

臨海工業地先海域における環境保全に関する研究

工業技術院 公害資源研究所

江村富男 鬼塚正光 ○石川公敏

松尾 信 太田一之 中田喜三郎

〈まえがき〉

日本の工業の近代化、それに伴う地域の都市化により環境の激変ならびに悪化が日ごとに顕在化してきた。しかしながら、これらの原因を究明できるに十分な科学的方法の開発が遅れているのが現状である。この時点にあたり、環境破壊のメカニズムの解明、それに対応する環境保全の施策を行なうことが急務である。

その課題を海域に関する過去の諸々の研究成果に向ければ沿岸海域においては総体的な観点に立った研究は数少なく、現在の研究者はこの環境保全に対応する科学的ポテンシャルを欠き、また研究の目的意識が薄弱であった。

そこで我々は今までなされてきた研究方法および成果の総括から、環境保全のため従来の研究を統合し、環境科学としての新しい方法を確立することを目的とする。

前述したように沿岸海域についての現象の明確な把握がいまだに行なわれていない。このことが水質保全のための十分な施策を立てられない最大の要因となっている。従って、まず関心をこの点にむけ、また従来の無計画な地域開発に伴う環境破壊を防止し、制禦するための方策を確立していかなければならない。その代表例として、現在開発がすすめられており、また将来もその可能性を持っている渥美湾を選んだ。

海域の特性を解明する手段としては、現地調査はもちろん簡便法としての数値実験と水理模型実験が考えられる。

我々はまず現地調査方法の根本的改善をせねばならないと考える。すなわち、従来からの海洋観測方法を沿岸海域にそのまま適用することはできない。その理由は、沿岸の微細構造は外洋と比べて時空的に非定常的であり、その影響が海域の特性を決定するにもかゝらず、これまでの方法ではその重要さを究明できないところにある。また観測にともなう計測機器の旧態依然たる使用方法、その測定対象およびそのデータの吟味の欠如も、その信頼性ならびに適用性において見逃すことはできない。それゆえ、原型の把握が現在において最も重要であり、この観点をぬきにした議論は無意味かつ有害であると考ええる。

簡便法としての水理模型実験の意義は、的確な原型の把握にもとずき現象を正確に再現しそれによって将来の海象予測をすることにある。従来の水理模型実験の範囲を拡張した規模での実験の限界に挑み、現時点における現象のより良いデータにもとずき効果的な手法を開発せねばならない。

〈原型〉

研究の対象とした渥美湾は伊勢湾に連なる附属湾であり、その海況を決定する主要因は伊勢湾に存在する。湾の地形的な特徴としては、湾口が狭く、湾内の水深は比較的浅く三河側で最大約20

7mでゆるやかな勾配を持ち、知多側では最大約25mでV字型を示し、一級河川の矢作川が流入している。その概略は図1に示す。

表1によれば、名古屋、師崎、蒲郡には潮時差がない。潮高は名古屋に比較して渥美湾の方が低い。当海域における資料は海況については、水路部(1953年)以外は、1968年、1969年通産省が実施した調査しか見当たらない。

また水質についてみれば、愛知県水産試験場の定期観測点以外の資料はほとんどなく、ごく最近、経企庁(1970年)が実施した調査資料があるのみである。

さらに当海域は工業化計画の実施の途上にあり、水質保全の施策を立てることが急務であるにもかかわらず、このような資料は時間的に統一されたものではないので、充分な資料であるとは思われない。よって当研究グループではこれまでの資料を更に充実させるために、愛知県の協力を得て、現地調査を実施した。

〈観測方法〉

衣浦湾における現地観測は1970年10月28～30日に行ない、過去の観測資料を併せてこの報告の参考とした。

まず今回の観測の概略は図2に示している。これらの測定点は当研究所で行っている渥美湾水理模型の実験から経験的に重要と思われる24点を選んだ。10月29日の観測は衣浦湾全般の水質をとらえるため、当日の高潮時、低潮時を中心に約前後1時間以内に船三隻による同時観測

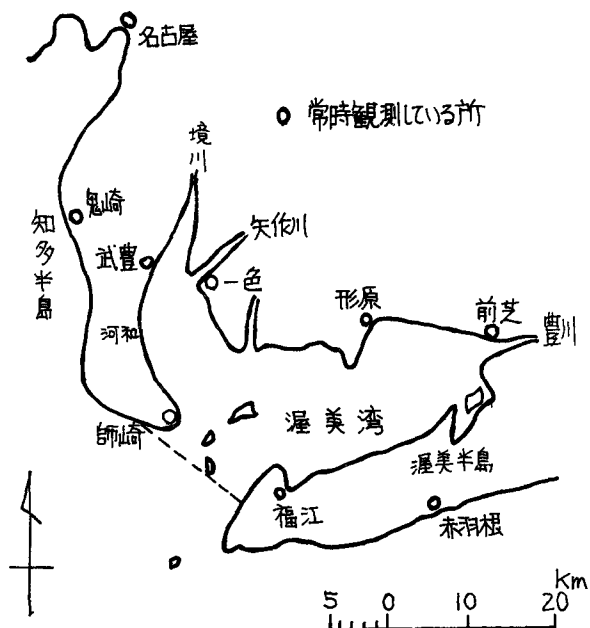


図1. 検潮器設置箇所

表1 渥美湾の各港の潮高及び潮時

地名	位置		標高	標準港	改正数		平均水面
	緯度	経度			潮時差	潮高比	
福江	34°38'	137°07'	9.2	名古屋	-0.10	0.86	1.2
前芝	34°47'	137°21'	"		+0.20	0.74	1.0
蒲郡	34°49'	137°14'	"		0.0	0.90	1.4
三谷	34°49'	137°15'	"		-0.05	0.94	1.4
形原	34°48'	137°11'	"		-0.05	0.89	1.3
西浦	34°47'	137°10'	"		0.0	0.94	1.4
寺津	34°49'	137°00'	"		0.0	0.86	1.3
佐又島	34°44'	137°03'	"		-0.10	0.83	1.3
篠島	34°41'	137°00'	"		0.05	0.88	1.3
武豊	34°51'	136°55'	"		+0.10	0.93	1.3
師崎	34°42'	136°59'	"		0.0	0.81	1.2
常滑	34°43'	136°51'	"		+0.25	0.84	1.2
神島	34°43'	136°39'	"		0.0	0.76	1.2
名古屋	35°05'	136°53'	"		0.0	1.00	1.4

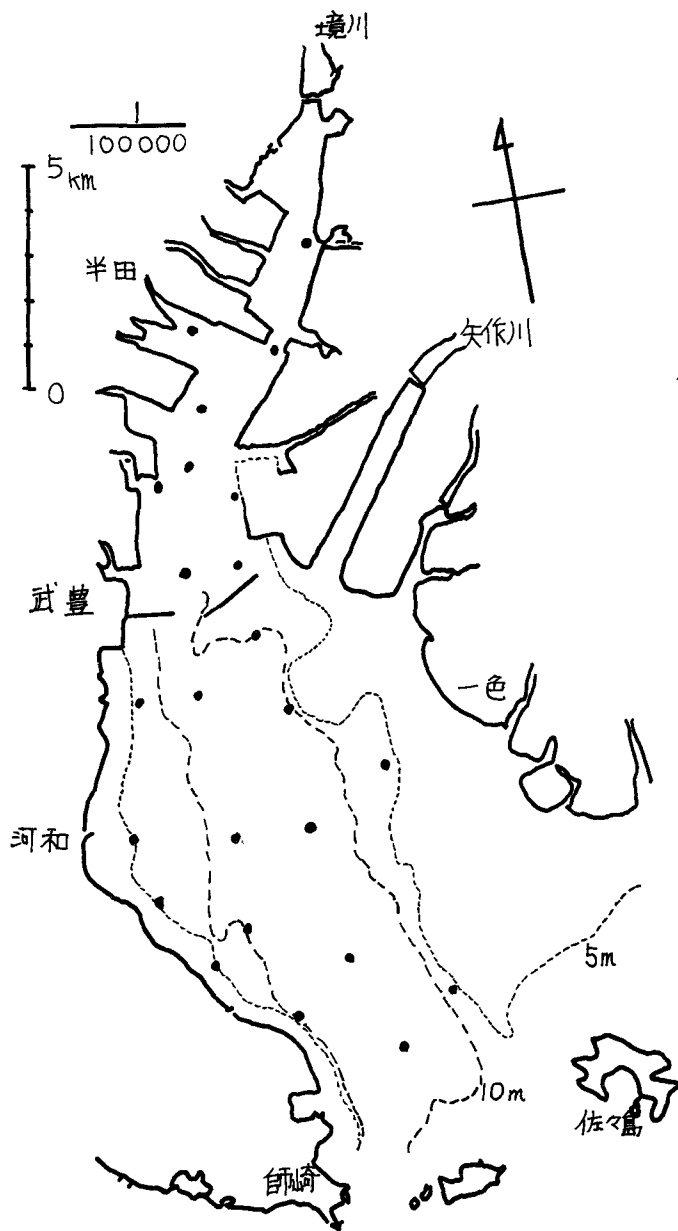


図 2. 原型の等深線と観測点位置図

由は不明確である。武豊の防潮堤南の高塩分分布は防潮堤の影響であると思われる。衣浦港の低塩分分布は港奥からの淡水の流出と、矢作川の影響の複雑な作用の結果と推定される。

<水温>

図5で明らかなように、湾口と外海との間で約1.5℃の水温差がみられる。特に港内と港口付近

を行った。水質の分析方法は主として海洋観測指針によった。この報告に述べるのは、下げ潮時(11時15分)の資料である。

30日の流況調査は図3に示した観測点の2と5で、流向流速はCM-2型流速計を用いた。両日とも水深0.2, 5, 海底より1mの4層で測定、採水と同時に水温、塩分も観測した。図3の1と4はCM-2型、3と6は小野式流速計を用いた。(1969) これらの観測時の月令と今回のそれとは全く同一であった。

<流況>

図3は各観測点における流れの時間経過にもなうパターンを示す。この上げ潮、下げ潮時の基準は師崎の検潮所のそれに規格化されたものである。観測点6では上げ潮は北東に最大約20cm/sec、下げ潮時は南西に最大約30cm/secで流れている。観測点3, 4, 5は上げ潮時はほぼ北西に、下げ潮時は南東に流れている。

<塩分>

図4は塩分分布の一例である。図中河和―師崎間の低塩分部分は他のどの層にも表われているがこの理

の高温部分は港内の熱湯源によるものと考えられる。港奥部の低水温は境川の影響であろうと思われる。河和と師崎の間に存在する部分は塩分と同様理由は不明確である。

<Si>

図6はSiの分布を示したものである。港奥から湾口に向かってSiの濃度は次第に減少している。このことは陸水の影響が外海に向かって次第に減少することに一致する。河和と師崎の間のSiの0.3ppmの低濃度は、前述同様理由は不明確である。港内武豊付近の低濃度部分は陸水の流入と、高水温、植物性プランクトンの相互作用の結果と思われる。矢作川の影響については濃度パターンでは明瞭に出ていない。

<COD>

港奥部では2.2ppmで湾口に向かって次第にその濃度は減少している。武豊の高濃度(約3.9ppm)部分は、港内廃水の特定な水塊をとらえたものであると思われ、水温同様に防潮堤南側と同一水塊と考えられる。河和沖の低濃度(0.51ppm)はその理由は不明確である。濃度のパターンは矢作川と港口部からの流れの影響により作られていると思われる。即ち、武豊と一色の高濃度部は港内の水と矢作川の水で分断された結果であると推定される。

<窒素分>

港奥部はひいように高く(0.48ppm)、矢作川河口沖、河和と師崎の間にまわりと明らかに区別できる高濃度部を示している。逆に武豊付近は低い濃度を示しているのが特徴的である。またこの場合の河和師崎間の高濃度も他の場合と同じように、原因は不明確である。

<模型>

模型の詳細な機構は著者等(1970)の報告に述べられているので、ここでは省略する。模型の全容は写真のようであり、その模型実験における諸元は表2に示した。

<模型実験の手法>

渥美湾の大潮の潮望平均を模型により再現し、プラスチック製浮標を用い16ミリフィルム

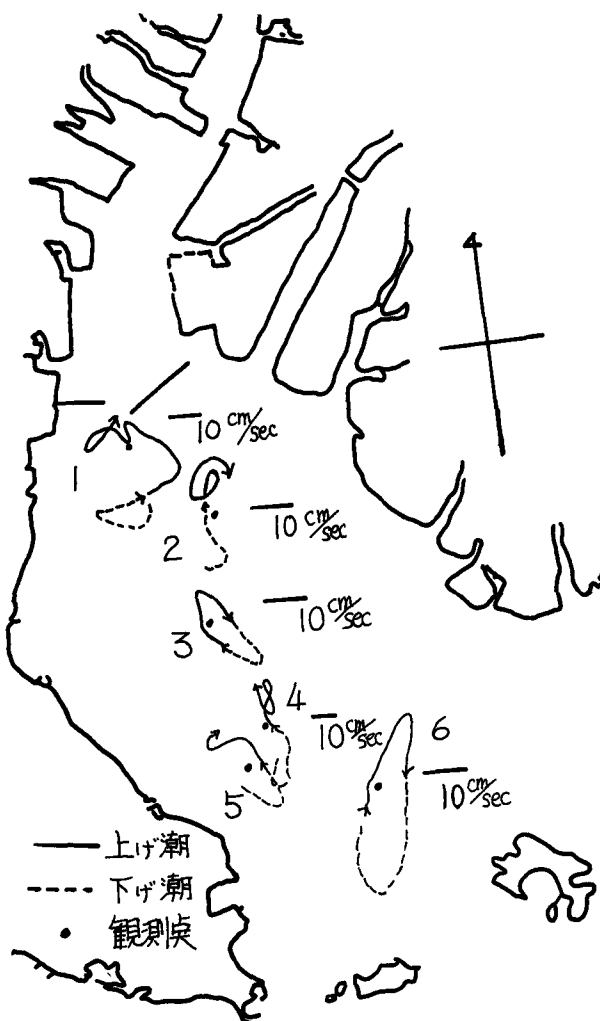


図3 原型の流況(水深2m)

解析により表面の流れを連続的にとらえる。更に保存物質追跡には染料ローダミンBを用いて、それを定量ポンプにより規定量を模型の設定点から投入し、それらの濃度分布が平均的になった時に採水しその蛍光度を測定する。その時の濃度パターンを比較検討した。

＜原型と模型との比較＞

○ 流況

図3と図9を比較する。図3中の1とそれに対応する図9の1はどちらも複雑な流れのパターンを示している。図3中の3と、図9中の2は共に上げ潮では北西へ、下げ潮は南東に流れている。また図3の6に対応する図9の6,7は上げ潮は北東、下げ潮は南西に流れている。港口部の流れの方向を検討するには至らないが、その他の観測点における流れ方向は模型のそれとほとんど一致したと思われる。

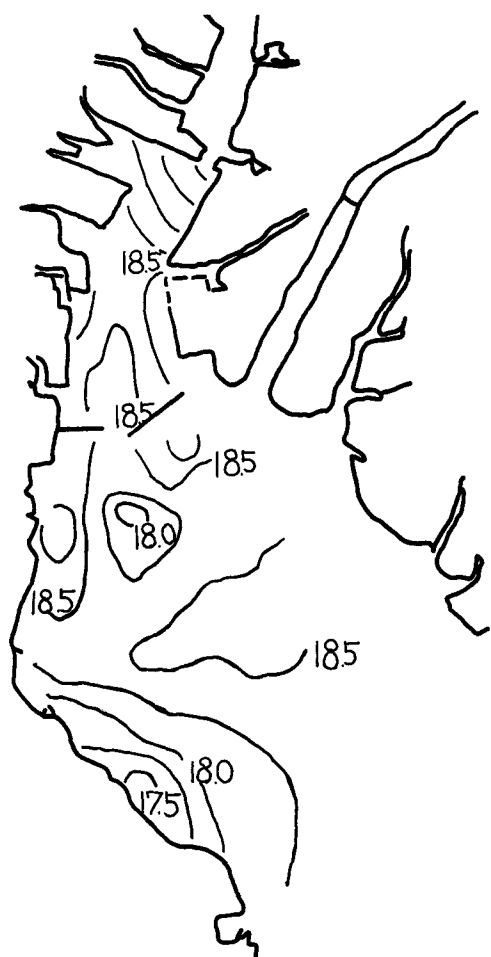


図4 原型の塩分分布(水深2m)
(単位 ‰)

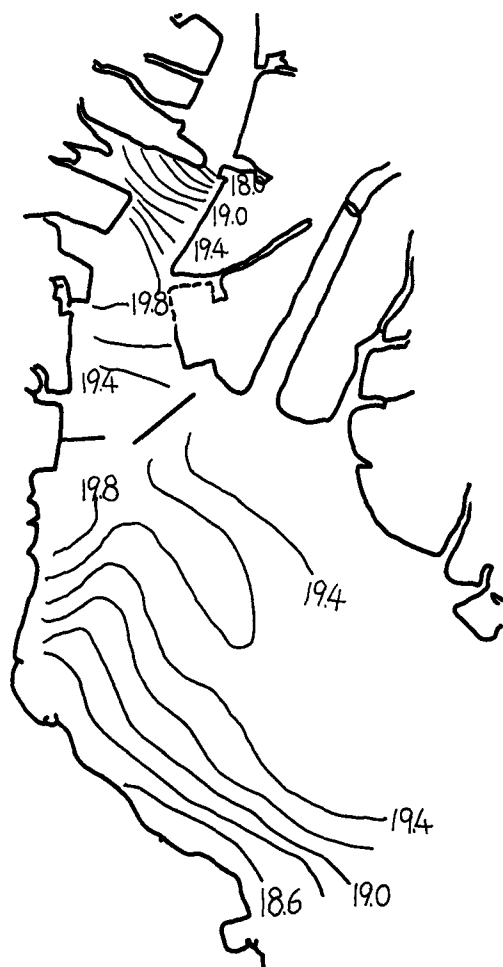


図5 原型の水温分布(水深2m)
(単位 °C)



図 6 原型のSi分布(水深2m)
(単位 ppm)

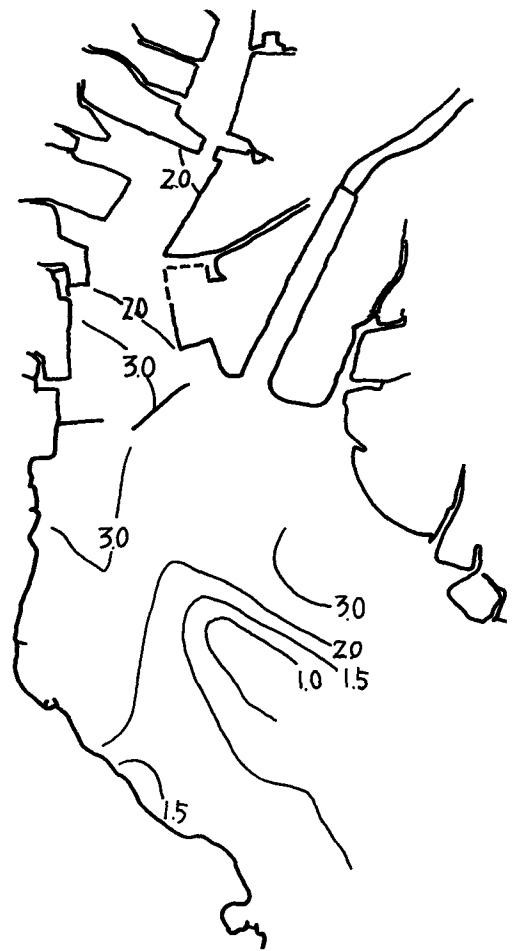


図 7 原型のCOD分布(水深2m)
(単位 ppm)

。塩分

図4と図10を比較する。この場合図10の方は、各河川や海域の流況に影響を与えると推定される量の水を放出する箇所から等濃度のロダミンBを放出量だけ模型に流し、その濃度分布が定常的になった時の濃度パターンである。この方法によれば原型の塩分のような保存物質のパターンと模型のパターンとの関連を論じ得る。この比較では、知多半島側のパターンについては互いに類似性がみられる。

<COD>

図7と図11を比較する。この場合模型のCODは各河川の推定汚濁負荷量と各工場の推定負荷量をその規模に定量ポンプでロダミンBを流入し、その濃度パターンをCODに直し示したものである。模型のCODの値の方が原型のパターンより港内では1~2ppm高く、港外では1~2ppm低くでている。これは諸々の都市下水や不正確な推定汚濁負荷量によるものも多く影響していると思われる。全般的傾向として、原型の武豊付近と河和沖の低濃度の部分を除いては流れを加味すれば、ほぼ模型と一致するところが多いと考えられる。図7の3.0ppm濃度線と図11の0.5ppmの濃度線はよく一致している。

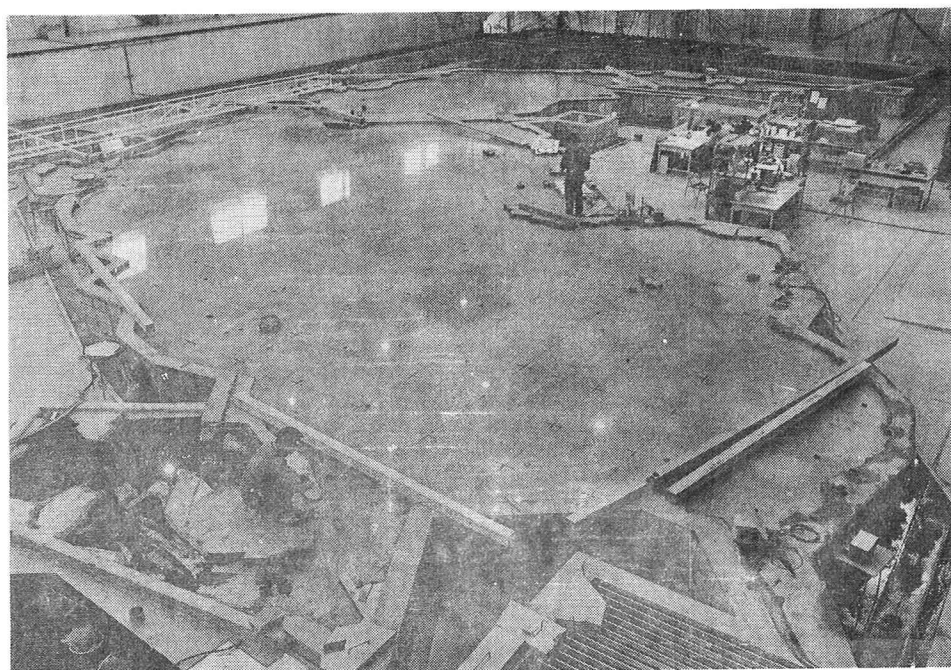


写真 渥美湾水理模型全容

表-2 模型の諸元

	縮尺	原型	模型
距離	1/1500	15 Km	10 m
水深	1/100	10 m	10 cm
潮差	1/100	1.5 m	1.5 cm
周期	1/150	12 ^h 25 ^m	4 ^m 58 ^{sec}
流速	1/10	25 cm/sec	2.5 cm/sec
流量	1/15×10 ⁶	15 m ³ /sec	10 cm ³ /sec

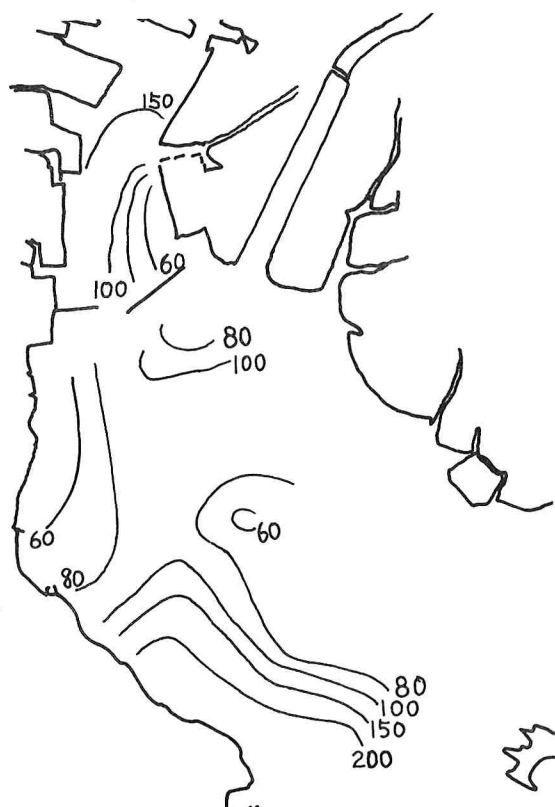


図 8 原型における窒素分の量

$(\text{NH}_4\text{-N}) + (\text{NO}_2\text{-N}) + (\text{NO}_3\text{-N})$

(単位 PPb)

<結果と議論>

○原型の特異点について

全般的な海況ならびに水質の諸要因から見出される原型の特異点は4ヶ所あげられる。

(i)武豊付近

水温について述べれば、他のデータも含めて考えると、この水域はまわりの水域と比べて 1°C 以上の温度差を示している。更に Si 及び窒素分は幾分低い値を示し、プランクトンの異常繁殖が当水域のみで見られた。

(ii)武豊側防潮堤南側

高塩分、高水温を示し、 Si や窒素も低濃度を示している。しかしこれらの結果は防潮堤の効果によるものであり、水域は(i)と同じと推定される。これらは観測した各層においても見られる傾向である。

(iii)矢作川河口部

水温においては低温、塩分は低塩分を示し、COD、窒素分は高い値を示す。 Si はその特徴を示していない。

(iv)河和と師崎の間付近

水温は低く、塩分も高濃度部と比べれば1.5%の差がある。 Si も低く出ており、CODは河和沖で高く師崎に向かって次第に低くなる。しかし窒素分は極端に高い値を示す。この傾向は各層に共通している。

○模型における特異点

記載している例図ではあまり明瞭ではないが、武豊付近、河和付近、矢作川河口沖に原型と同様な特異点がみられる。

○考察

まえがきでも述べたように、現状では循環流や混合現象等の微細



図9 模型の流況

構造を含めた問題を定量的に取扱うことが困難である。今回淡水のみで実施した模型実験の流況および水質の特性は水の鉛直方向における安定が負のときの原型に比べて第一近似として比較的良く類似している。

ここで原型のパターンをかなり良く再現している理由を考察する。少なくとも流況が原型と類似する場所において密度変化にもとずく流動運動が比較的小さいものと考えられる。衣浦湾北部の流況に対して、矢作川河口及び防潮堤の地形と位置がきわめて大きな役割を演じているようである。このことは模型内の地形を一部修正することによって容易にみることができる。内湾の水粒子の流動は潮汐により防潮堤や矢作川の河口の形や位置の状態をもとに加速され、流れが彎曲すれば、その流

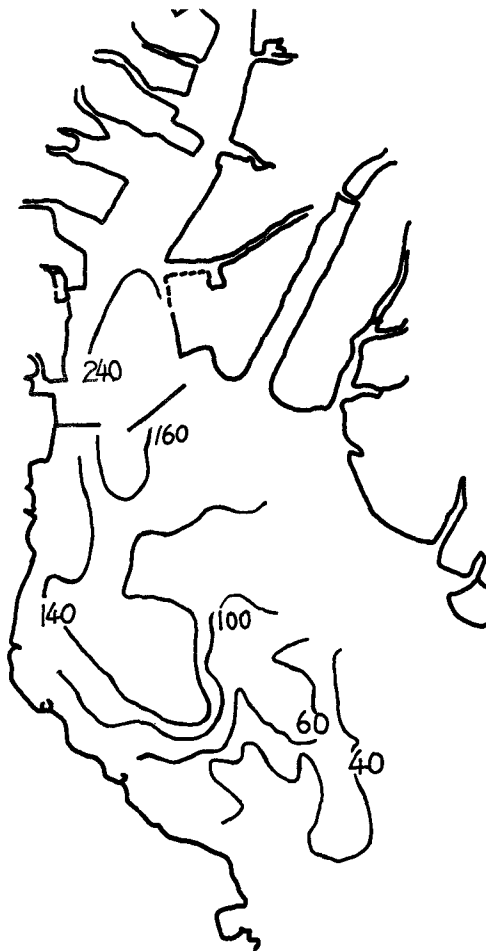


図 10 模型における保存物の分布

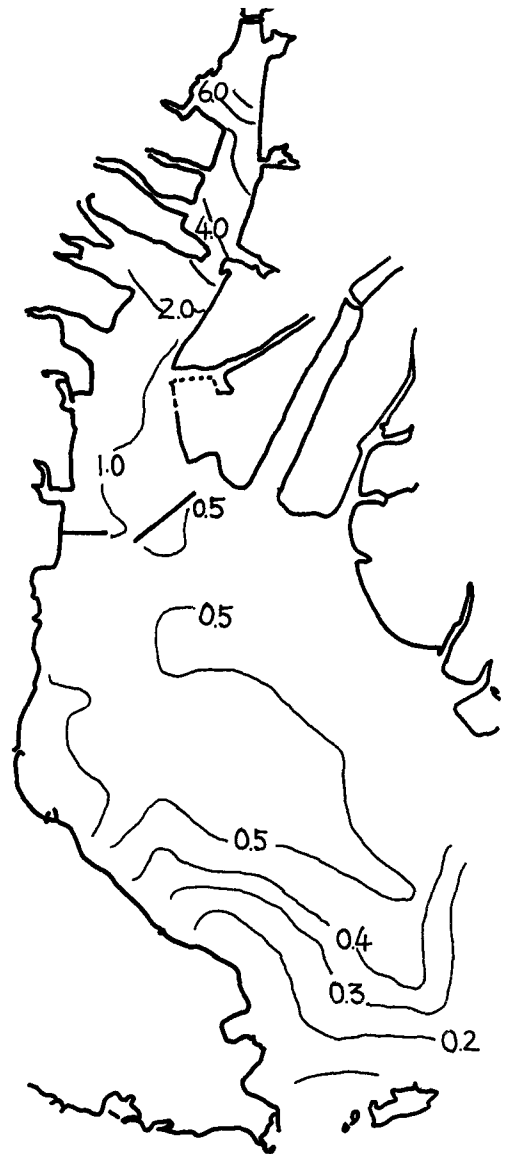


図 11 模型におけるCODの分布(右図)

れの湾曲による遠心力が平均流の運動エネルギーの源となっている。衣浦湾全体についての流況は潮流により上げ潮の初期に湾口から一色沖に向い、その一部が矢作川河口及び西防潮堤の東開口部に向けて流れ、少し遅れて主流が航路である中央部を通過し、その残余は防潮堤西側へ偏流する。下げ潮において衣浦港内水がまず知多側へ移動し、少し位相が遅れて矢作川の水が河和に向けて流出する。この特徴的な流れにより、西防潮堤の南側と河和に偏流する流れの二次流を生成していることが推察される。このことは衣浦湾口及び河和付近の特徴ある水塊の生成と、その移動は定点観測や短時間内の一斉観測による水質分析結果が良く表われ、そこでの濃度勾配はその水塊の流れの流線を表わしているものと考えられる。これらの現象は毎年西防波堤南及び河和-師崎間の水域できわめて狭い範囲にみられる赤潮の発生との間に強い関係があるものと評価することが可能である。

くあとがき

水理模型を通して海域の現象を十分に把握するために原型の現状認識の努力と精度(例えば流速計の信頼性や観測の積重ね等)の向上を計らねばならない。そうすることによりその時点での水理模型の再現性の限界が明確になり、研究手段としての模型の位置が定まるであろう。もう一つの手法としての数値実験に於いても同様なことがいえる。しかしこの場合については、基礎方程式に問題があり、また現在行われている方法は結果のみでその過程が軽視され、単にテクニックの問題に矮小化されているようである。

今後環境科学としての立場から、環境のメカニズムを明確に解明する手法の中に模型を位置づけ、かつ他分野を組込むことにより可能な限りの環境の将来予測を志向せねばならない。

く参考文献

1. 渥美湾及び伊勢湾の海象並びに潮流観測報告(第4管区海上保安本部水路部) 1953 4.1
2. 産業公害防止協会; 1949 3 衣浦池先海域調査報告書
3. 江村, 鬼塚, et al; 1970.5 公害(vol 5 No.3) 大型水理模型の制御について
4. 江村富男, 鬼塚正光; 1970 公害(vol 5 No.2) 海域における廃水拡散の研究
5. Simmons, H.B; 1959 Applications and Limitations of Estuary Model in Pollution Analyses (Proc. Int. Conf. Waste Disposal in Marine Environment.)
6. Corps of Engineering, U.S. Army, San Francisco; "Comprehensive Survey of San Francisco Bay and Tributaries California" Appendix "H" Hydraulic Model Studies vol I & II
7. Roper L. C. H. K; 1967. "The role of physical Hydraulic Model of San Francisco Bay and Delta in Pollution studies" (Proc. of Estuarine Pollution, Stanford)
8. 岩垣雄一; 1961. 海岸および港湾模型実験について, 海岸工学の最近の進歩.
9. 愛知県水産試験場; 1970 伊勢湾・三河湾水底質調査報告(その1)
10. 三河港港湾管理者; 1970 三河港港湾計画資料 - 改訂 -
11. 速水鎮一郎, 岩垣雄一, 樋口明生; 1967 公害(vol 2 No.1) 有明海沿岸埋立地区における排水拡散等変化予想模型実験