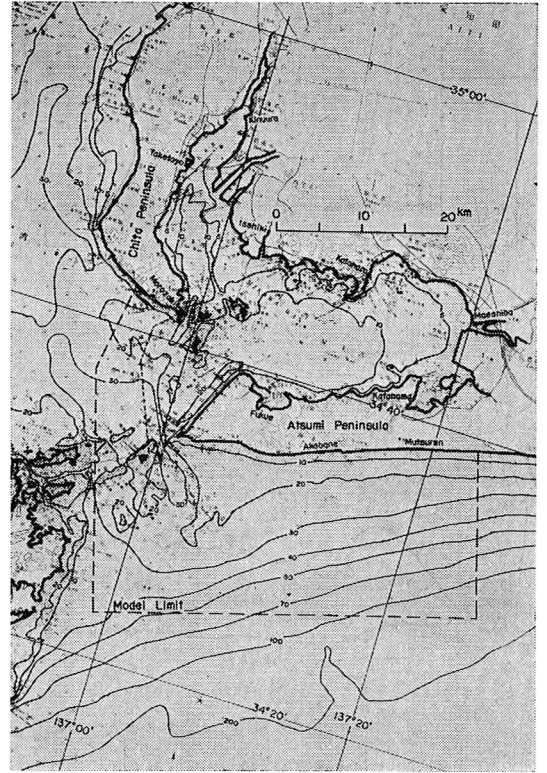
未だ十分な結果を得るに至っていないが、現在までに得られた結果について報告する。

2. 原 型

三河湾は 図—1 に示すように、知多・渥美両半島に囲まれ、伊勢湾南東部に開口している。伊良湖水道を通じて太平洋から入って来る潮流は、湾口部から知多湾・渥美湾に進入する。この海域では半日周潮が卓越している。大潮差は太平洋岸の赤羽根で 1.3 m、湾奥の三河港で 1.9 m であり、湾内では外海側より約 50% 大きい。湾内外の M_2 分潮の位相差は 12 度 (24 分) である。

これまでの観測結果によると、この海域における流れ

は主として潮汐によって支配されている。片浜における満潮前 3 時項に上げ潮最強流があらわれ、満潮後 3 時項に下げ潮最強流があらわれる。



図—1 三 河 湾

3. 模 型

潮流の運動は水平方向に卓越しており、圧力は静水圧分布をなすとしてよい。ここでは海面から海底まで平均した流れについての相似を考える。Froude の相似律と拡散係数の相似律から次式が得られる¹⁾。

$$t_r = h_r = x_r^{2/3} \dots\dots\dots (1)$$

$$C_r = x_r^{1/3} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 x は水平距離、 h は鉛直距離、 t は時間、 c は海底摩擦係数を表わし、添字 r は原型と模型の比率を表わしている。

ここでは対象とする海域の広さ、水粒子の移動範囲と実験施設の大きさとを考慮して、 $1/x_r = 1/2\,000$ 、 $1/h_r =$

* 正会員 理博 愛媛大学教授 工学部海洋工学科
 ** 理修 愛媛大学助手 工学部海洋工学科
 *** 農修 京都大学防災研究所

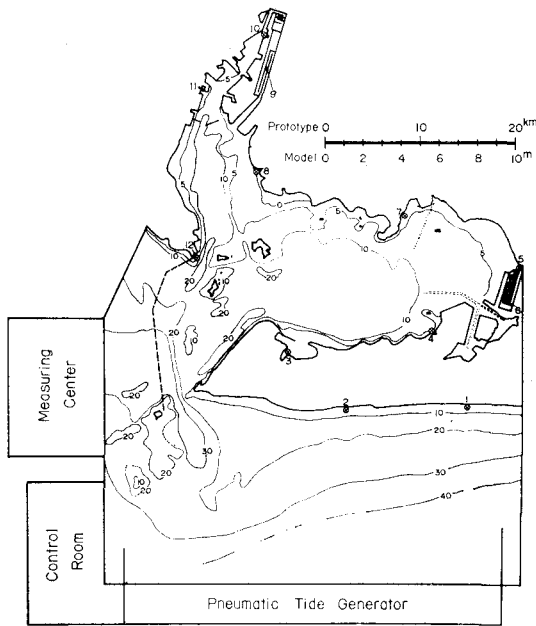


図-2 模型一般図

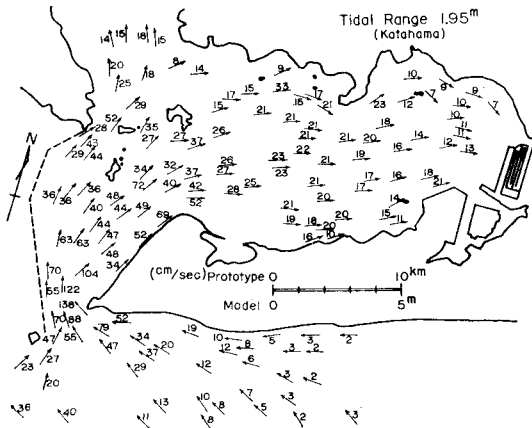


図-3 上げ潮最盛時の流況 (模型)

$1/160$, $1/t_r=1/160$ を採用した。模型一般図を 図-2 に示す。図中印の 1~12 は水位測定点である。

潮汐・潮流はよく再現されているが、その詳細については別報²⁾を参照されたい。模型で得られた上げ潮最盛時の流況を 図-3 に示す。

4. 恒 流

浮標が 1 周期の間に移動した流跡を 図-4 に示す。この図から明らかなように一般に流跡は閉じていない。このような tidal residue はいわゆる恒流(潮流観測値の 25 時間平均値)をつくる。恒流の研究は未だ十分に行われておらず、その実体はよくつかめていないが、潮流の地歪による偏流と河川水の流入によるものが主な原因と考

えられている²⁾。模型で得られた恒流を 図-5 に示す。図-3 と比較すればわかるように恒流の大きさは潮流の数%である。原型の観測が不十分なため、実験で得られた恒流が原型のそれを再現しているかどうかは現在のところ不明である。

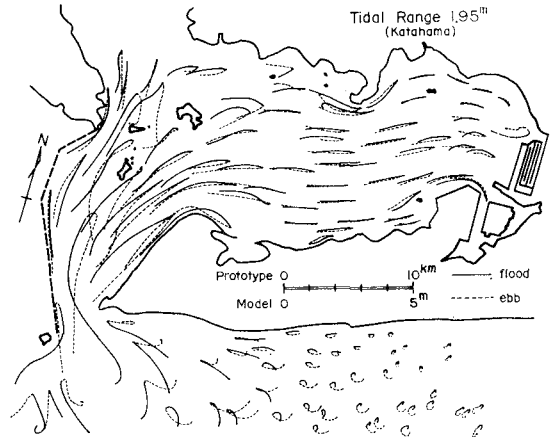


図-4 流 跡 (模型)

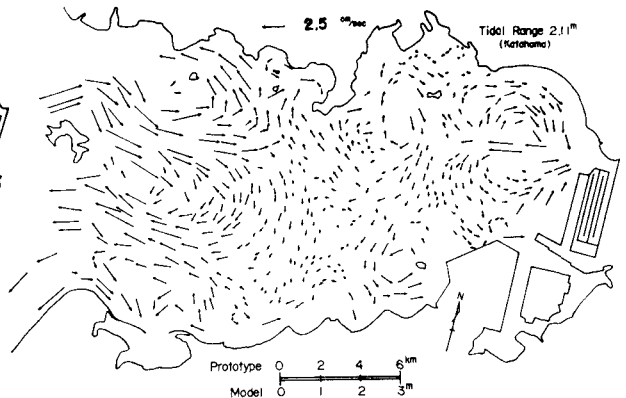


図-5 恒 流 (模型)

5. 連続点源拡散実験

実験は模型に大潮を与え、図-6 に示す A 点から 0.69 cc/sec の割合で 75 ppm のウラン溶液を連続投入した。染料水は密度が模型水槽の水と等しくなるように、暖めて流した。採水には内径 6 mm のガラス管を用い、海面から海底までの水柱をとった。代表測点 (7, 11, 21, 27) では 5 周期ごとに、満・干潮時に採水し、濃度の時間的変化を調べた。80・100 周期目の上げ潮・満潮・下げ潮・干潮時には、27 点で同時採水を行い、濃度の水平分布を調べた。濃度測定には、蛍光光度計 (ターナー社製 111 型) を用いた。

濃度の時間的変化を 図-7 に示す。図の横軸は半日大潮の 1 周期を単位とする時間、縦軸は投入原液との千分

率(%)で表わした濃度である。

80 周期と 100 周期の値を平均して得られた 90 周期目の濃度の水平分布を 図-8 に示す。これを見ると濃度の水平分布は 図-5 で示した恒流によく対応していることがわかる。

(1) 1次元モデル

図-9 に示すように投入点 A を原点とし、点線に沿って湾口にいたる 1 次元座標を考えて、図に示したような各海区で濃度を平均すると、図-10 のようになる。こ

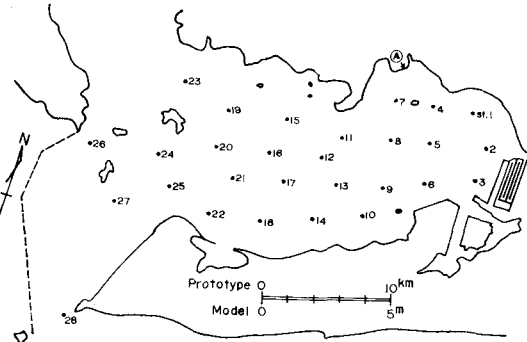


図-6 染料投入・採水点

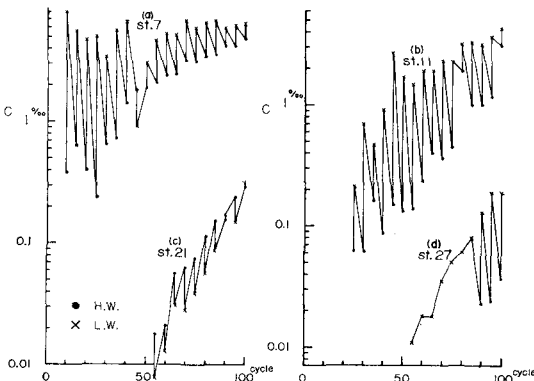


図-7 濃度の時間的变化

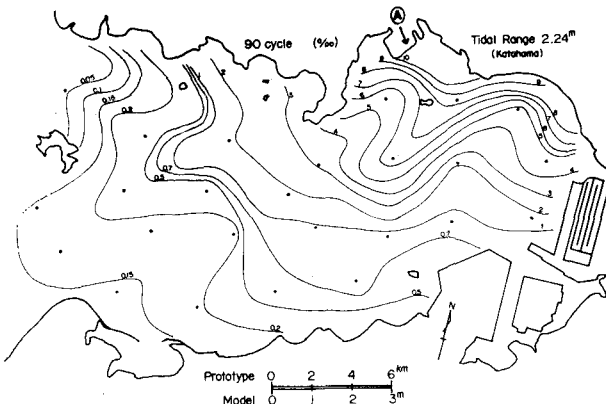


図-8 濃度水平分布

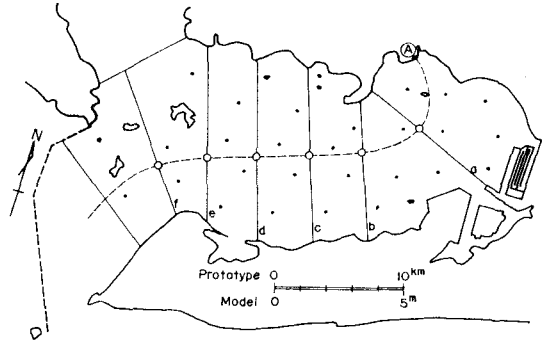


図-9 1次元座標

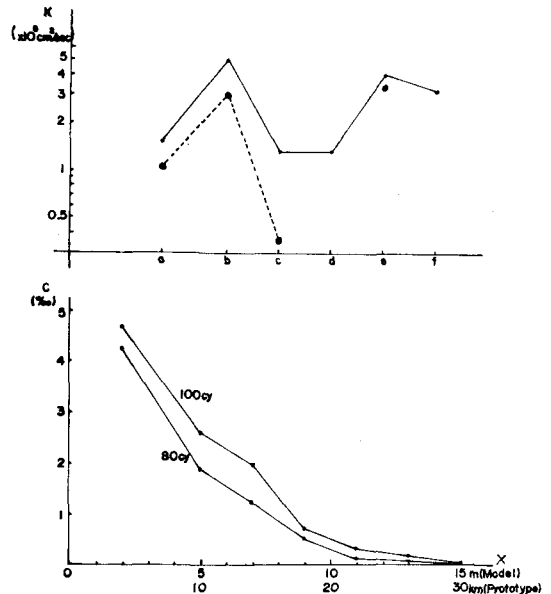


図-10 断面平均濃度・拡散・分散係数

のような濃度勾配を与える拡散係数を、1次元拡散方程式の差分近似によって求めてみた。1次元拡散方程式は次のように書ける。

$$A \frac{\partial C}{\partial t} + Q \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A \cdot K \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad \dots (3)$$

ここに、 A は横断面積、 C は染料濃度、 Q は単位時間当りの染料投入量、 K は拡散係数である。式(4)を差分形に書き直すと

$$K = \frac{A \cdot \Delta x \cdot \frac{\Delta C}{\Delta t} + Q \cdot \Delta C}{A \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x}} \quad \dots (4)$$

となる。このようにして求めた拡散係数を図-10に示す。図中実線で結んだのがそれである。各海区の K の平均値 $2.7 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{sec}$ を三河湾全体の平均的な拡散係数と考えてもよいであろう。

