

宇都 幸一 長大工学部機械

栗須 正彦 長大工学部機械

中根 重勝 長大水産学部

1 諸言

海洋および湾内における拡散シミュレーションについては、模型および数値モデルによるシミュレーションがよく行なわれている。現地の拡散を再現するには、現地と各モデルにおいて流れの相似および拡散の相似が求められる。流れの相似については模型では縮尺により決定され、数値モデルにおいては1:1に対応しているものと考えられる。一方拡散についても相似則にそった拡散係数に合せる必要が生じる。著者らは昭和52年に佐世保湾について染料投入による拡散の現地観測および潮流観測を行った。また模型についても拡散の適合性を調べるため染料による実験を行った。本報告は染料投入による現地についての拡散係数の算出および模型実験から得られた拡散係数との比較検討を行い、次に現地における潮流より算出した拡散係数についてのべる。

2 染料投入と拡散雲の観測

拡散実験に使用する染料としてウランを用いた。面積を求める方法として著者らはボートによる追跡法を用いた。この方法は六菱の手こぎのボートにより拡散雲を六角形として近似して面積をトランシットにより求めるものであり、航空写真等による方法に比べ非常に容易である。図1は佐世保湾における染料投入点およびトランシットの位置を示す。

3 解析方法

平野、杉浦によると染料域周辺の濃度が常に等しいと考え拡散係数を次式により求めている

$$K = \frac{\Delta A_i}{4\pi \Delta t_i} \quad (1)$$

ここで ΔA_i は Δt_i 時間の経過時間に対する拡散雲の増加面積である、またスケールに関しては相当半径 R を次式で示している。

$$R = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} (\sqrt{A_{iH}} + \sqrt{A_i}) \quad (2)$$

4 実験結果および現地と模型による拡散係数の比較

佐世保湾における拡散雲の状況を図2に示す。各拡散雲の時間間隔(ΔT)は約20分である。表1に大杉湾および佐世保湾の水理模型の諸元を示す。模型での拡散実験の染料は現地で用いたウランを使用し、また面積の測定はカラー写真によって算出した。図3は現地および模型での拡散係数を式(1)および式(2)を用いて算出したものである、ただし模型での拡散係数は現地に換算した値である。図中の実線は現地における拡散係数が3/4乗法則にしたがうと仮定して最小自乗法により求めた値であり次式で示される。

$$K = 0.05963 R^{2/3} \quad (3)$$

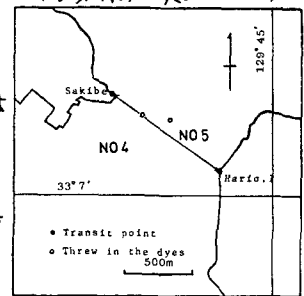


Fig 1 Measuring Points

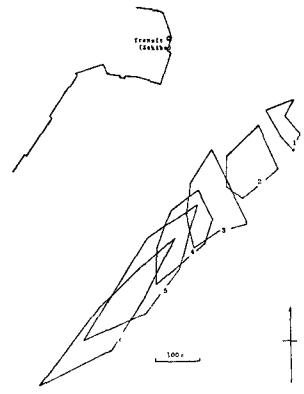


Fig 2 Diffusion of dyes in Sasebo bay

破線はリチャードソンの係数を用いた値である。図中の●印は現地、○および□印は模型での引潮時および満潮時の拡散係数である。両者を比較した場合、現地に比べ模型の拡散係数は少し小さい値を示している。また模型において満潮時は引き潮時に比べまとまった値となっている。しかしながらスケールに対する値はほぼ3/4乗法則にのっており、かつ現地と模型のオーダーはほぼ一致しており、したがっ

この模型を用いて拡散のシミュレーションは妥当である。

5 潮流による拡散係数

5.1 潮流観測

図4に潮流計の設置状況を示す、流速計は小野式流速計を用いた。日時および場所は拡散雲の観測と一致させるため、ほぼ同一地点に設置し、観測期間は昭和52年7月26日より8月23日の2週間行なった。

5.2 解析方法

潮流計によって得られた値は潮汐流を含んでいる。拡散はこれにより生じると考えられるのでこの潮汐流を除去しなければならぬ。この方法としては最小自乗法により M_2 , S_2 および O_1 , K_1 を求めこれらの成分を除去した。図5は以上の方法により求めた乱れのエネルギー分布である。図に示されるように $-5/3$ の勾配を示しており、乱流拡散を支配する領域がこの範囲に存在していることがわかる。拡散係数を求めるには、乱れが Lagrange の値の場合には自己相関を求め、相関関数を積分することにより求められる。一方潮流計より求められた乱れは Euler の値である。ここでは Euler の値と Lagrange の値が 1:1 に対応しているものと仮定し、自己相関関数を次式より求めた。

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T u'(t) \cdot u'(t+\tau) dt \quad (4)$$

ここで u' は Euler の値である。又拡散係数は時間をパラメータとし次式より求めた。

$$K(\tau) = \int_0^T R(\tau) d\tau \quad (5)$$

6 拡散雲と潮流より求めた拡散係数の比較

拡散雲および潮流より求めた拡散係数を比較する場合スケールを一致させる必要がある、よって拡散雲の場合の拡散係数を時間の関数として求めるため次式を用いた。

$$K(T) = \frac{\sigma^2}{4T} = \frac{A}{\pi T} \quad (6)$$

図6は両者の拡散係数を示す。実線および破線は潮流より求めた東西および南北方向の値であり、○印および●印は佐世保港での拡散雲により第1回および第2回での値である。両者は時間スケールが 2000 sec 付近ではほぼ一致しており、また 4000 sec 以上では一定値に近づく傾向がみられる。

7 結言

1) 模型で得られた拡散係数は現地の値に比べやや小さいがほぼ両者は一致する。

2) 現地における拡散雲と潮流より求めた拡散係数はほぼ同じ値となる。

	Model	Prototype
Horizontal length	1/5000	1
Vertical length (Mean water depth)	1/333 6.8m	1 20m
(Tidal range)	1/544 3.64m	1 48m
Time (Tidal period)	1/252 2m33s	1 12m25s
Velocity (Maximum velocity)	1/171 1.70m/s	1 29m/s
Manning roughness coefficient	1/0.632	1
Diffusion coefficient	1/8.55*10 ⁴	1

Table 1 Scale ratios of the model

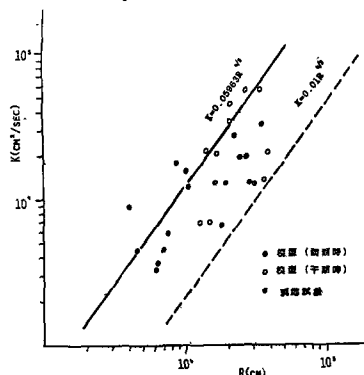


Fig. 3 Diffusion coefficient of model and Prototype

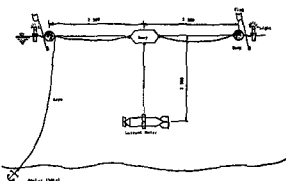


Fig. 4 Setting of Velocity meter

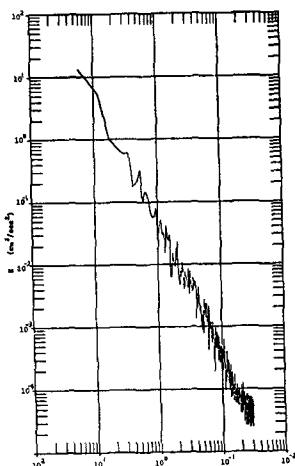


Fig. 5 Energy spectrum in Sasebo bay (E-W)