

伊勢湾水理模型実験と現地調査（第4報）

——三河湾の成層期における流況について——

中島 幹夫* ・ 森脇 敏雄**・ 村田 繁***
馬場 孝博****・ 菅谷 勇****

1. はじめに

伊勢湾は、水面積 2 130 km² で東京湾の 2 倍、大阪湾の 1.5 倍という広大な湾である。しかし、平均水深は -17 m と比較的浅い。また、湾中部が深く全体としては摺鉢状の地形となっており、さらに湾口幅は 20 km と狭い上に湾口部にいくつかの島が存在し、外海との海水交換がおこなわれにくい。したがって伊勢湾の環境保全および環境と調和のとれた利用を考えるに際しては、湾の水理構造および汚染拡散構造を把握しておく必要があり、運輸省第五港湾建設局では、伊勢湾水理模型実験場を中心に伊勢湾環境対策調査を実施している。本調査は、水理模型実験、現地調査、数値シミュレーションの3つの手法を用いて実施しており、各々の手法の特性を勘案しつつ総合的な検討を行なっている。

本報告は、伊勢湾環境対策調査の一環として、夏季の温度成層の形成期における三河湾の水理構造を把握するために実施した昭和 53 年度三河湾流況調査の報告である。

2. 調査方法

図一1 の調査位置図に示すとおり、三河湾に 14 測点を配置し、各々の測点において、水深に応じて 2~3 層

に流速計を設置して昭和 53 年夏季に潮流の 15 昼夜連続観測を実施した。なお、湾口部の 9 測点においては、湾口における海水交流を把握するため潮流と同時に水温、塩分も測定できるベルゲン型流速計を使用した。観測層、使用流速計、観測期間等は表一1に示すとおりである。

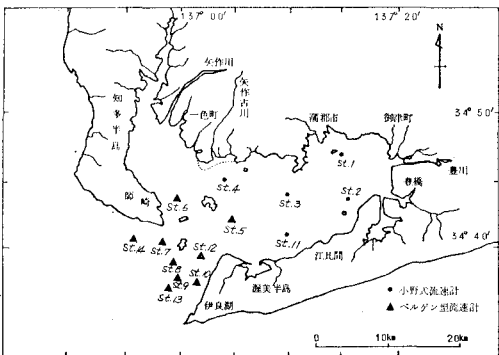
表一1 観測層、使用流速計及び解析期間

測点	観 測 層			水深 (平均) (m)	流 速 計	解 析 期 間
	-2 m	-7 m	B+2 m			
St. 1	○	—	○	2	7.8 小野式	7月12日~27日
St. 2	○	—	○	2	9.8 小野式	〃
St. 3	○	○	○	3	14.5 小野式	〃
St. 4	○	—	○	2	10.2 小野式	〃
St. 5	○	○	○	3	21.3 ベルゲン型	〃
St. 6	○	○	○	3	13.0 ベルゲン型	〃
St. 7	○	○	○	3	21.8 ベルゲン型	〃
St. 8	○	○	○	3	15.0 ベルゲン型	〃
St. 9	○	○	○	3	10.9 ベルゲン型	7月12日~27日 (-6 m) 8月1日~16日 (-2 m, B+2 m)
St. 10	○	○	○	3	21.3 ベルゲン型	7月12日~27日
St. 11	○	○	○	3	15.8 小野式	〃
St. 12	○	○	○	3	18.3 ベルゲン型	7月21日~8月5日
St. 13	○	○	○	3	13.1 ベルゲン型	8月2日~17日
St. 14	○	○	○	3	16.9 ベルゲン型	7月12日~27日
計	14	11	14	39	— 小野式 12 ベルゲン型 27	

3. 調査結果

(1) 水温鉛直分布

図一2 はサーモ・サーミスター水温計による観測結果から得られた測点1および測点4の大潮期と小潮期における水温鉛直分布を示したものである。湾奥部の測点1では温度躍層は海面下 4~5 m 付近にあることが認められる。測点1の上層と下層とでは約 8℃ の水温差があり、湾内の中でもかなり発達した成層を示している。測点4の成層は海面下 7~8 m 付近にみられ、湾奥部では湾内に比べ温度躍層は浅くなっている。このように、湾内では成層の発達が著しく、夏季特有の水温分布を示し



図一1 調査位置図

* 正会員 運輸省第五港湾建設局次長
** 正会員 運輸省第五港湾建設局設計室長
*** 正会員 運輸省港湾局防災課
**** 正会員 運輸省第五港湾建設局設計室

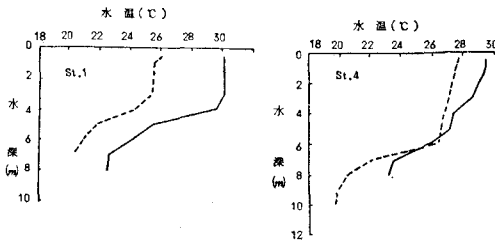


図-2 水温鉛直分布
——: 大潮時
---: 小潮時

ている。

(2) 流れの概況

三河湾では潮汐変動に対応した流れが卓越し、図-3、

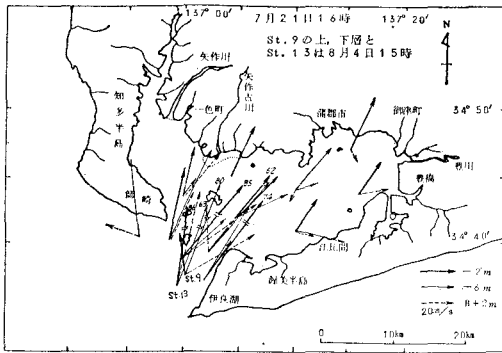


図-3 上げ潮最強時流況 (大潮期)

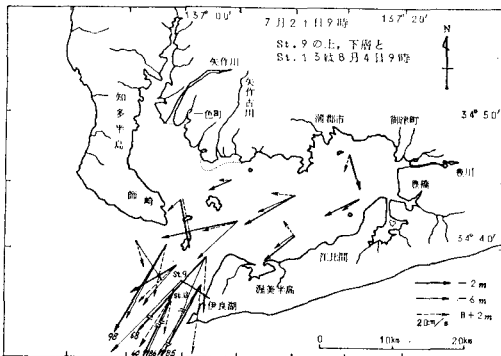


図-4 下げ潮最強時流況 (小潮期)

図-4 にみられるとおり潮流は上げ潮時に湾内へ流入し、下げ潮時に湾外へ流出する。流速は湾奥部から湾口部に向かうにつれ増大している。下げ潮最強時には湾奥部で 20 cm/s 前後、湾口部で約 1 m/s の流速値を示している。ただしこれらの図は大潮期 (7 月 21 日) の測点 10 の上層を基準にした上げ潮最強時および下げ潮最強時の流況分布を示したものである。

15 昼夜の連続観測より測得された流速値から調和分解を行い K_1 分潮 (日月合成日周期), O_1 分潮 (主太陰日周期), M_2 分潮 (主太陰半日周期), S_2 分潮 (主太陽半日周期), N_2 分潮 (主太陽楕円潮), M_4 分潮 (太陰 1/4 日周期) の 6 分潮と恒流成分とを分離した。図-5 はそのうちの 4 分潮 (K_1 , O_1 , M_2 , S_2) の振幅を示したものである。各測点とも潮流成分としては M_2 分潮が卓越している。 M_2 分潮の流速は全般的な傾向として、湾奥部から湾口部に向かうにつれて大きくなっている。湾奥部では 5~10 cm/s, 湾央部では 10~20 cm/s, 湾口部では 30~40 cm/s の流速となっており、観測層間の比較をしてみると、全般的に M_2 分潮の流速は上層より下層の方が小さい。また湾口部の中山水道 (測点 10) と師崎水道 (測点 7) の M_2 分潮の流速を比較してみると、上層では師崎水道の方が、一方中層・下層では中山水道の方が大きい。

図-6 に調和分解から求めた恒流を示す。湾口部に注目すると、中山水道の測点 10 と測点 12 では各層とも南へ向っている。測点 10 の上層・中層では全測点の中で最大流速である 16 cm/s を示している。一方測点 10, 12 とは逆に、測点 13 では北および北西へ向っており、また測点 8 では北および北東へ向っている。師崎水道の測点 7 の上層は南、中層は北東そして下層は東へ向っている。湾口部の恒流分布を全体的にみると、時計回りの循環流と知多半島にそって伊勢湾に向う流れ (測点 14) が形成されているようである。

湾央部の恒流は、層間でかなり異なった方向を示しており、いずれの測点でも中層で大きな流速 (5~7 cm/s) を示している。湾奥部の測点 1 および測点 2 ではいずれ

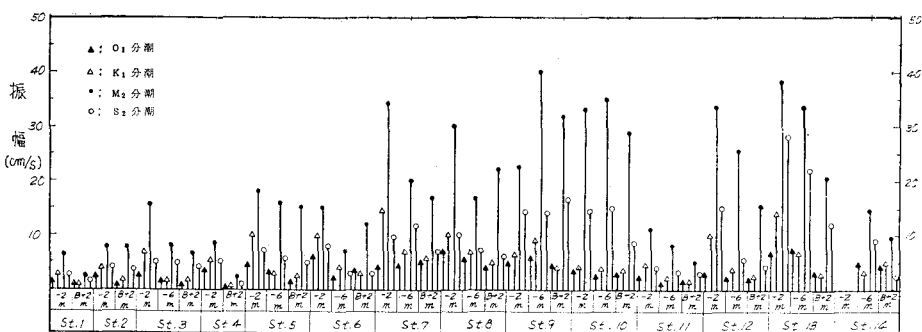


図-5 主要 4 分潮の振幅

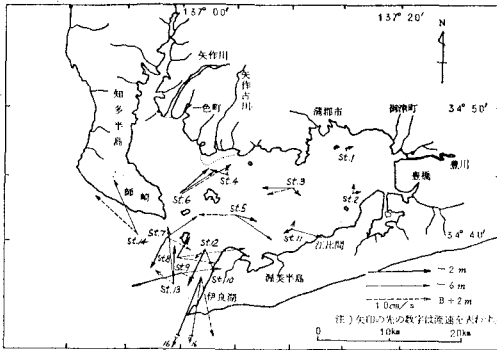


図-6 恒流分布

も 1 cm/s もしくはそれ以下の小さな値を示している。

(3) 25 時間移動平均流速の変動特性

測点 5 の上層および下層における潮流の 25 時間移動平均流速を図-7 に示す。潮流の 25 時間移動平均流速は 10 分間隔で測得された流速値を単純平均して求めたものであり、日平均流速というべきものである。

測点 5 の上層は東西、南北両成分とも変動が大きく不安定である。これに対して下層は、比較的安定しており西方向へ向う流れとなっている。前述のとおり温度躍層は海面下 $7 \sim 8 \text{ m}$ 付近に位置していることから上層は成層の上部、下層は成層の下部にあっていと考えられる。このように湾内では躍層を境としてその上と下では流れの構造が異なる現象がみられる。

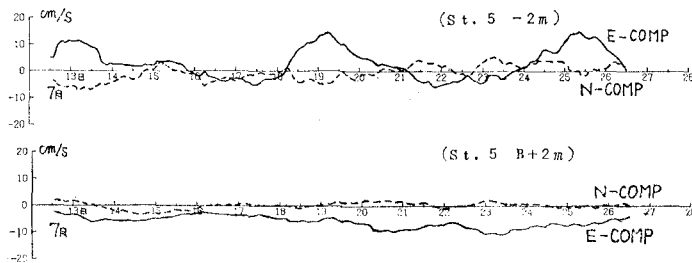


図-7 流速の 25 時間移動平均 (St. 5, -2 及び B+2 m)

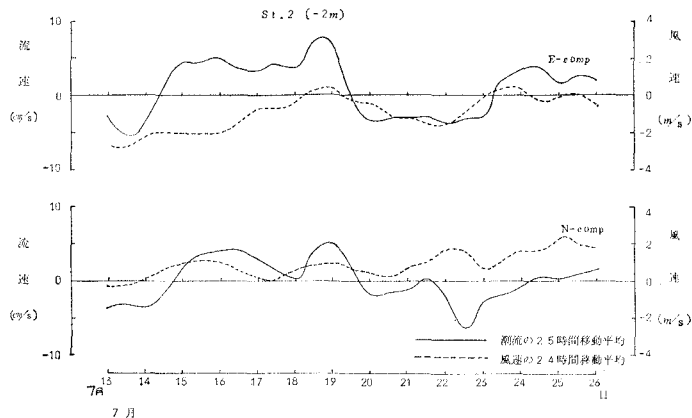


図-8 風と流速変動の対比 (St. 2, -2 m 層)

一般に閉鎖性内湾においては恒流の発生要因として、陸水の流入、地形の影響、風の影響、海水の密度差、湾口部を通じての外、海水のじょう乱等が考えられるが、このうち風との関連をみるために、風の影響を受けやすいと言われている湾奥部を対象に、風速変動と流速変動を対比した。図-8 は測点 2 の上層における 24 時間移動平均風速変動と 25 時間移動平均流速変動の対比図である。風は三河港の観測値を用い風向は流向に合わせて吹送方向を示している。方向は完全に一致していないものの両者の変動パターンは比較的良好に似ており、風と流れの相関関係がみられる。

(4) 水温・塩分の変動特性

測点 10 の中層における水温・塩分の経時変化を図-9 に示す。水温・塩分とも半日周期の変動が卓越し、干潮時に高温・低塩分水、満潮時に低温・高塩分水が現われている。当湾では潮汐に対応した流れが卓越し潮流は上げ潮時に湾内へ向かい、下げ潮時には湾外へ向かうことはすでに述べたとおりである。高温・低塩分水が現われるのは下げ潮時から上げ潮時に変わるころ、反対に低温・高塩分水が現われるのは上げ潮時から下げ潮時に変わるころに相当している。水平分布から湾内に高温・低塩分水、湾外に低温・高塩分水が分布していると考えられることから、下げ潮時には湾内の密度の小さい水塊が湾外へ流出し、上げ潮時には外海系の密度の大きい水塊が湾内へ流入すると思われる。水温・塩分の変動は大潮期

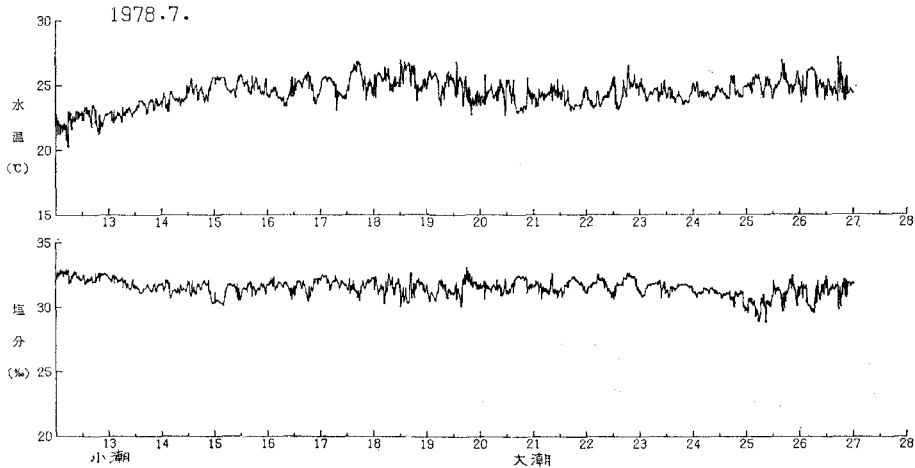


図-9 水温塩分の経時変化 (St. 10, -6m 層)

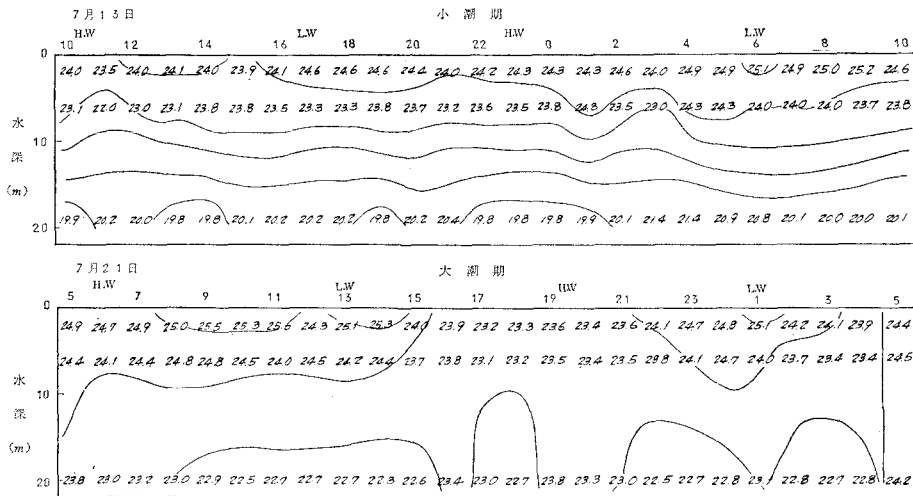


図-10 水温鉛直分布の経時変化 (St. 10)

単位: °C

(7月13日前後)で大きく、小潮期(7月21日前後)で小さくなっており、潮流の変動と良く対応している。

大潮期と小潮期における水温鉛直分布の経時変化を図-10に示す。今回の調査結果では夏季特有の密度成層の発達が見られるが、この密度成層は小潮期に安定し、大潮期に弱くなる傾向が見られる。すなわち、小潮期には潮汐変動には関連なく、上層から下層につれて水温が低下するという水温分布パターンは一定であるが、大潮期には上下層の水温差は小さい。潮汐、潮流変動の大きい大潮期には鉛直混合が進み、潮汐、潮流変動の小さい小潮期には密度成層が回復するものと考えられる。

図-11は測点10の中層・下層間での密度勾配の変動を鉛直シアーの変動と対応してみたものである。ただし密度勾配は下層の密度から、中層の密度を引いた値に25時間移動平均したものを示し、鉛直シアーは中層の流速($\bar{V}_{中層}$)、下層の流速($\bar{V}_{下層}$)をベクトルの引いた値($\Delta \bar{V} = \bar{V}_{中層} - \bar{V}_{下層}$)に25時間移動平均し、その絶対値

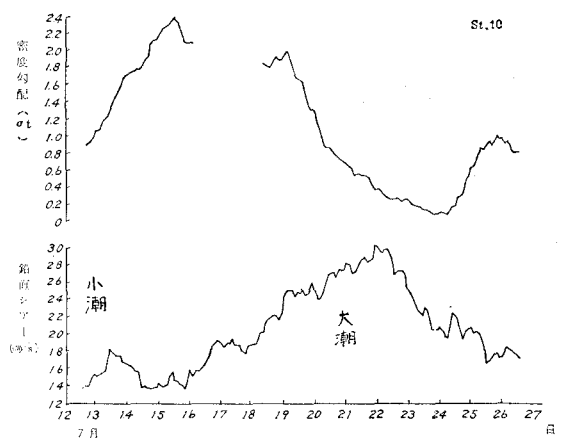


図-11 鉛直シアーと密度勾配 (St. 10)

注1) 密度勾配は $(\sigma_{t下層} - \sigma_{t中層})$ の25時間移動平均を示す。

ただし、 t_i は任意の時刻を示す。

注2) 鉛直シアーは $(\bar{V}_{中層} - \bar{V}_{下層})$ の25時間移動平均の絶対値を示す。

を示してある。これから、密度勾配は小潮期で大きく、大潮期で小さくなり、この密度勾配の変動は鉛直シアーの変動と良く対応しているのが認められる。

4. あとがき

今回三河湾において、夏季に成層が形成された時期における流況を把握するために現地調査を実施した。第 25 回海岸工学講演会で報告したとおり、我々は今まで現地調査、水理模型実験、数値シミュレーションの 3 手法を用いて海水交流および冬季の流況に関する調査を実施してきた。

今後はこれまで得られた成果をもとに、海域の富栄養化も考慮した汚染拡散機構を解明して伊勢湾の環境対策を進めていく方針である。

参 考 文 献

- 1) 西村俊之・高岡征二郎・稲富隆昌・村田 繁・鬼頭平三：伊勢湾水理模型実験と現地調査——三河湾の流況と海水交流について——，第 25 回海岸工学講演会論文集，pp. 480-484, 1978.
- 2) 宇野木早苗・岸野元彰・岡見 登：伊勢湾の平均的海況，恒流および海水交流，海域汚濁の時間的空間的連続機構に関する研究報告書，pp. 1-88, 1975.