

伊勢湾水理模型実験と現地調査（第3報）

——三河湾の流況と海水交流について——

西村 俊之* ・ 高岡征二郎** ・ 稲 富 隆 昌***
村 田 繁****・ 鬼 頭 平 三****

1. はじめに

三大都市圏の1つである中部圏を背後にひかえる伊勢湾は、海岸線が複雑に入り組んでいるとともに海底地形が摺鉢状となった閉鎖性内湾であり、環境保全対策が望まれている。我々はこのような伊勢湾の海水浄化を目指して、現地調査、水理模型実験、数値シミュレーションの3手法にて総合的かつ体系的に「伊勢湾環境対策調査」を実施している。

今回、伊勢湾の一部である三河湾を対象として本調査を実施した。三河湾は海域面積 510 km²、平均水深 9.2 m と浅い代表的な閉鎖性内湾であり、河川流、季節風による吹送流、温度成層、気圧傾斜流等の影響を受けやすくなっている。また外海と接するのは伊勢湾口を介して三河湾口を通してのみであり、しかも湾口に島嶼が散在するとともに湾内においても知多湾と渥美湾に分かれているために、外海との海水交換が行われにくい地形となっている。一般に環境保全対策上基本となるものの1つに水理機構があるが、今回このような三河湾の流況および湾口部での湾内水と外海水との海水交流機構を上述の3手法にて調査した。以下その結果について報告する。

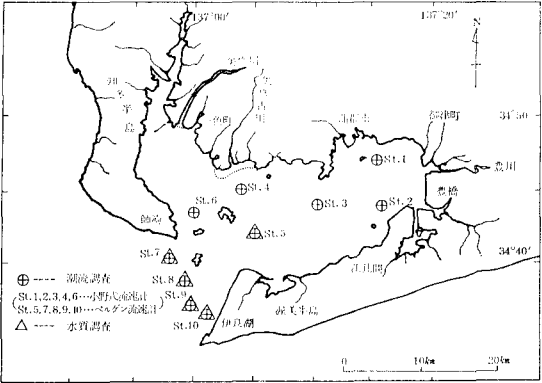
2. 三河湾の流況

三河湾の流況特性、恒流の実態、冬季季節風による吹送流の影響、河川流の影響、湾口部での湾内水・外海水の流出入機構等を把握するために流況現地調査を実施するとともに、有限要素法2層モデルにて流況シミュレーションを実施した。

2.1 流況現地調査

(1) 調査方法

図一および表一に示す測点、観測層において、昭和52年12月に15昼夜連続観測を実施した。流速計は湾口では湾内水、外海水の挙動を把握するために水温、塩分をも測定できるベルゲン型流速計を使用し、湾内では小野式自記流速計を使用した。



図一 流況現地調査測点位置図

表一 流況現地調査観測層および流速計

測点	観 測 層			層数	水深 (m)	流 速 計
	海面下 1 m	平均海面 下 5 m	海底面 上 2 m			
1	○	○		2	7.0	小 野 式
2	○	○	○	3	10.0	小 野 式
3	○	○		2	12.5	小 野 式
4		○	○	2	11.0	小 野 式
5		○	○	2	22.0	ベルゲン
6		○	○	2	16.0	小 野 式
7		○	○	2	20.5	ベルゲン
8		○	○	2	16.3	ベルゲン
9		○	○	2	14.0	ベルゲン
10		○	○	2	18.0	ベルゲン
計	3	10	8	21		小野式 11 ベルゲン 10

(2) 調査結果

三河湾の流れは1日2回潮の流速変化を示し、上層・下層とも上げ潮時には湾内へ流入し、下げ潮時には湾外へ流出する潮流分布を呈した（図二～三参照）。また流速変動は大潮期に強く小潮期に弱くなるが、師崎水道の上層では大潮期よりも小潮期に多少強い流れがみられた。湾口部の潮流は師崎水道よりも中山水道の方が大きく、中山水道では 60 cm/sec 前後の最大流速が観測された。

* 運輸省第五港湾建設局技術次長
** 正会員 工修 運輸省第五港湾建設局設計室長
*** 正会員 運輸省港湾技術研究所構造部振動研究室長
**** 正会員 工修 運輸省第五港湾建設局設計室

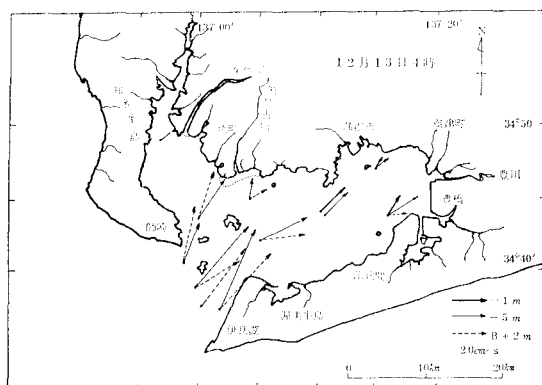


図-2 上げ潮最強時流況（現地調査）

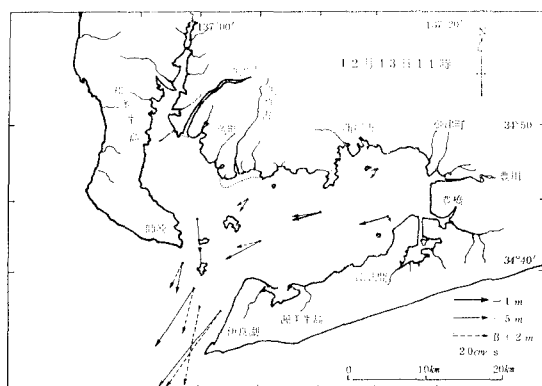


図-3 下げ潮最強時流況（現地調査）

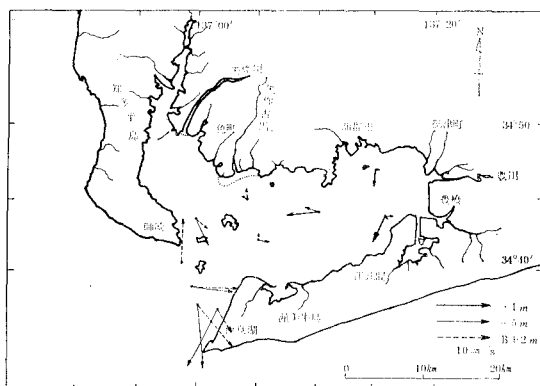


図-4 恒流（現地調査）

調和解を行うと明らかに M_2 分潮が卓越し、その大きさは湾奥部から湾口部に向かうにつれて徐々に大きくなる傾向がみられる。また全般的に下層よりも上層の方が大きな流速値を示している。潮流の平均的な流れの向きは湾口部では湾口断面にほぼ垂直、湾内では湾の縦断方向に一致している。湾口部における上層と下層との

流向差は大きいところで約 10° である。また湾口部での海水の流出・流入過程は師崎水道よりも中山水道の方が早く起ることも認められる。

恒流分布を 図-4 に示す。湾内の恒流は数 cm/sec 以下の小さな値であり、また日平均流は日々によってかなり変動し、安定した水平循環流の様相は呈していない。それに対し湾口部における恒流は湾内よりも多少強く、日平均流は一部例外もあるがほとんどの測点でほぼ定常的な流れがみられる。中山水道の上層・下層では湾外へ流出し、師崎水道の下層では知多湾へ向かう対称的な流れを示している。しかし中山水道の下層でも一時的に流入する流れも認められる。

2.2 流況数値シミュレーション

(1) 計算手法および計算条件

計算手法としては有限要素法による2次元2層モデルとし、 M_2 分潮による潮流計算は準定常流解析、恒流計算は定常流解析、吹送流計算は非定常流解析を行なった。モデルの上層は吹送流を考慮して海面下4mまでとし、河川流量は年平均流量とした。解析領域は伊勢湾全域を対象とし、これを867個の要素に分割した。但し、吹送流計算は三河湾についてのみである。

(2) 計算結果

流れのパターンは、現地調査と同様流入を繰り返す比較的単調な様相を呈している。三河湾口での最大流速は40 cm/sec、三河湾奥部で5 cm/secである。恒流分布を 図-5 に示す。三河湾口では時計まわりの環流、三河湾奥部では反時計まわりの環流が形成されている。

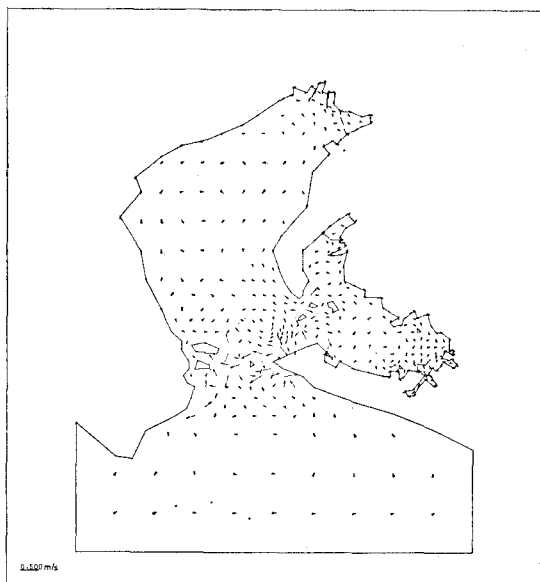


図-5 伊勢湾上層の恒流（数値シミュレーション）

3. 三河湾の海水交流

三河湾口、知多湾口、渥美湾口での湾内水と外海水の交流機構を明らかにするとともに、Denny S. Parker 等の理論¹⁾に従って1潮汐間の海水交換率を求め、これらの湾口が海水浄化に対して有する機能を把握することを目的として現地調査および水理模型実験を実施した。なお、水理模型実験は三河湾口についてのみ実施した。

3.1 海水交換現地調査

(1) 調査方法

調査対象海域および測点位置は図-6、各測点の観測層は図-7のとおりである。調査は温度成層が形成されなかつ日潮不等の差が小さい時期を選んで2回にわたって実施し^{2),3)}、第1回目は昭和52年11月24日～25日、

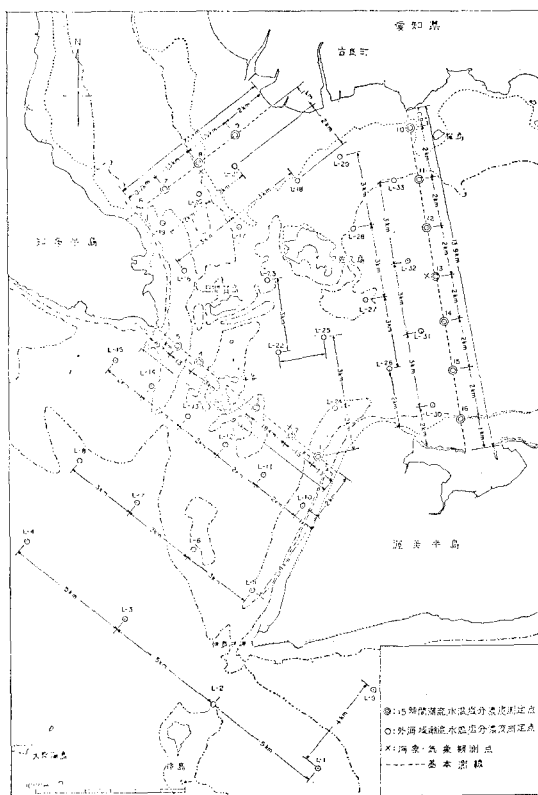


図-6 海水交換現地調査測点位置図

第2回目は昭和53年1月20日～21日であった。また観測期間は上げ潮末期から下げ潮、上げ潮をへて下げ潮初期に至る15時間とした。調査項目は①基本測線での15時間潮流、水温、塩分濃度測定(測点1～16)②外海域潮流、水温、塩分濃度測定(測点 $L_1 \sim L_{39}$)③水温、塩分濃度移動連続測定(調査対象海域全域)④基本測線での深浅測量⑤気象・海象観測で、その他潮位、河川流量の記録を収集した。①の基本測線での15時間潮流、水温、塩分濃度測定は、潮流については小野式自記

流速計にて10分間の流向、流速を連続的に観測することにより、水温についてはET-5型電気水温計にて30分毎に測定することにより、また塩分濃度については30分毎にバンドン型採水器にて採水してオートラボ社製のサリノメーターで分析することにより実施した。②の外海域での潮流、水温、塩分濃度測定は①と同種の機器にて、水温、塩分濃度については上げ潮末期2時間以内に1回、潮流については下げ潮時に1回各測点、観測層で実施した。③の水温、塩分濃度移動連続測定は、マーテック社製 Mark III を積載した観測船を移動させて海面下1mでの値を観測した。なお、海水流入量および塩分流入量を計算する際は、断面を図-7のようにブロック区分化して行なった。

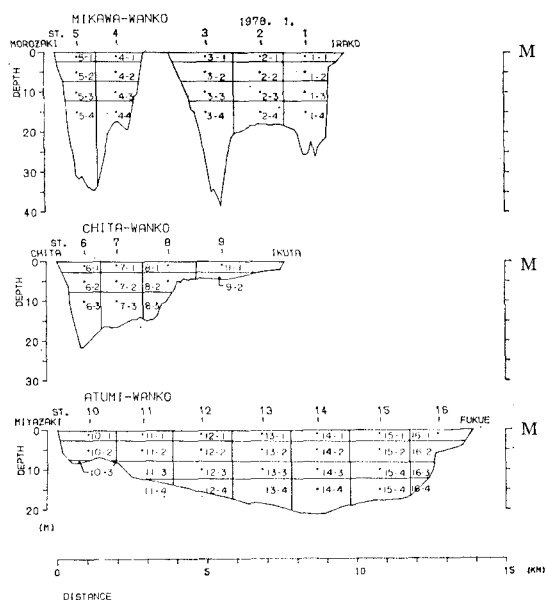


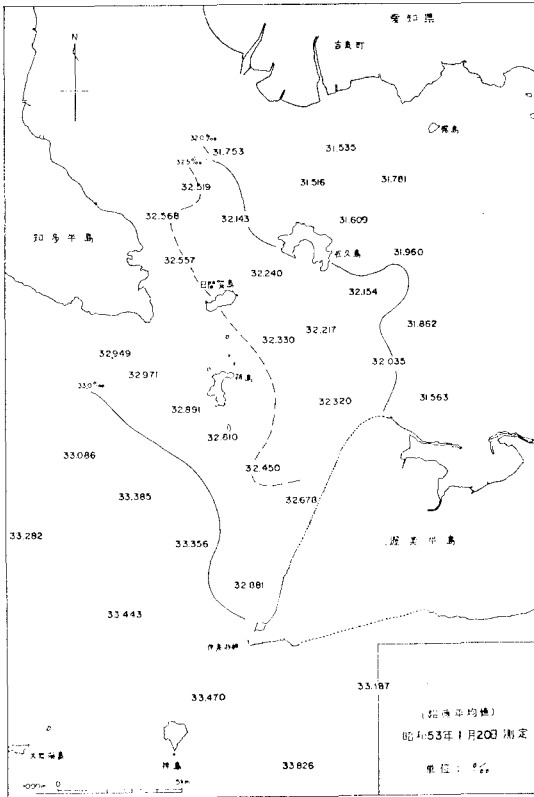
図-7 海水交換現地調査断面ブロック図

(2) 調査結果

第1回目は調査日は大潮日、第2回目は中潮日に相当する。なお、昭和52年11月16日～17日にかけて93.5mmの降雨(伊良湖観候所での記録)があった。

最大流速は三河湾口にて生じており、大潮期に60cm/secを越えている。移動平均流速をみると、全般的に三河湾口の中山水道では上層で流出、下層で流入し、師崎水道では上層で流出、下層で流入している傾向にある。また知多湾口では知多半島よりから流入する傾向にあるが、第1回目は一部流出しているところもある。さらに渥美湾口では官崎よりから流入し福江よりから流出する傾向にある。

次に、10分毎の測定流速および断面ブロックを使用して全断面の海水の流入量を求め、さらに10分毎に測定した流速を平均して求めた30分毎の流速、30分毎に



図—8 外海域塩分濃度分布（現地調査）

測定した塩分濃度および断面ブロックにより流出・流入塩分量を求め、これらから各湾口での流出・流入海水の平均塩分濃度を求めた。

また、外海域の塩分濃度を各測点で鉛直方向に平均した値の分布を 図—8 に示す。第1回目の塩分濃度は第2回目の塩分濃度と比較して全般的に約1‰低い。これは第1回目の調査日の約1週間前に降雨があり、河川流量が増大したためであろう。

なお Denny S. Parker 等の理論に従えば、外海域としては1潮汐間で塩分濃度の変化がなく、海水交換率を求めようとしている基本測線と間の水域での水質は一樣に変化し、かつ塩分濃度に差がないような均質な水塊から成る海域を選んで設定すべきであろう。このような外海域として、本調査の水温分布、塩分濃度分布および愛知県水産試験場が毎月実施している浅海定線調査結果のうち昭和50年～52年の3年間の11月および1月の塩分濃度分布等から判断して、外洋域の測点 L-1, L-2 および L-9 を設定した。

ここで、Denny S. Parker 等が述べているように、基本測線における全断面についての海水交換率を求める。海水交換率は1潮汐間の上げ潮時の流量中に含まれる外海水の割合とし、トレーサーとして塩分濃度を用いて次式により求めた。

$$r = \frac{Q_0}{Q_F} = \frac{\bar{C}_F - \bar{C}_E}{C_0 - \bar{C}_E}$$

但し、 Q_F は上げ潮時の全流入量、 Q_0 は Q_F の中に含まれる外海水の量、 $\bar{C}_F$ は上げ潮時の平均塩分濃度、 $\bar{C}_E$ は下げ潮時の平均塩分濃度、 C_0 は外海水の平均塩分濃度である。このようにして求めた各湾口での海水交換率は 表—2 のようになる。

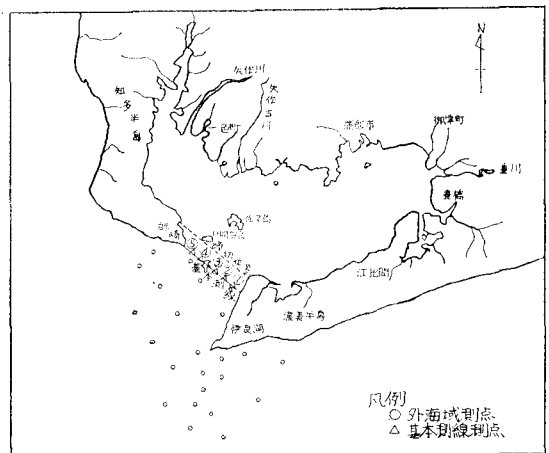
表—2 外海域との海水交換率（現地調査）

断 面	昭和52年11月24～25日	昭和53年1月20～21日
三河湾口	0.14	0.09
知多湾口	0.03	0.10
渥美湾口	0.05	0.07

3.2 海水交換水理模型実験

（1）実験方法

実験対象海域、湾口での基本測線位置およびそこでの測点位置、さらには外海域での測点位置は 3.1 の現地調査と同一でそれを 図—9 に示す。また基本測線での断面およびそれに対応した測定層も 3.1 の現地調査と同一である。但し、外海域での測定層は平均海面下1mの1層である。初期湾内水のトレーサーとしてウランを使用し、潮汐変動は M_2 分潮にて与え、河川流量は平均流量を流すという条件のもとで実験した。



図—9 実験対象海域および測点位置（水理模型実験）

実験方法は^{4),5)}、湾口部を仕切り板で締め切った後、湾内水のウラン濃度を一定（今回の実験では2ppm）としてこれを初期湾内水とみたち、起潮開始と同時に仕切り板を上げて実験を開始し、実験開始後の15潮汐目と55潮汐目における満潮～干潮～満潮の1潮汐間（模型上で4分40秒）の湾口流出入海水を14秒間隔で採水するとともに、外海域の海水を同じ15潮汐目、55潮汐目の満潮時、干潮時、再満潮時の3回にわたって自動採水装置

