

## 相模湾の急潮について

(1) 1975年に起った急潮

松山 優治・岩田 静夫

(東京水産大学)

(神奈川県水産試験場)

## The Kyucho in Sagami Bay (I)

Masaji MATSUYAMA<sup>1)</sup> and Shizuo IWATA<sup>2)</sup>(Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan<sup>1)</sup>)  
(Fisheries Experimental Station of Kanagawa Prefecture, Misaki, Miura-shi, Kanagawa, 238-02 Japan<sup>2)</sup>)

## Abstract

Along the coast of Sagami Bay as well as the coast of other bays and peninsulas facing the Kuroshio south of Japan, an abnormal strong flow sometimes rushes in abruptly. This stormy current is called Kyucho and causes extensive damage to fishing set nets. Three Kyucho happened in Sagami Bay in April, August and November, 1975 are treated on the basis of analyses of surface and subsurface water temperature measurements at several stations along the coast together with daily-mean sea-level data at the coast and adjacent islands. The former two Kyucho were accompanied with abrupt temperature changes at coastal stations, which suggested the rush of far off-shore waters cyclonically along the bay coast. Sea-level changes at the coastal and island stations suggest that the Kyucho took place in association with variations of the Kuroshio. The third Kyucho gave rise to abrupt temperature changes only in an outer region of the bay close to the Kuroshio region. In association with this Kyucho, an inflow of less saline water from the off-shore region was suggested.

## 1. はじめに

日本の太平洋岸、特に沖合を(西端境界流である)黒潮が流れる沿岸域に、急潮と呼ばれる異常に強い流れが突然発生することがある。急潮は沿岸漁業、特に定置網漁業に甚大な被害を与えてきたため、その存在はかなり古くから知られている(木村, 1942; 宇田, 1952; 石野他, 1967)。相模湾の急潮は特に有名で、出現の頻度、規模および漁網の流失、破損等の被害の大きさは他の海域の比ではない。急潮の予報に関する手がかりが得られるのかも知れないという期待のもとに、海況の急激な変化を把えるという目的で、各漁場では水温、塩分、透明度等の継続測定をかなり以前から行っている。木村(1942)は、これらのデータを解析し、急潮の実態について詳しく報告した。彼の報告によると、相模湾の急潮は、秋季～春季に多く発生し、そのうちの大半では湾内に反時計

回りの流れが起り、湾内水温が1～3°C上昇した。しかし、稀には時計回りの流れによる急潮や、水温変化を伴わない急潮もあったことが示されている。これに基づき、急潮は沖合高温水の湾内流入により起されることが多いと理解されてきた。現在においても我々の急潮に関する基本的な知識はこれより余り進んでいない。その原因として次の二つがあげられる。第一に、比較的期間スケールの小さい現象(数時間～2日)である急潮に対して、これに対応した時間スケールの測定がほとんどなかったことである。第二に、外的な条件として非常に重要な役割を果すと考えられる沖合水、特に黒潮の変動に関する情報が急潮現象に対応する時間スケールで得られなかったことである。

最近、相模湾沿岸では、その数カ所で様々な目的で連続測定(主に水温)が始められた。筆者等は、三崎(海

面下3m), 平塚(表面, 海面下5m, 10m, 20m), 早川(海面下25m)における連続測定記録をもとに, その解析を通して急潮の実態を把握することを試みている。これらのデータの他に, 急潮の空間スケールおよび物理的性質を調べる目的で, 沿岸および伊豆諸島で測定されている定地水温(1日1回定時に測定されている表面水温), および気圧補正した日平均潮位も解析に用いられている。本研究は, その一環として, 1975年に相模湾内に入った急潮3例(4月, 8月, 11月)について, その実態を調べたものである。

## 2. 結 果

Fig. 1の1~19は相模湾およびその周辺海域の定地水温測点を示す。このうち, Sta. 13(三崎), Sta. 15(平塚), Sta. 16(早川), Sta. 8(千倉)は水温連続測定点である。またA(油壺), B(伊東), C(南伊豆), D(大島), E(神津島)は周辺海域の潮位測定点を示す。Fig. 1には示していないが, 湾内の幾つかの定置網漁場では基準になる深さを決めて, 毎日揚網時に水温, 塩分等を測定している。

### 1) 4月の例

木村(1942)が指摘した沖合高温水の湾内流入という典型的な例が, 相模湾内では4月23日, 24日に起った。4月22日12時~24日18時の三崎, 平塚, 早川で測定された水温の記録を Fig. 2 に示す。一見して判るように,

三崎で14.5°C, 平塚で14.3°C, 早川で15.0°Cであった水温が各々17.5°C, 18.0°C, 18.0°Cと3.0~3.7°C急激に上昇している。さらにその昇温時刻が三崎で28日8時頃, 平塚では15時頃, 早川では22時頃と時間的にずれがある。Fig. 1に示すこれら3測点の配置から, 昇温

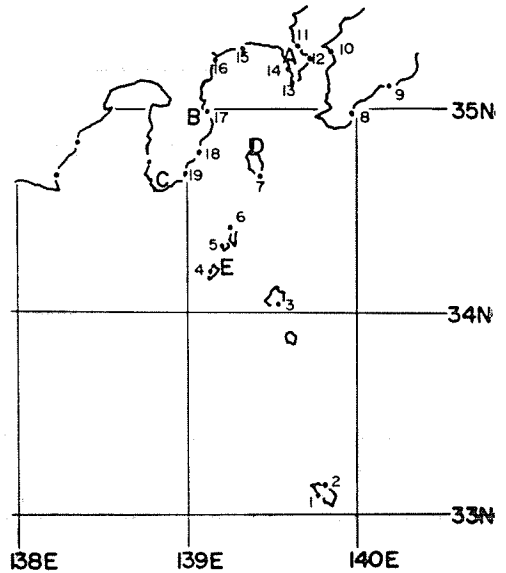


Fig. 1. Locations of water temperature measurement (Stas. 1 to 19) and sea level measurement (Stas. A to E) in Sagami Bay and adjacent seas.

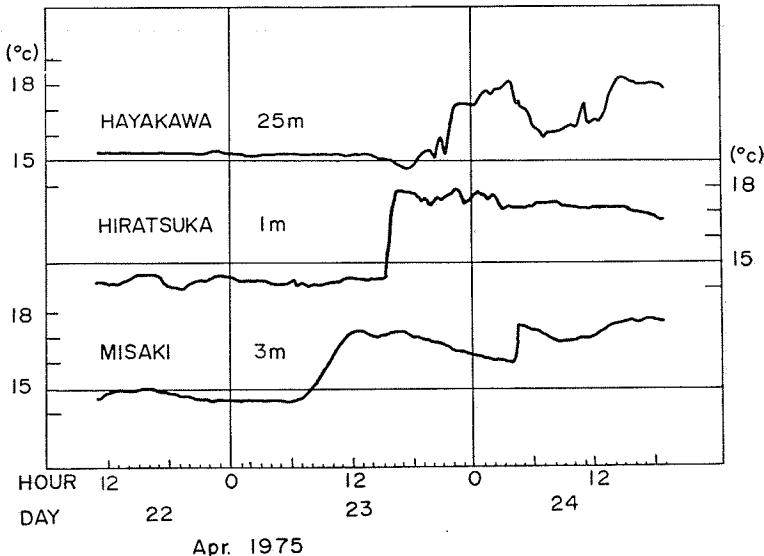


Fig. 2. Variations of water temperature in relation to the Kyucho at Hayakawa (at 25 m depth), Hiratsuka (at 1 m depth) and Misaki (at 3 m depth) for the period from April 22 to 24, 1975.

相模湾の急潮について

は湾内を東から西へ進んだことを示している。今、沖合高温水が、湾内を沿岸に沿って移動したと仮定して、その移動速度（2点間の距離を昇温時刻の差で割る）を概算すると、三崎～平塚、平塚～早川とも約1.0 m/secであった。この値は木村（1942）が同じ方法で概算した値（0.2～0.8 m/sec）に比べてかなり大きい。今回の急潮は過去の急潮と比較して移動速度が特に大きかったのか、あるいは沿岸に沿って進むという仮定に問題があるのかは、沖合の海況に関する情報が得られていないため判らない。

この水温上昇を起した海水の性質を調べるため、急潮前後に三崎で測定された水温、塩分を使用して T-S diagram を作製し、Fig. 3 に示した。作製にあたり、1日間の代表値として連続記録から日最高塩分とその時の水温データを使用した。4月22日から23日にかけて水温は14.8°C→17.3°C、塩分は33.5‰→34.2‰と変っている。即ち、海面下3mでは低温低塩分の場へ、高温高塩分水が流入してきたことを示している。さらに、この海水交換は、Fig. 3 に示された等  $\sigma_t$  線に沿って起っている。

急潮即ち水温急上昇前後の相模湾およびその周辺海域の海況変化を知るため、各地の定地水温の変化を Fig. 4 に示した。詳しく調べると、前日に対して急上昇したのは、三崎では23日、平塚では24日、早川、岩江では24日～25日、伊東では26日、白浜では27日であり、Fig. 2 に示したと同様に、定地水温にもはっきりと反時計回りの昇温が伊豆半島の先端までみられる。一方、伊豆諸島北部の神津島、新島、大島についてみると、水温上昇は相模湾沿岸より約1週間早い16日～18日に起っているが、三宅島ではほとんど変化はみられない。

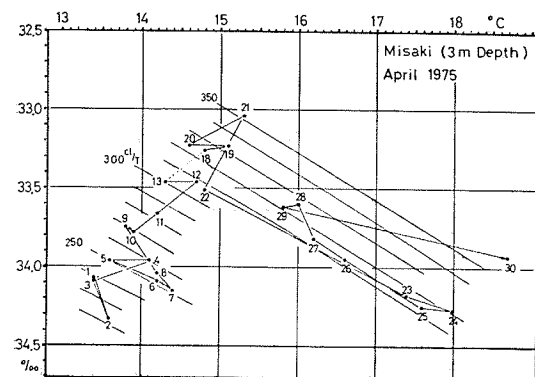


Fig. 3. Daily variations in the relation between temperature and salinity measured regularly once a day at Misaki in April, 1975.

4月から5月にかけて、油壺、大島、伊東、南伊豆で測定された日平均潮位を Fig. 5 に示す。相模湾東部の水温急上昇に対応し4月23日、24日に、4測点の水位上昇がみられる。そのピークは油壺では23日、他の3測点では24日に起っている。潮位に関しては、伊豆半島の南端に位置する南伊豆においてすら、相模湾沿岸および大島と、ほぼ同じ時期に同じ位の大きさの変化をしたといえる。注目されるのは、水温変化と潮位変化の間の時期の違いである。伊豆半島の先端では、水温上昇については三崎との間で4日間の時間的ずれがあるのに対し、水位上昇については油壺との間に1日のずれしかない。水

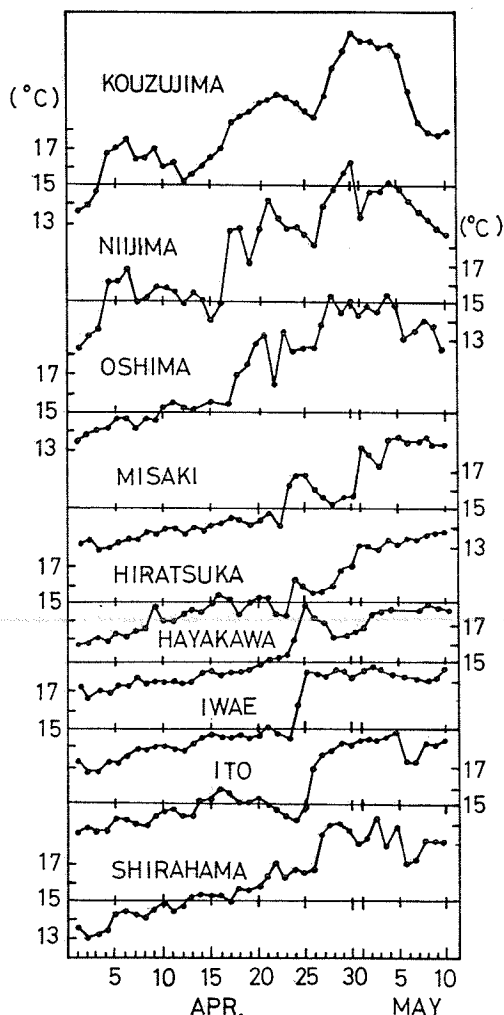


Fig. 4. Temporal variations of surface temperature measured regularly once a day in Sagami Bay and adjacent seas for the period from April to May, 1975.

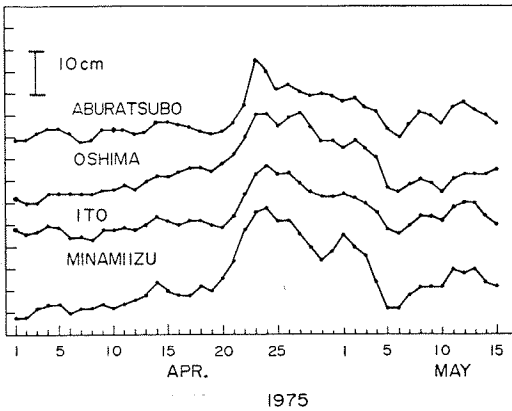


Fig. 5. Variations of daily-mean sea-level in Sagami Bay and adjacent seas for the period from April to May, 1975.

位上昇と水温上昇とが三浦半島の先端の三崎、油壺で同じ4月23日に起ったと考えると、二つの現象の伝播する速度に差があることが判る。水温上昇と水位上昇が無関係とは考えにくい。しかし、急潮のような時間スケールを持つ現象に対する我々の知識は極めて乏しく、この関係を説明できないばかりか、この関係および前述した三崎における密度を保ちつつなされる海水交換等から、急潮の適確な力学的機構を推定することもできない。これらの断片的情報から、例えば、前駆現象又はトリガー的現象\*としてパロトロピックな水位変化が起り、これに伴う水圧勾配の変化に地衡的に釣合う流れが誘発され、それに伴って水温変化が生ずる等の過程を想像することが許されるだけである。力学的機構を理解するためには、更に詳細な水温や塩分の場の構造の変化と流速場の変化とを観測することが必要である。観測計画をたてるに当っては、機構を説明するための仮説を立証することを目指すことが効果的である。

日平均潮位変動でもう一つ注目される点は、神津島の潮位が4月14日~21日で38cm上昇し、4月29日~5月5日で40cm下降したことである。神津島では、短期間におこる40cmの水位昇降は特異現象に属し、急潮の起った時期は特殊な海況であったことを示している。神津島の潮位が40cm上昇し8日間維持されていたことを仮

\*トリガー現象: マルチバイブレーター、ブロッキング発振器、フリップフロップなどが安定状態にあるとき、パルスなどの信号を加えると発振、他の安定状態への移行などの動作を開始する現象、または刺激となる信号をいう。このような現象を生ずる回路をトリガー回路という。(理化学辞典より)

説的に説明するためには、黒潮の影響が最も考えやすい。具体的な機構として「黒潮流域では、水温および潮位が本州沿岸から沖合に向かって高くなる。黒潮は一種の前線の性質を持っているため (STOMMEL, 1965), 流路の変動は流域内にある測定点の水温、水位変動は流域内にある測定点の水温、水位変動を起す」が考えられる。即ち、黒潮が本州沿岸に接近した場合、神津島は黒潮流域内に位置し、この測定点の水位、水温は上昇する。逆に本州沿岸から沖合に移動した場合、神津島は黒潮の北側に位置するため両者とも下降する。これに従えば、Fig. 4 に示す定地水温変化と前述の水位変化は黒潮の一

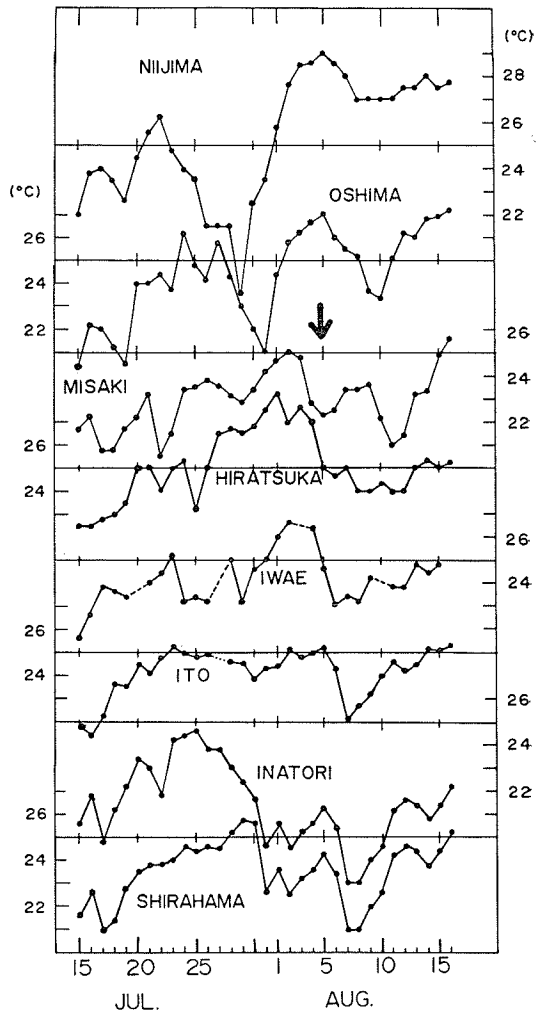


Fig. 6. Temporal variations of surface water temperature measured regularly once a day in Sagami Bay and adjacent seas for the period from July to August, 1975.

相模湾の急潮について

時的な接岸のあったことを示唆する。

2) 8月の例

一般に8月には成層が発達し、表層、特に沿岸での表面水温は色々な外的作用を受けるため、海況変動を把握する目的で、この時期における定地水温を使用することは必ずしも適していない。しかし現状では解析しようとする現象に適したデータがないため、十分な注意を払いながら定地水温を使用して、急潮前後の海況変動を調べる。8月4日、5日に起った急潮は小長、朝岡ら(1976)により指摘された7月下旬～8月下旬の相模湾およびその周辺海域の急激な海況変動とかなり深く結びついていると考えられる。

Fig. 6 に7月15日～8月15日の各地の定地水温を示す。7月下旬における新島、大島の水温は低く、相模湾

内、特に伊豆半島東岸の稲取、白浜の水温は高い。8月上旬には、これとは全く逆の関係がみられ、複雑な海況変動を示唆している。この期間、大島南西沖で流速測定した小長、西山ら(1976)によると、通常平均流(日平均値)は東向きだが、7月25日～29日だけは西向きになっている(Fig. 7)。この間の日平均潮位をみると大島ではほとんど変化していないが、神津島では非常に低い値を示している。7月25日～29日の西向きの流れはそれほど強くないが、その前後における東向きの流れは強く、それらの差は大きい。この大きな差は、神津島～大島間の水位差の大きい変化に対応している。流れと直角方向に地衡流平衡を仮定すると、流れと水位差の関係は定性的には説明される。相模湾内に急潮が発生する直前、相模灘およびその沖合で非常に複雑な変化があったと考え

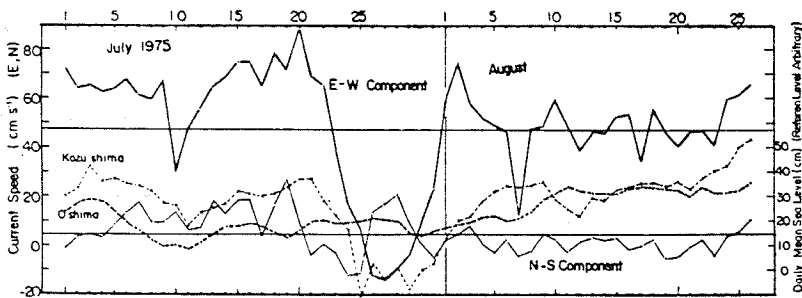


Fig. 7. Variations in daily-mean current-velocity measured at an off-shore buoy station southwest of Oshima and in sea-level at Oshima and Kouzujima for the period from July to August, 1975 (after KONAGA et al.).

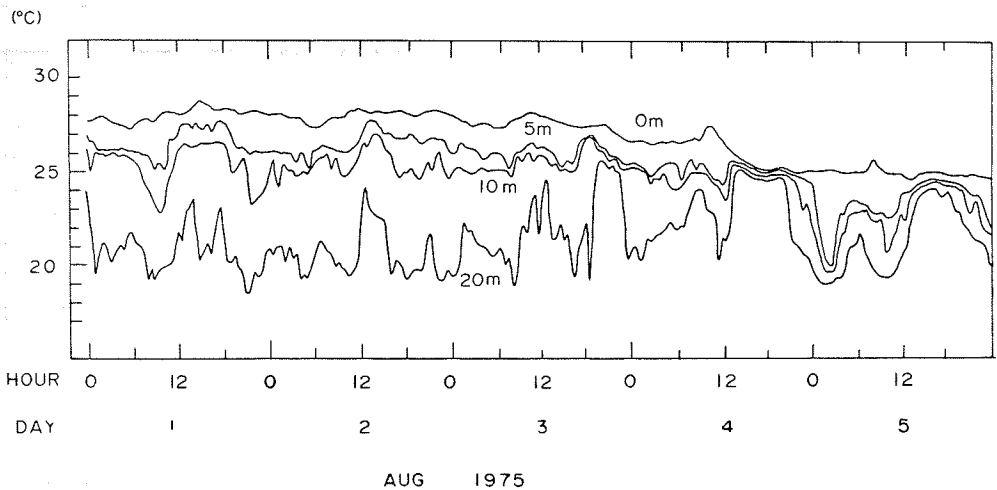


Fig. 8. Variations of water temperature at the sea surface, 5 m depth, 10 m depth and 20 m depth at the marine tower of the National Research Center for Disaster Prevention at Hiratsuka for the period from August 1 to 5, 1975.

られる。

Fig. 6 の定地水温データを見ると、急潮の起った8月4日、5日には湾内東部の表面水温が極小に、新島、大島では極大になっている。相模湾沿岸の水温極小値は、三崎では4日、平塚では5日、岩江では6日、伊東、稲取、白浜では7日であり、極小は4月の例と同様に、反時計回りに移動していることがわかる。4月の場合と違う点は、伊東、稲取、白浜で同じ日に下降している点である。伊豆諸島の水温上昇と湾内東部の水温下降とが同じ日に起り、全く逆の現象のように考えられるが、夏季には沖合水より沿岸水の方が表面水温が高いため、沖合水の流入によるとして沿岸表面水温の下降を説明できる。

沖合水の流入を示唆する記録として、平塚の防災センターのタワーで測定された各層（深さ0m, 5m, 10m, 20m）の水温記録を Fig. 8 に示す。4日12時頃から始まった表面水温の下降は、5m 深以下水温の上昇を伴わず、表面から20m 深までの水温はほぼ一緒になっている。以後下層水温は潮汐周期に近い周期で振動しているが、表面水温は変化していない。

以上の結果から、8月の急潮も沖合水の流入によるものと考えられる。水路部の海洋速報によると、6月下旬から8月中旬に黒潮流路は非常に不安定になり、8月下旬に遠州灘に大冷水域を伴う蛇行流路が定着した。特に、7月末から8月上旬にかけても流路の変化は極めて激しい。黒潮が陸棚流路から大蛇行流路へ移行する直前に、急潮が発生したことは注目される。

### 3) 11月の例

11月1日に小田原西部で起った急潮は、その被害域が局部的なものであったにもかかわらず、極めて大きな被害を与えた。急潮前後の定地水温変化を Fig. 9 に示す。一般に11月は季節的水温躍層の崩壊期にあたり、表層均質層は厚くなっている。この時期に、ある限られた海域に起る表層水温の急激な変化は、異なる水塊の移動、即ち水平移流がその主因と考えられる。図に示す矢印は10月31日および11月1日にみられる水温下降を示す。図によると、相模湾内の平塚から岩江までは、この期間水温にほとんど変化がみられない。水温下降は、房総半島東岸の小湊と千倉、伊豆半島の稲取と白浜において10月31日、伊東において11月1日に起っている。この期間最低水温は湾奥では20.0°C 以上であるが、伊東では18.5°C、稲取、白浜では19.0°C、三崎では19.5°C、大島では20.0°C と湾奥におけるより低い。この急潮は比較的水温の低い沖合水の流入によるものと考えられるが、この

海水は湾奥までは進入せず、相模灘付近を中心に振舞ったと推定される。

Fig. 10 は伊東、大島の日平均潮位と定地水温を示す。横線はこの期間の各々の平均値を示す。伊東と大島の潮位変化は似ているが、水温は大変よく似ているとはいえない。伊東の水位変化と表面水温変化を比較すると逆位相になっている。即ち、水位上昇は表面水温の下降を、水位下降は表面水温の上昇を伴っている。海洋内部の密度等の分布の変化が判らないので、変化の構造を推定することはむずかしい。もし中層付近までの水温が水位と逆位相に変化したと仮定すると、海水密度に対する水温変化の影響を補うため塩分の低い水、即ち親潮系水が流

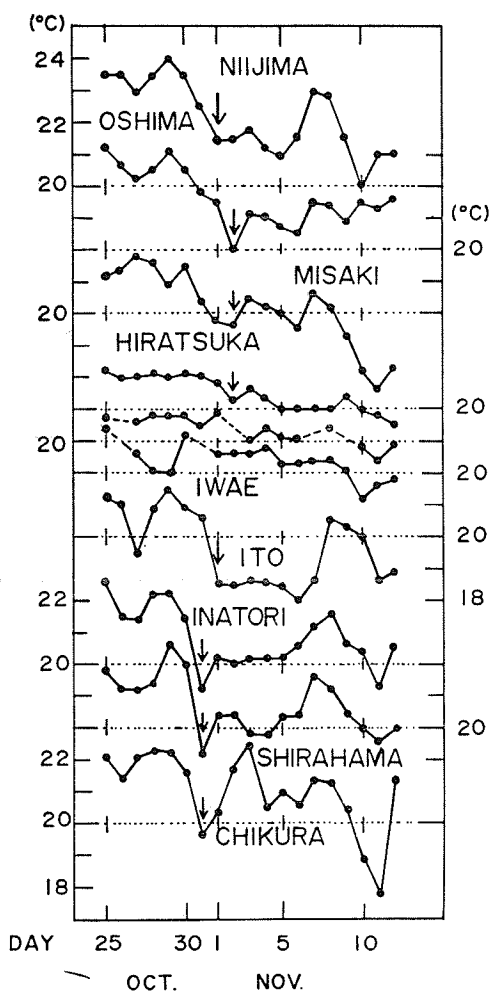


Fig. 9. Temporal variations of surface temperature measured regularly once a day in Sagami Bay and adjacent seas for the period from October to November, 1975.

入したこともありうると考えられる。

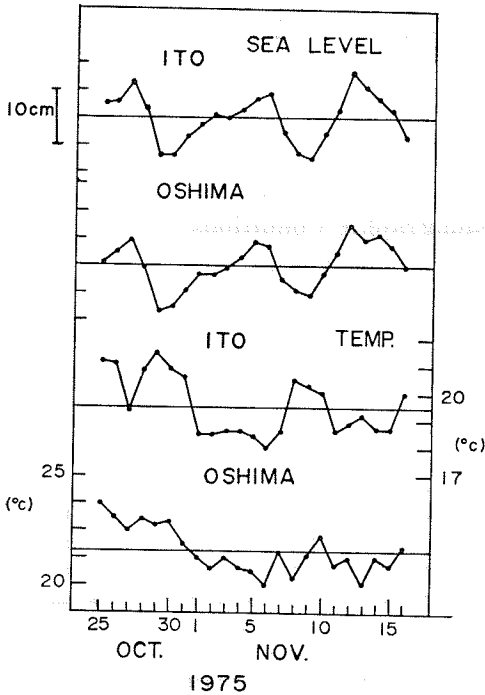


Fig. 10. Correspondence of variations in daily-mean sea level to those in sea surface temperature at Ito and Oshima for the period from October to November, 1975.

### 3. まとめと考察

1975年相模湾沿岸に起った急潮3例について、沿岸水温および日平均潮位を用いてその実態を調べた。3例とも以前から指摘されているように沖合水の沿岸域への流入によると推定される。海水の性質、分布からみて、4月、8月の2例は暖水、11月の例は冷水の流入によるものであり、特に前2例は相模湾内を反時計回りに移動したことが水温変化に基づいて示された。沿岸の定置網の被害状況からみて、前2例は湾全体に比較的強い流れを生じたのに対し、第3例は湾西部の、湾の広さに比べてかなりせまい海域で非常に強い流れが生じた。

1975年の事例も含めて、相模湾沿岸に起る急潮は沖合水の急激な流入、あるいは沿岸水と沖合水との間に形成される前線(小金井, 1976)の移動として考えられる場合が多いことが判った。

急潮に関する今後の研究は

- i) 過去に起った急潮をピックアップし、その実態を把握し、統計的に整理すること。

- ii) 湾内に測定点をできるだけ多く設け、平常時の流れの場の特性を把握すると共に、異常が生じた時には、それに応じて直ちに観測がなされる状態にしておく。

の二つの方向に沿って進めてゆく。

過去の資料整理については、各急潮の特性を把握して分類すると同時に、急潮の発生と深いかかわりあいを持っているといわれる黒潮の短期変動、低気圧の通過、潮汐等(宇田, 1953)をも考慮して解析する必要がある。

流れの場の測定に関しては、平均場と変動特性の把握、特に時間、空間的变化の代表的スケールを知ることが極めて重要である。同時に、鉛直方向の密度変化(水温および塩分変化)を時間的に追跡することによって、急潮の物理的性格(モード特性等)をより深く知りうると思われる。

### 4. 謝 辞

本研究にあたり、有益な御指導と御校閲の労を賜った東京大学海洋研究所寺本俊彦教授に対し心から感謝の意を表す。また、多大の御支援、御協力をいただいた神奈川県水産試験場長伊藤博氏、相模湾支所長渡辺博氏、平元泰輔、木幡孜両技師および小八幡漁場川辺実氏に対し、ならびに必要なデータを快く提供して下さいた国立防災科学技術センター平塚支所都司嘉宣氏、気象研究所西山勝暢氏に対し厚く感謝する次第である。

### 参考文献

石野 誠, 大塚一志, 瀬戸口明宏, 本橋敬之助(1967) 日本近海海流系に関する水産海洋学的研究. I. 黒潮沿岸分枝流の接岸流入とそれに伴う漁業災害の一例. うみ, 5, 244-250.

木村喜之助(1942) 沿岸の大急潮について. 中央気象台彙報, 19, 1-85.

小金井正一(1976) 海の見方. 考え方. 一地方水域の周辺—公害原論, 第9学期, 1-55.

小長俊二, 朝岡 治, 西山勝暢, 小西達男(1976) 黒潮変動と関連した伊東観測塔周辺の花況変動について(Ⅲ). 1976年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 114.

小長俊二, 西山勝暢, 渡辺 明(1976) 海流の短期変動について. 1976年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 224.

STOMMEL, H. (1965) The Gulf Stream. Univ. California Press. 1-248.

宇田道隆(1953) 相模湾の急潮とその予知について. 日本海洋学会誌, 9, 15-22.