

田 辺 湾 に お け る 海 況 変 動 の 観 測

国 司 秀 明・西 勝 也・鈴 木 徹

SOME OBSERVATIONS ON THE COASTAL PROCESSES IN TANABE BAY

By *Hideaki KUNISHI, Katsuya NISHI and Toru SUZUKI*

Synopsis

In connection with the observation at Shirahama Oceanographic Tower Station, the project of the observation on time variation of distributions of temperature and salinity is in progress in Tanabe Bay. In this paper two observations held till now are presented. The first observation held in the summer of 1964 shows the formation of a sharp thermal front which seems to be related with the quick shift in water temperature observed at the Tower. The second observation held in the fall of 1965 is understood as a vertical convective motion of water with a large scale due to the precipitations.

1. ま え が き

田辺湾の白浜海洋観測塔では、水温の観測記録上に、水温の一方的変移とよぶ現象が見出され、これが湾内外海水の交流と強い関連にあるようにみえることが指摘された¹⁾。しかし、それはなお推論の域にあって、実証性にかけている。問題はこの現象の実際の機構は何かという点にある。このため直接この湾の海況変動の実態をさぐるようとする計画がたてられ、1964年来数回の観測が行なわれてきた。

この論文はその結果の報告である。結果はまだ必ずしもわれわれの考えを積極的に支持するにはいたらず、かえって塔の水温記録には何も現われない場合でも、かなり大きな交流のあることが見出されたが、問題はなお今後の観測の集積とその研究とに待つべきであると思われる。

2. 海況変動の観測 - I

1963年の予備的な観測²⁾に基づいて、まず1964年の夏に水温水平分布に重点をおいた観測が行なわれた。測られた層の深さは表面下約 2 m である。なぜ水平分布に重点がおかれたかという理由は、当面の最大の問題である水温の一方的変移——数十分程度の短時間の間に 0.5°C から時には 3°C も水温が急変して、その後もとにもどらない現象——はいわゆるサーマルフロントの通過であると考えられ、水温水平分布の観測で十分とらえられると考えられたからである。事実、1963年の予備的な水平分布の観測では、湾内の海水をかなりはっきりした水温差 0.5°C 程の水塊にわけている巾 300m.程度の水温変化域が観測されていて、そのような観測法が有効であろうと判断されたのである。

観測は 8 月 14, 15 両日の同じ潮時の頃に行なわれた。使用した測器は宝工業製のサーミスタ精密温度計（測温巾 10°C, 精度 $\pm 0.01^\circ\text{C}$, 時定数約 15sec）で、その感部を曳航用に改造し、30kg のデブレッサーをつけた保護ロープにとりつけて使用した。使用した船は小型プラスチックボート（ヤマハ U T-11）で、6 HP の舷外機によって 3~4 kt のスピードで感部を曳航した。記録は東亜電波製の高感度記録計（電池作動自動平衡式）を用いた自記方式とし、その電源には平五乾電池 3 箇所を用いた。

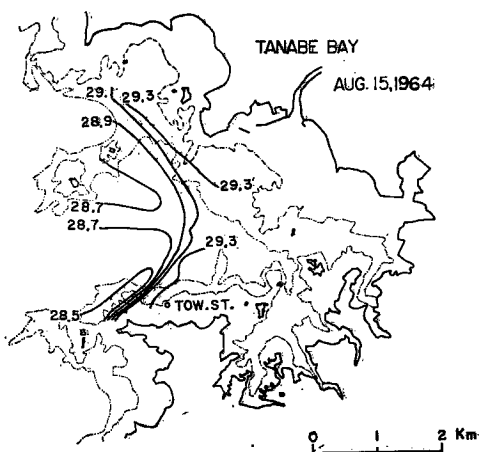
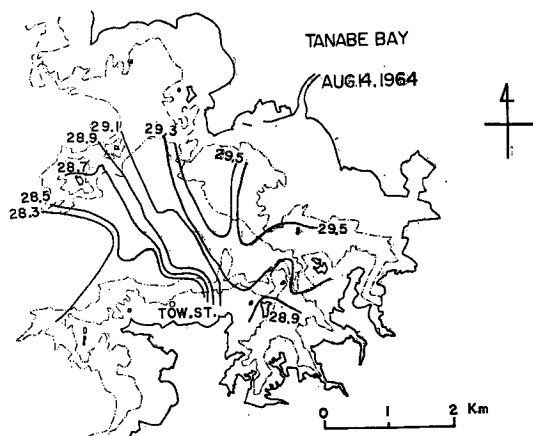


Fig. 1 Horizontal distributions of water temperature at the level of 2m in depth on Aug. 14 and 15, 1964, in Tanabe Bay.

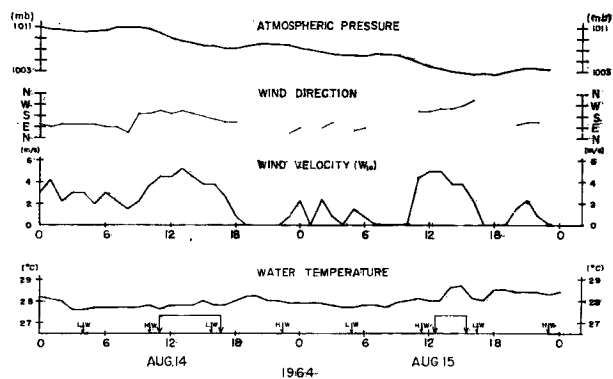


Fig. 2 Some observed data at Shirahama Oceanographic Tower Station on Aug. 14 and 15, 1964. Arrows on the time axis indicate the time of survey of Fig. 1.

Fig. 1 がその観測結果から 0.2°C 毎の等温線をひいた水温の水平分布である。8月15日の湾奥部に等温線がないのは、計器の故障で観測を中止したからである。図をみて直ちにわかることは、8月15日の塔付近西側に巾 300m 程で温度差 0.8°C 程度の強いサーマルフロントがみられることである。**Fig. 2** にこの観測期間の塔での気圧、風向、風速ならびに水温が示してあるが、時間軸上に矢印で囲った部分が観測の行なわれた時間で、ちょうど15日の観測の初めの頃に水温が 0.7°C 程急に上昇しているのがみられるであろう。この水温の急昇はその後一度もとにもどっているが、18時頃に再び急昇してその後はもとにもどっていない。この現象がわれわれのいう水温の一方的変移である。**Fig. 1** の14日の水温水平分布をみると、塔の東側にそう強くはないが等温線の密になった部分がある。おそらくこの水温の一方的変移は、このフロントが強化されながら塔の位置を東から西に通過したことによって起ったのであろう。現象は水塊のようなものの主として水平的な移動によると考えられる。両日の間の等温線の変化の状況からみて、部分的な海水の上下方向の運動も確かにあると考えられるが、 29.1°C の等温線から内側の水面積が両日でほとんど変わっていないとみられることは、大局的にみて現象が海水の水平的な移動に結びついていることを思わせるのである。こうして湾内外は湾口中心部を軸として時計まわりの流動によって、その水を交換しているようにみえる。しかしその割合は、この観測にみられる限りでは、予期したほど大きくはなく、海底まで同様な動きがあるとして、湾内体積の20%程度と推定される。

この観測から結論されることは、確かに水温の一方的変移はいわゆるサーマルフロントの水平移動にともなう現象らしいが、同時にこの現象から湾内外海水の流量を見出すには、なお多くの問題があるということである。さらに多くの観測例が必要であるし、同時に現象を確実に解釈するためには、どうしても塩分の観測が必要で、さらにそれらの垂直分布の観測もすべきであることが痛感されるのである。

3. 海況変動の観測 -II

前節の終りに述べたような点を考慮した最初の観測が1965年の秋の末に行なわれた。**Fig. 3** がその結果の水温水平分布である。この時の観測水深は海面下約 5m である。11月22日と24日の両日で水温分布にかなりの差があるのがわかるが、前の例のような強いサーマルフロントの形成はみられず、これから海水がどのような動きをしたかを推定することはかなり難しい。図中の点線は観測コースを示したもので、前の観測の場合もほとんどこれと似たコースによっている。このような水温の水平分布を観測したという点では、この観測は前の観測と異なっていないが、この観測では図中に細い実線で結んである×印の5点で水温および塩分の垂直分布の観測が意識的に付け加えられた。このことがこの場合の海況変動の機構を知るのに重要な手掛りとなった。便宜上これら5つの垂直観測点を外海の方から湾奥に向かって順に No.1 から No.5 となづけることにする。

塩分の観測は東邦電探製の塩分検出計によった。得られた塩素量の値は一般に大きすぎ、絶対値としてはそのまま信用できないが、後の議論には大きな影響を与えないと考えられるので、便宜上それらの値をそのまま用いた。最初は塩分の水平分布にもこの計器を使用することを予定していたが、長時間の安定性に欠けるためその使用を断念した。なお水温の観測には前記宝工業製の測器のほか、一部東亜電波製の精密温度プリボックス（測温巾 4°C 、精度 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 、時定数約 1 sec）を用いたこと、また現在では多くこの測器を用いていることを付け加えておく。

Fig. 4 がその結果の水温、塩分および密度の垂直分布を示したものである。細い実線で示してあるのが水温、×印を結んであるのが塩素量、黒丸を結んであるのがそれから Knudsen Table によって計算された密度 σ_t である。この図でまず気が付くことは、22日の水温は各観測点とも底層の方が低いのに、24日には逆に底層の方が高くなっていることである。一方、塩素量の方は深いところの観測はないけれども、傾向として底層の方が高いことがうかがわれ、全体的な密度成層は両日も安定であると考えられる。ただ22日にくらべて24日の塩素量が一般に高くなっていることは注意に値するし、密度が均一化していることも注目に値する。

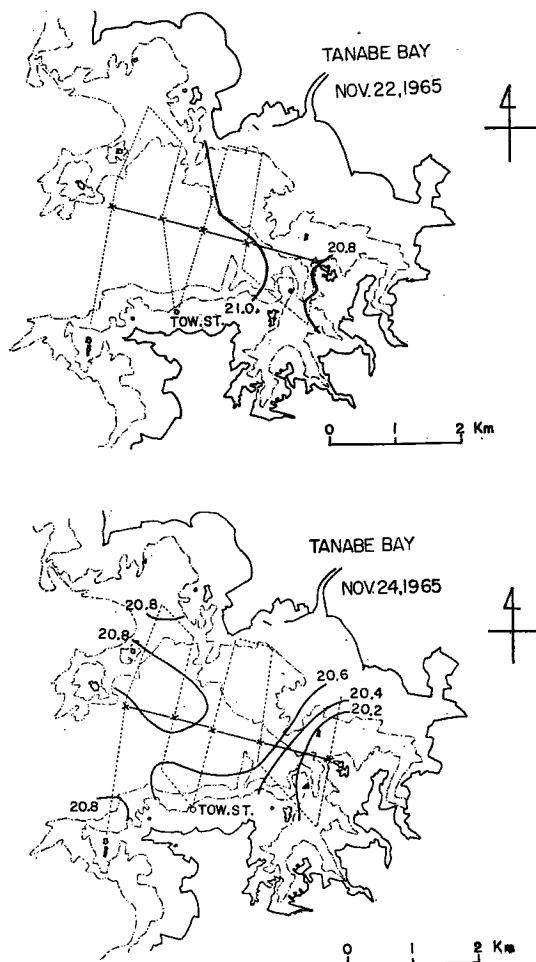


Fig. 3 Horizontal distributions of water temperature at the level of 5m in depth on Nov. 22 and 24, 1965, in Tanabe Bay. Broken lines indicate the survey lines. Vertical distributions of water temperature and chlorinity (by conductivity method) were obtained at 5 stations illustrated by cross marks.

このような海況の変化は果してどのような機構過程によって可能なのであろうか。密度が均一化の方向に向いているということは、一つの拡散過程を想像させるが、必ずしも水温、塩分のそれぞれが均一化の方向に向いているのではないから、事柄はそれ程単純ではない。Fig. 5 は、各観測点で主として密度の面から、22日の場合には、上層、中層、遷移層および底層の4層に、24日の場合には、上層、中層および底層の3層にわけて、それぞれの水温および塩素量の平均値によって書かれた T-CI 図である。各観測点で22日は上層から底層へ右下りの点の配列を示し、24日は逆に右上りの配列を示している。なお図中の白丸は20m以深の塩分の観測がないので推定値であることを示したものである。また22日に No. 4 の観測点に対応する線がないのは、塩分が欠測であるためである。

この両日の T-CI 図をみて気付くことは、22日の場合には、各観測点にわたる各層での点の配列が、図

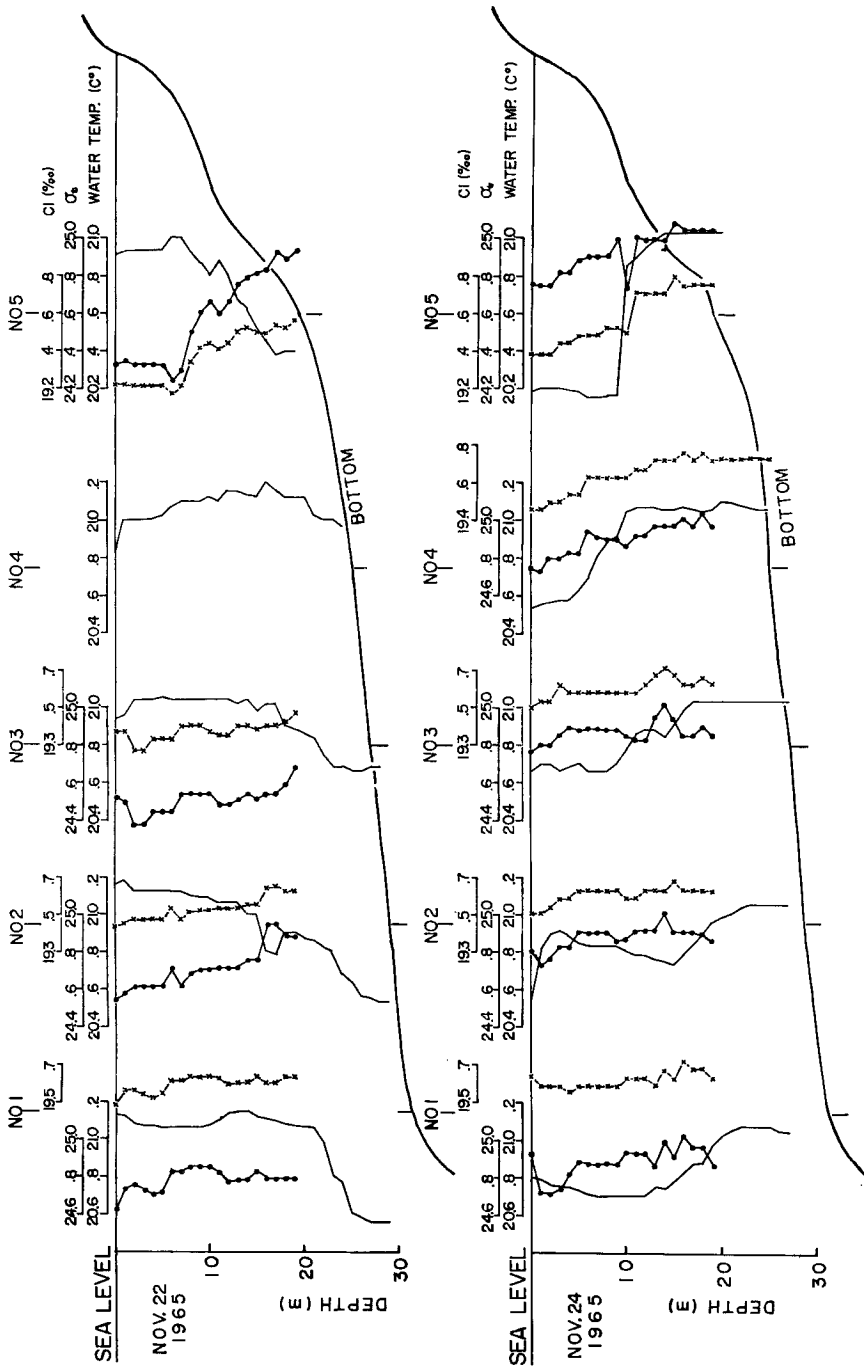


Fig. 4 Vertical profiles of water temperature, chlorinity and σ_t in the longitudinal section of Tanabe Bay.
Full lines: water temperature, crosses : chlorinity, black circles : σ_t .

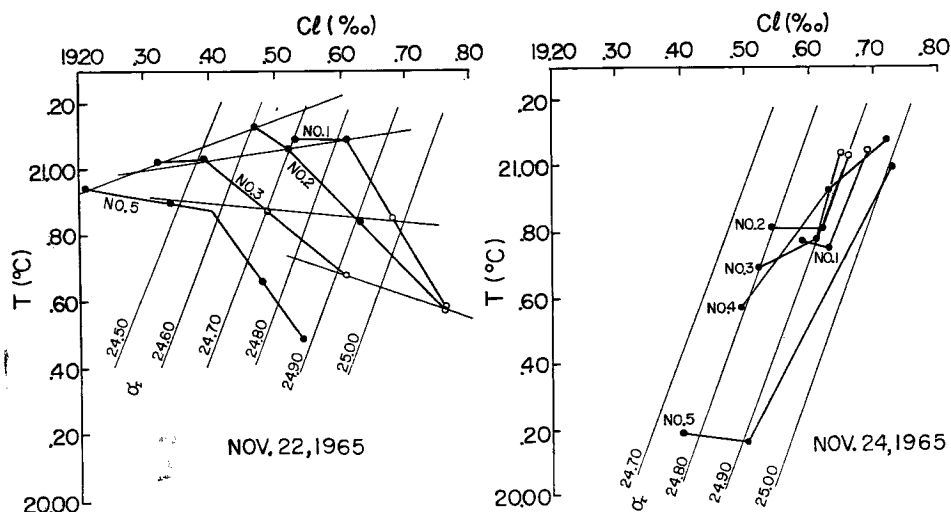


Fig. 5 T-Cl diagrams obtained from Fig. 4.

にそれらのいくつかの点を通してひいた直線のように、等密度 (σ_t) 線に強く傾斜しているのに対し、24日ではほとんど等密度 (σ_t) 線に平行か、ほとんど一定の σ_t の値をとっていることである。各層は水平的な層で、ある水平面あるいは等圧面に近いものを代表していると考えられるから、このことは、等圧面が等密度面に強く傾斜した22日の状態から、24日の両者が一致するような方向に現象が進行したことを示すものであると解釈することができる。つまり現象は水平方向の密度差に起因する垂直面内のかかなり大規模な一つの対流的な運動であろうと推察されるのである。しかも24日に密度がほとんど均一化していることは、その現象がほとんど終息しかけていることを意味するものと考えられる。

Fig. 6 はこの観測の頃の雨量、気圧、水温、潮位、風向および風速を示したものである。観測の行なわれた時間は前同様時間軸上に矢印で囲ってある。みられるように、観測の前前日から前日にかけて 30 mm 程度の雨が降っており、この海況の変化はその雨による湾内海水塩分の回復過程を示すのではないかと思わ

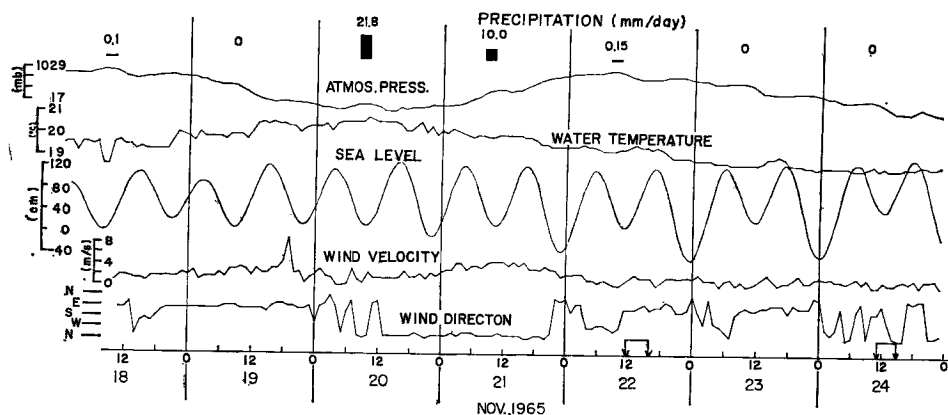


Fig. 6 Some observed data at Shirahama Oceanographic Tower Station Nov. 18 through Nov. 24, 1965. Arrows on the time axis indicate the time of survey of Fig. 3.

れる。つまり川からの雨水の供給で湾内外に生じた水平方向の密度差によって、かなり規模の大きい対流的な流れが誘発され、湾外の海水が底部に浸入するとともに、湾内の海水が上層から湾外にでていって、かなり大量の湾内外海水の交換が行なわれ、このような過程で湾内海水の塩分が恢復すると考えられるのである。

この時湾内外の海水がどの程度交換したかを、観測点 No.2 以奥を湾内とみなし、両日の間の平均塩素量の増加と平均水温の低下とから、表層からの水温の冷却を考慮して、おおざっぱに推定してみると、ほぼ湾内体積の40~60%程度の交換があったとみられる。このようになんら大量の海水の交換があったと考えられるのに、塔水温にはなんらの特異な変動のみられない（Fig. 6 参照）ことが注目される。湾内外海水交流の機構過程には、水温の一方的変移を手掛りとしてとらえられる以外のものがあると推測されるのであって、この観測は今後の重要な研究問題を提供したものだといえよう。

4. む す び

著者らは、塔での観測記録にみられる現象、とくに水温の一方的変移というような現象の適確な意味をつかむための一つの手段として、湾内の海況観測という面からの研究を進めてきた。この報告に述べられているように、それらはまだ必ずしも十分な成果をもたらす迄には至っていないが、問題の焦点はかなりはっきりしてきたといえる。同時に、これらの観測を通して、このような問題に果してどのような観測が有効であるかの見通しもうかがってきた。やはり観測の主体は適当にとられた測点での温度・塩分の垂直分布におくべきで、これに配するに、海面下適当な深さの層の水温・塩分の水平分布を航走中にとるという方法が、最も適当であると思われる。ただこの程度の規模の湾で測点間の間隔は少くとも 1km 程度以下にするのが望ましいと考えられるので、短時間に問題の全域を観測するためには、観測艇のスピードもさることながら観測それ自体の高速化が強く望まれる。沿岸用の S.T.D.——受感部を海中におろすことによって深さ（圧力）に対する水温および塩分の関係が艇上の X-Y レコーダーに直ちに自動記録される——の急速な開発が強く望まれるのであって、著者らは現在それをも含めて沿岸専用的高速観測艇の実現に努力している。このような観測艇による沿岸海況の観測は、塔での観測とあいまって、研究の現段階で、はかりしれない程の重要な多くの知識を与えてくれると期待される。

参 考 文 献

- 1) 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，(1965)，pp.479—493
- 2) 同 上，pp.484—485