

田辺湾における海況変動の観測（第2報）

国司秀明・西 勝也・鈴木 徹

SOME OBSERVATIONS ON COASTAL PROCESSES IN TANABE BAY (II)

By *Hideaki* KUNISHI, *Katsuya* NISHI and *Toru* SUZUKI

Synopsis

A series of oceanographic survey carried out in Tanabe Bay in August 1966, is analyzed together with the continuous records of sea water temperature observed at the Shirahama Oceanographic Tower Station.

An abrupt ascent of sea water temperature of nearly 1°C occurred within about ten minutes at the Tower Station on August 7. It seemed that a water of lower salinity and higher temperature flowed into Tanabe Bay and passed through the Tower Station, causing the abrupt ascent of water temperature. The horizontal scale of this water mass was at least 2 or 3 km long. The intrusion of this water mass brought an unstable baroclinic field in the bay, and this unstable field changed into a more stable one in a few days. This process was considered to be a density flow due to the density difference between inside and outside the bay.

1. ま え が き

われわれは、これまで、田辺湾の白浜海洋観測塔での水温の観測記録上に、数日ないし十数日に一度という割合で見出される水温の一方的変移なる現象にとくに注目し、海水交流に関するいくつかの推論を發展させてきたが^{1),2),3)}、この現象の実態を確実にとらえるためにはやはりこの湾における海況変動の観測をすべきであるという考えから、これまで幾つかの観測例を積み重ねてきた。その一部はすでに前報⁴⁾に報告したが、その後1966年8月に行われた観測の結果をここに報告する。この観測で初めて、観測塔に現われた水温の急激な変化が、湾外からの海水の流入にともなっていることをかなりはっきりと見出すことができた。

著者らは、このような湾外からの海水のつっこみ (intrusion) が、全体的な湾内外海水の交流に最も大きな役割を果しているのではないかという立場をとっているのであるが、この点に関する知識はなお十分でなく、今後の観測の集積と研究とに期したいと考えている。

2. 観 測 結 果

観測は1966年8月7日から11日にかけて行われた。Fig. 1に観測点の配置を示してある。湾内の観測には京都大学瀬戸臨海実験所所属の高速艇によって、観測点間の移動に要する時間の短縮を計った。各観測点においては、シーアンカーを投入して、船のドリフトを防いだ。各観測点では、精密温度計（東亜電波製）を用いて測温を行い、小型採水器による採水資料をサリノメーター（鶴見精機製）により塩検を行った。また、東京大学海洋研究所所属の淡青丸が、この期間中、観測塔の沖合約1 kmの地点に停泊しており、その作業艇によって、湾外にとられた7点での観測が行われた。

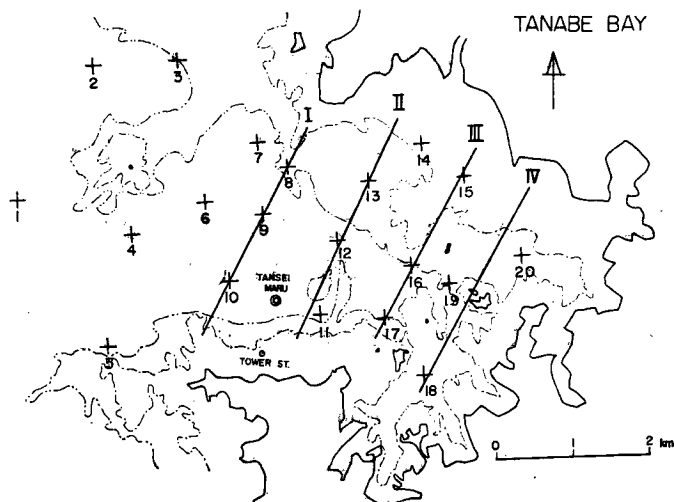


Fig. 1 Location of stations in Tanabe Bay.

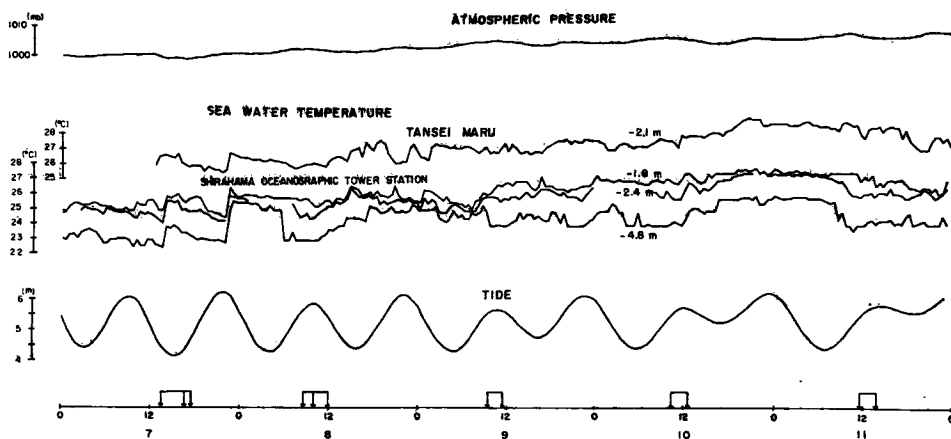


Fig. 2 Some data observed at the Shirahama Oceanographic Tower Station and at Tansei Maru during the survey period.

Fig. 2 に、この期間中に観測塔で得られた水温、潮位、気圧及び淡青丸の冷却水取水口で得られた水温が示されている。観測塔での水温記録と、淡青丸の位置での水温記録は、変動の様相が良く対応している。時間軸上に矢印で囲ってあるのが観測に要した時間である。7日は観測点の数が Fig. 1 に示してあるよりも多かったため、4時間以上要したが、他はほぼ2時間で観測を終了している。

7日の観測中に、観測塔の水温にはほぼ 1°C の水温の上昇がみられる。図には30分毎の読取値がプロットしてあるので、この変動のばげしきは正確には表現されていないが、なまの記録紙上でみると、わずかに十数分の間に起っている。淡青丸の水温記録にも、この変動に対応すると思われる水温上昇が、観測塔におけるよりも約1時間早く生じている。

この日の湾内の塩素量の分布を Fig. 3 に示してある。この図は、Fig. 1 に I, II, III, IV で示してある4つの横断面内の塩素量の分布図をもとにして、湾内の状況を立体的に表現したものである。ただ、湾の形は湾奥方向へ引きのばされている。ちなみに、断面 I ~ IV の湾口に平行な方向と湾奥に向う湾軸の方向およ

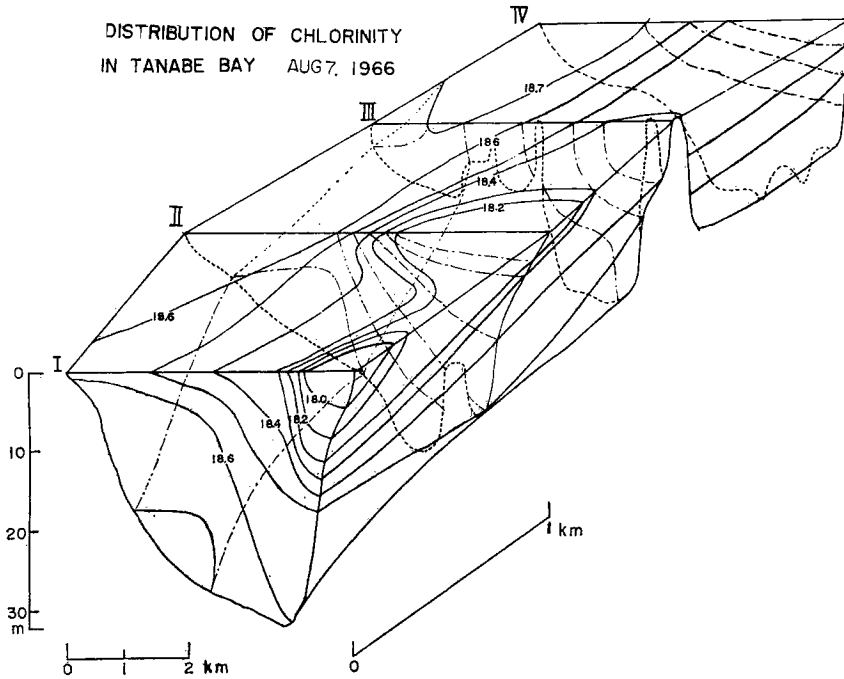


Fig. 3 Distribution of chlorinity in Tanabe Bay on August 7.

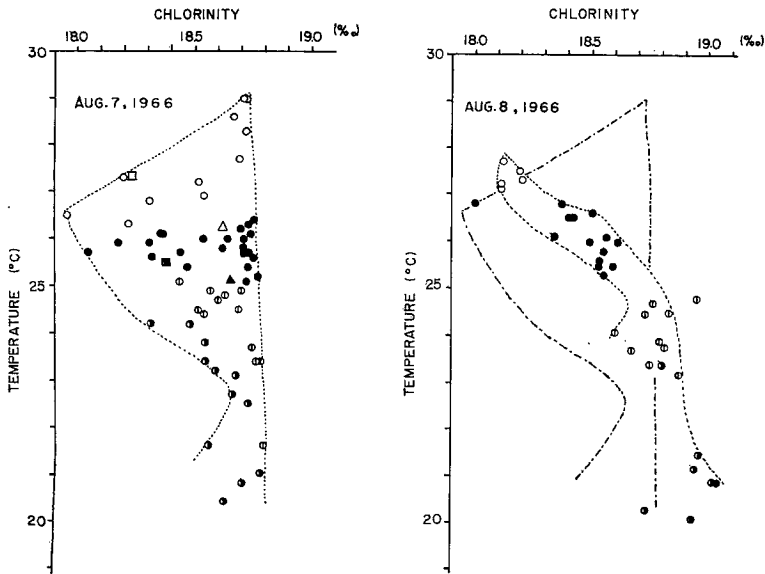


Fig. 4 T-C1 diagrams for August 7 and 8. Dash-dot line is the envelope of the T-C1 diagram of the preceding day.

び深さの方向の間の長さの比は、ほぼ 130 : 30 : 1である。

この図で特徴的なことは、湾南部に湾口から低かん水がくさび状に分布していることである。湾外の観測点 1, 2, 4, 5 (Fig. 1 参照) で 18.0‰ より低く、観測点 3, 6, 7 では 18.2‰ より高い。観測点 1 は湾口から約 3 km 離れているから、この低かん水の水平方向へのスケールは少くとも数 km の規模のものであることがわかる。この日の観測開始時と終了時に、観測塔で得られた表面塩素量は、18.61‰ から 18.22‰ へと低下していたことと、この Fig. 3 の分布図とから、この観測中に観測塔付近はこの低かん水のフロントが通過していったと考えられる。

Fig. 4 に 7 日, 8 日の T-Cl ダイアグラムを示してある。図中の白丸は表面, 黒丸は、5 m, ①印は 15 m の各層を示し、他はそれ以深のデータである。また、7 日の図に示してある白い三角印および黒い三角印は、それぞれ観測開始時の観測塔での表面および 5 m 層, 白い四角印および黒い四角印は観測終了時の表面および 5 m 層であるが、これをみると、観測の前後で、塩素量は低下し、水温は上昇しており、観測塔では、この間に異質の海水と交代したことがわかる。

この図でもう一つ注意をひいたことは、観測開始時に、観測塔にあった海水が、観測中の 5 m 層や 15 m 層を示す領域にある、あるいは、近いということである。このことは、低かん・高温の湾外水の流入にとりなって、観測塔付近の水は次第に沈降していったことを示すものと思われる。流入水と湾内水との間に、約 $7 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^3$ の密度差のあることを考えると、要するにこの現象は密度の小さな海水が湾外から湾内にのしかかるようにしてつっこみ、それまであった湾内の水は下方におしきざれながら全体として湾口に向い、一部は湾外に出るという過程を示すものと考えられ、現象の本質は密度流として解釈できるものと思われる。

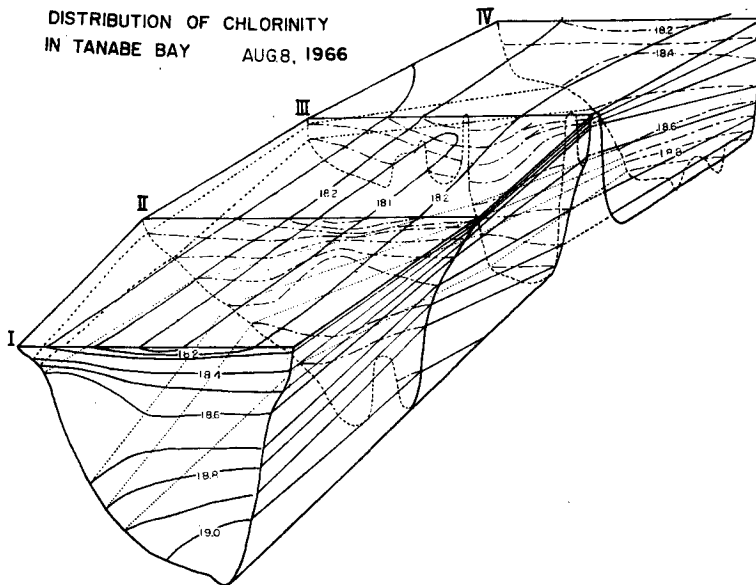


Fig. 5 Distribution of chlorinity in Tanabe Bay on August 8.

Fig. 5 に潮汐周期で約 1 周期半後の 8 日の塩素量の分布を示してある。湾内の表層に広く低かん水が分布しているが、この低かん水は湾外のすべての観測点の表面にも分布していて、前日の低かん水が、この 2 日の間にあまり混じることなく表層いっばいに拡がったことを示していると考えられる。

Fig. 6 に 9 日の塩素量の分布を示し、Fig. 7 に 9 日から 11 日にかけての T-Cl ダイアグラムを示してある。8 日 (Fig. 5) と 9 日 (Fig. 6) の塩素量の分布の状態はかなり異なるが、Fig. 4 の 8 日の T-Cl

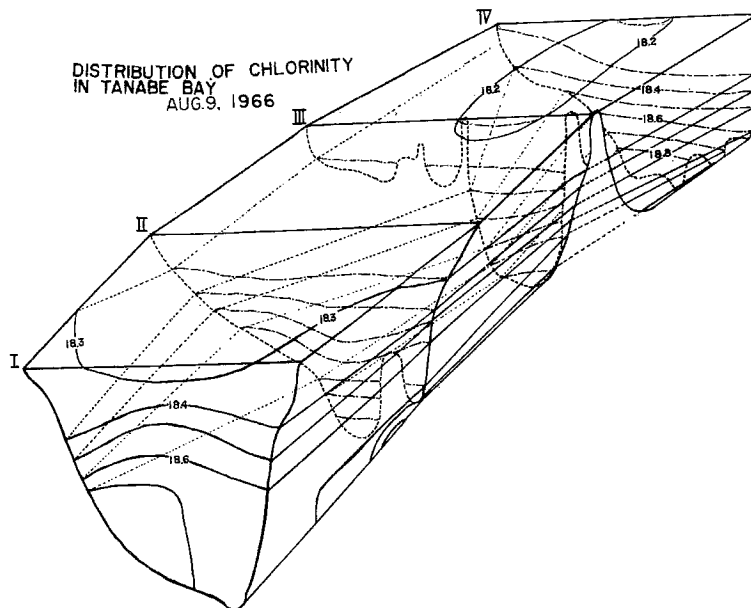


Fig. 6 Distribution of chlorinity in Tanabe Bay on August 9.

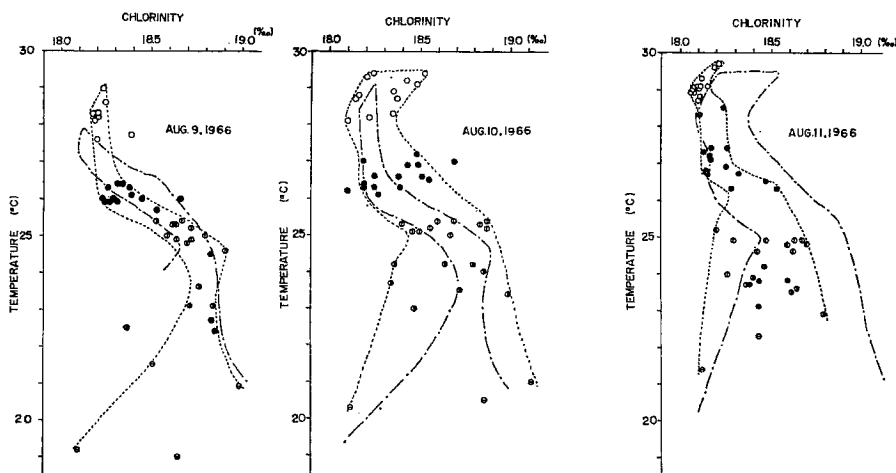


Fig. 7 T-Cl diagrams for August 9 through 11. Dash-dot line is the same as in Fig. 4.

ダイアグラムと、Fig. 7 の9日の T-Cl ダイアグラムとの間にはあまり変化はない。このことは、両日の間に湾内水と湾外水との交換はむしろ少なく、ただ湾内の塩素量の分布が何らかの法則に支配されて、ある一つの方向に向かって変化していったのであろうと想像される。

Fig. 8, 9, 10 に7日から9日にかけての湾内の密度の分布を示してある。7日は、湾外から湾内へ、湾の南部に沿う流入を示すバロクリニックな密度分布をしている。8日、9日にはそれぞれ湾奥、湾口に行く

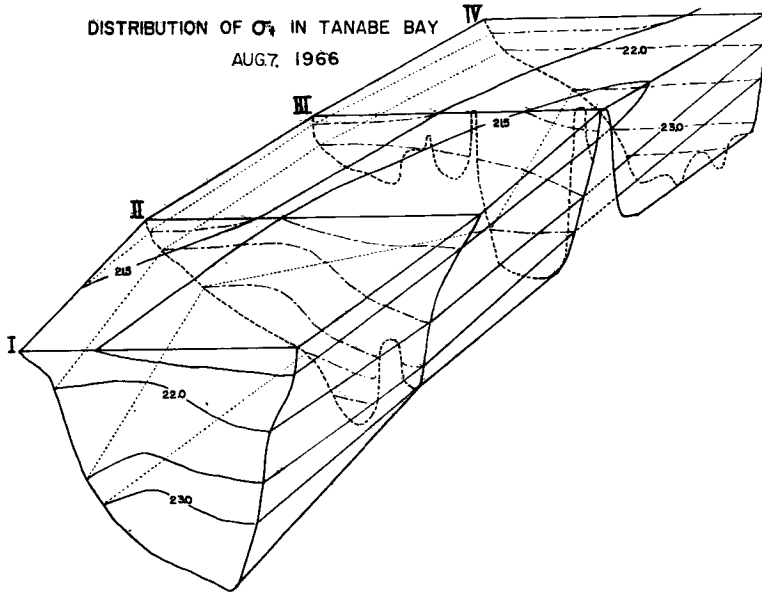


Fig. 8 Distribution of density in Tanabe Bay on August 7.

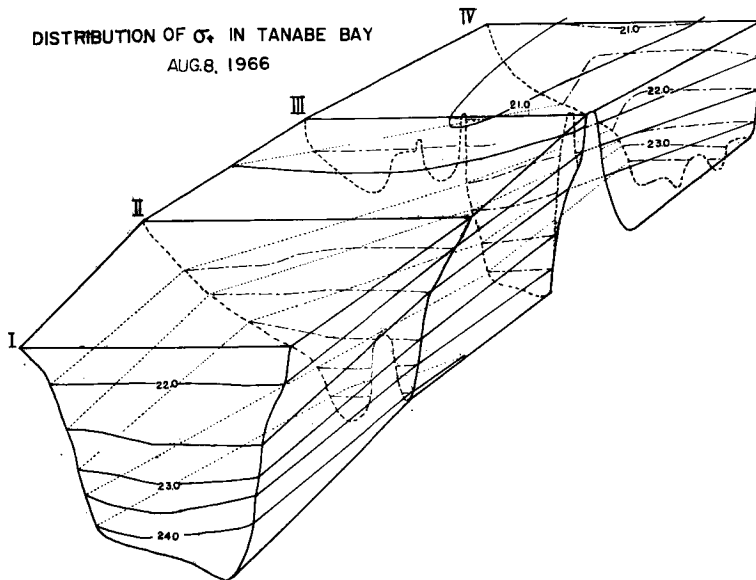


Fig. 9 Distribution of density in Tanabe Bay on August 8.

らかパロクリニックな分布がみられるが、全体的にみれば、次第にパロトロピックな場に近づいていることがうかがえる。この点からみると、現象は湾外水の流入による密度場の不安定な状態から次第に安定な状態に移行するという法則に支配されて進行し、塩素量場、温度場の分布はただ密度的に安定な形をとるところまで再分布していくと考えてよいように思われる。

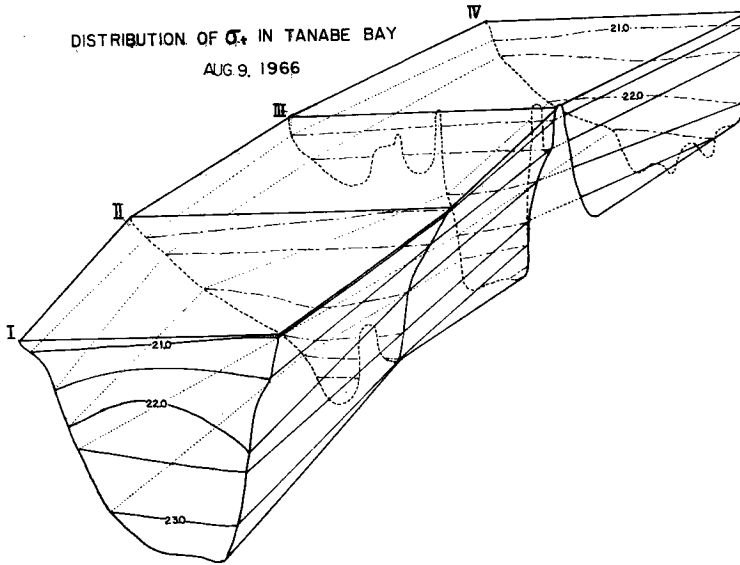


Fig. 10 Distribution of density in Tanabe Bay on August 9.

Fig. 11 に、各横断面 I, II, III, IV 内の水温、塩素量、密度の平均値を観測日毎に示してある。このように、平均値を使って一次元の表示をしても、温度場、塩素量場、密度場の空間的、時間的分布は複雑であるが、他に較べて密度場の方に、その空間的な分布の単調さがあるようにみえる。このことは、上の推論の根拠の一つでもある。

次に、同じデータの配列をかえて、各横断面内の平均値の時間変化を示したのが、Fig. 12 である。この図でも密度場の時間的推移が最も単純であることに気付かれるであろう。要するに、著者らが主張したいのは、観測塔における水温の一方的変移の現象の本質が、このような海水のつっこみであって、それは一つの密度流として理解されるであろうということである。海水はすぐ混ざってしまうのではなく、むしろなかなか混ざらないで、ただ密度差に起因する流動によって大きな海水交換——それは、もっと長い時間スケールでみた場合は一つの拡散とみなされる——が起るのではないか、という考えである。

ただ、ここでどうしても注意しておかなければならないことがある。Fig. 12 の M という記号をつけた白丸は、各日の各断面のすべての平均値、すなわち湾全体の平均値であるが、傾向として水温が時間と共に上昇しているのは、夏季のことであるからうなづけるが、塩素量が時間と共にかなり減少していく傾向にあることである。田辺湾に流入している河川は、田辺市を流れる会津川が主たるものであるが、この川の通常の流量は数 ton/s であり、この川の供給する淡水だけではこの湾内の塩素量の低下をとうてい説明することができない。これが何を意味するのか？ たいへん重要な問題で、いくつかの考えはあるが、なお今後の観測例の集積をまけて明確にしていきたいと考えている。

3. む す び

これまで述べたように、観測塔で記録された水温の急激な変動が、単に小規模な擾乱というのではなく、確かに空間的にも比較的大きな規模の現象であり、このような変動の湾内への波及の本質が、密度流であって、その変動における水温、塩素量等の行動は、まず密度的な安定状態への移行に支配されていると考えられるのである。

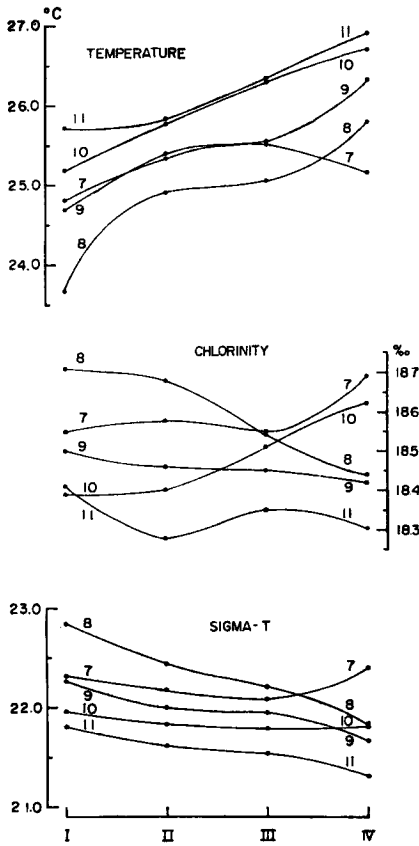


Fig. 11 Longitudinal distributions of mean temperature, mean chlorinity and mean density over the lateral sections I, II, III and IV shown in Fig. 1 during the survey period.

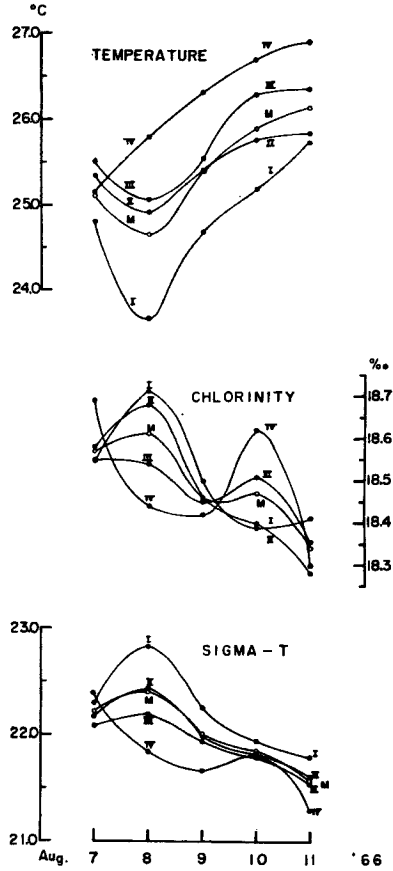


Fig. 12 Time changes of mean temperature, mean chlorinity and mean density over the lateral sections I, II, III and IV, rearranged from Fig. 11.

前報でその必要性を指摘されたシノプティックな観測が、高速艇を使うことによって幾分可能となったが、今後最も有効な観測法は何かの問題を追求する一方、観測の有効な解析法を発展させることによって、さらに明確な結論にもっていきたいと考えている。

この観測を行なうに当って、高速艇の使用ならびに、種々の便宜を計っていただいた、京都大学瀬戸臨海実験所の諸氏に深く感謝する。又、湾外の観測をしていただき、そのデータの提供をしていただいた東京大学海洋研究所ならびに地球物理学教室の方々々に、同様深く感謝するものである。

参 考 文 献

- 1) 速水頌一郎, 国司秀明, 西勝也: 白浜海洋観測塔の設備と二, 三の観測記録について, 京大防災研年報, 第7号, 434—453頁, 1964.
- 2) 国司秀明, 西勝也, 由佐悠紀: 白浜海洋観測塔における水温変動について, 京大防災研年報, 第8号, 479—493頁, 1965.

- 3 (国司秀明, 西 勝也, 由佐悠紀: 白浜海洋観測塔における水温変動について (第2報), 京大防災研年報, 第10号B, 295—303頁, 1967.
- 4) 国司秀明, 西 勝也, 鈴木 徹: 田辺湾における海況変動の観測, 京大防災研年報, 第10号B, 305—311頁, 1967.