

徳島大学工業短期大学部

正員 村上 仁士

同上

正員 細井 由彦

徳島大学大学院

学生員 ○渡辺 健也

1. まえがき： 湾や内海における汚染物質の拡散・流況さらには海水交流といった水理現象を把握するのに、よく潮汐水理模型実験が行われる。これは数値実験に比べ、トレーサの流動・拡散の様相が目よく見えるため、現象の実態がつかみやすく、また、条件を固定して繰り返し実験を行ったり実験条件を変えることができるなどの有用性があるためである。しかし、潮流模型は現段階では完全なものとはいえず、残されている問題も少なくない。その一つに模型の歪がある。模型歪が小さいと表面張力の影響が現われたり流れが層流となる。また、模型を歪めると水深の数倍程度以下の乱れについては再現されないといわれているが、歪の影響のみを考えた実験例は少ない。本実験は、潮汐残差流の発生しやすい位置に湾口を設けた長方形の閉鎖性湾を用い、模型歪や地形の変化が流況・拡散現象にどのような影響を及ぼすかを知らうとするものである。

2. 実験方法： 図-1に示すような深さ30cmの実験水槽内に湾口の片寄った長方形湾を設け、湾内には粗度高さ25mmの人工芝を一樣に敷き、潮汐として、ヘッドタンクを周期的に昇降させることにより正弦波を発生させた。実験は、2種の湾口幅の模型について歪をそれぞれ72と45の2通りを与え、表-1に示すような4種類について流況実験および瞬間点源拡散実験を行った。流況はスポンジの浮標を用い、また、メチレンブルー水溶液を図-1に示す湾内の3点(P、Q、R)に投入し、それぞれ連続写真撮影を行った。なお、模型はFroudeの相似則に従っており、実験は乱流域と考えられる。

3. 歪の変化に伴う流況特性： 湾内では、すべてのCaseについて上げ潮時・下げ潮時とも、図-2で示すと同様に常に時計まわりの環流が発生し、湾内では潮流よりも、ある一定の方向に流れをもつ恒流が卓越していることを示している。流況図をもとに、Case A・Case Bについて上げ潮および下げ潮最盛時における、原型に換算した流速による流速分布図を図-3に示す。この時、模型がFroudeの相似則に従っている以上、理論上、原型に換算した流況はその歪の大きさには関係ないはずである。図によると、歪の大きいCase AがCase Bで得られた流速よりいくぶん小さくなっている。その原因については、粗度の効果が支配的であると考えられる。歪を変えれば水深が変わり、それに応じて粗度も変える必要があるが、本実験では粗度は変えていない。Manning

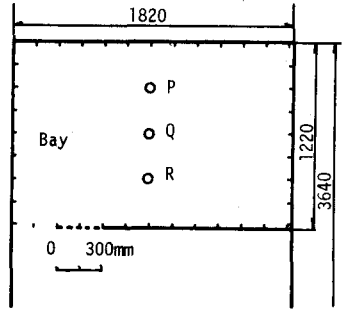


図-1 実験水槽および染料投入点

表-1 実験諸元

Factor		Case A	Case B	Case C	Case D
Bay	Length	122 cm	122 cm	122 cm	122 cm
	Width	182 cm	182 cm	182 cm	182 cm
Model	Width of the mouth of a bay	60 cm	60 cm	30 cm	30 cm
	Water depth	16 cm	10 cm	16 cm	10 cm
	Tidal range	2 cm	1.25 cm	2 cm	1.25 cm
	Tidal period	1 m 02 s	1 m 18.4 s	1 m 02 s	1 m 18.4 s
Prototype	Bay	Length	8.8 km	8.8 km	8.8 km
		Width	13.1 km	13.1 km	13.1 km
	Width of the mouth of a bay	4.3 km	4.3 km	2.15 km	2.15 km
	Water depth	16 m	16 m	16 m	16 m
	Tidal range	2 m	2 m	2 m	2 m
	Tidal period	12 h 25 m	12 h 25 m	12 h 25 m	12 h 25 m
Scale	Distance	xr	7210	7210	7210
	Water depth	hr	100	160	100
	Tidal period	tr	721	570	721
		xr/hr	72	45	72

Case D. (flood current)

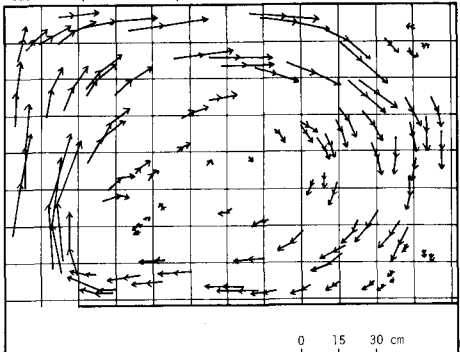


図-2 流況図

の粗度係数 n の原型における値 n_p と模型における値 n_m との比 n_p/n_m は、模型の縮率により、 $n_r = n_p / n_m = r_r^{1/2} / x_r^{1/2}$ と表現される²³。したがって n を固定し、模型歪を小さくするためには n_r を大きくしなければならず、結局、歪が小さくなれば n_m を小さくする必要がある。理論上、Case Aと同じ再現性を望むなら、歪の小さいCase Bには4.7mmの相当粗度を与えなければならないことになる。図より、実際問題としてはその数値は明らかではないが、Case Bの粗度を小さくして流速をもう少し大きくしなければならないことがわかる。しかし、粗度に関しては現在でもあいまいな点が多く、ほとんど試行錯誤に頼っているのが実情であり、実際、Case CとCase Dの流況にはほとんど差異は認められず、湾口幅の違いによる流速と環流の規模の大小がこういう結果を生じさせた一つの要因とも考えられる。

4. 歪の変化に伴う拡散特性： 図4は平野・杉浦による円形パッチ理論により求めたもので、原型に換算した値による相当半径 r と拡散係数 K との関係を示したものである。Case AとCase B同じくCase CとCase Dとを比較すると、同程度の規模に対する拡散係数の値にはたいして差はないようであるが、拡散の現象については多少異なっている。Case AとCase Cは勾配が殆ど直線に従っており、Case BとCase Dに関しては殆ど傾きより大きく、さあろいほそれ以上のように思われる。本実験はFroudeの相似則のみを合わせているが、拡散現象を取り扱う場合には拡散現象の相似を満足する必要がある。一般に現地と模型においては α 乗則によく従っているのであるが、本実験においては、 $K_r = E_r L_r^\alpha$ とし、 $E_r = 1$ と置き α を求めてみると、 $\alpha = (1/2) \cdot \ln r_r / \ln x_r + 1$ となる。ここで E はエネルギー-速散率である。これより、歪が72であるCase A・Cでは、 $\alpha_{AC} = 1.259$ 、歪が45であるCase B・Dでは、 $\alpha_{BD} = 1.286$ を得、 α 乗則よりいくぶん小さく縮尺したことになるが、その傾きのちがいは微々たるものであり、 α 乗をこの縮尺による拡散現象の一つの目安と考えることができるであろう。そして、 $\alpha_{AC} < \alpha_{BD}$ の関係は実験結果でも満たされており、歪による拡散係数と相当半径との関係の違いは縮率つまり、 $\ln r_r / \ln x_r$ によるものと考えられる。また、原型に比べ模型の拡散現象における α 値の方が大きくなっているが、これは実験が地形性渦流であること、乱れの発達と構造が原型と模型とで異なること、さらには模型の縮率などが原因と考えられるが、原因を究明するまでは至っていない。

5. あとがき： 今回は実験装置の都合上、歪が72と45という大きな値となったので、今後歪をもっと小さくして実験を行い、その結果を対比していきたい。最後、本研究にあたり、実験および資料整理に御協力を頂いた元学部学生、古沖隆志君に謝意を表す。参考文献 1) 樋口：潮流模型実験，第10回水工学に関する暑期研修会講義集B3-2，PP. B-8-1～B-8-25，1994。2) 岩垣：海岸および港湾の模型実験について，海岸工学最近の進歩，pp. 21～42，1961。3) 平野・杉浦：河川流入のあま内湾の塩分分布について，東海区水産研報告，第22号，pp. 1～15，1951。

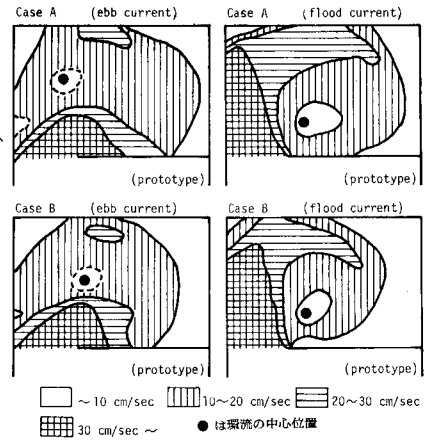


図-3 流速分布

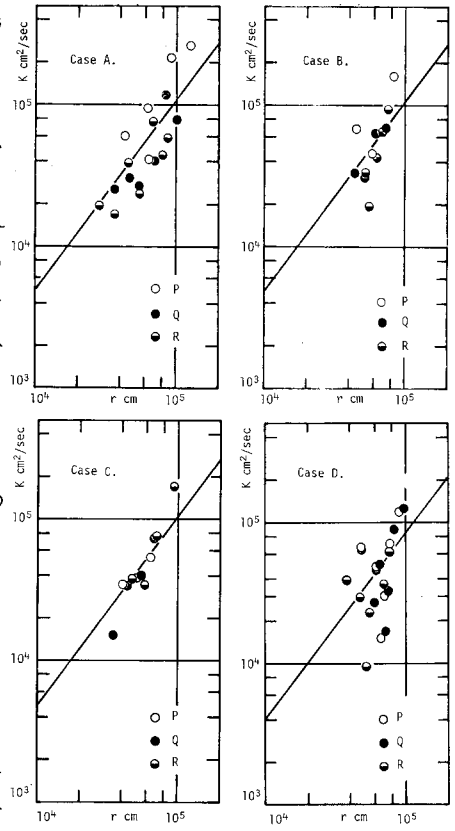


図-4 相当半径と拡散係数