

黒潮の流軸移動が相模灘周辺域の海況に及ぼす影響

宮 沢 公 雄
(千葉県水産試験場)

松 山 優 治
(東京水産大学)

岩 田 静 夫
(神奈川県水産試験場)

小 原 基 文
(東京水産大学)

Effect of the Movements of the Kuroshio Axis on the Hydrographic Conditions in and around the Sagami-nada

Masao MIYAZAWA
(Chiba Prefectural Fisheries Experimental Station)

Masaji MATSUYAMA
(Tokyo University of Fisheries)

Shizuo IWATA
(Kanagawa Prefectural Fisheries Experimental Station)

Motofumi KOHARA
(Tokyo University of Fisheries)

Abstract

Sea-surface temperature recorded by fishing boats between the home port Chikura (the Boso peninsula) and the fishing ground Omurodashi bank are analysed together with the surface temperature measured at coastal and island stations. During the period from February to March 1978, warm water appeared in the Sagami-nada three times. The north-south displacement of the Kuroshio axis is estimated from daily-mean sea-level data from tide stations at the mainland coast and adjacent islands. The warm water intrusions into the Sagami-nada are directly associated with the northward movements of the Kuroshio axis. In and around the Sagami-nada, the warm waters were at first found at Kouzushima, then Oshima, located about 30 miles north-east of this island, lagged by a day behind to Kouzushima. Misaki located at the tip of the Miura peninsula lagged by four days behind to Oshima. The western part of the Sagami bay is not always affected directly by these phenomena. Coastal front often exists on the continental shelf slope off the Boso peninsula, then the warm waters are rarely found in an inner region of the slope.

1. はじめに

過去数十年間に実施された海洋観測結果によると、日本近海における黒潮は比較的安定した二つの流路を持つといわれている (UDA, 1964; TAFT, 1972)。一つは日本列島にはほぼ並行し西から東へ向う流路、他は紀州沖又は遠州灘沖に大冷水塊を伴って大きく蛇行する流路で

ある。しかし、安定した流路であるといっても、2~3カ月間に5~6回観測された黒潮の流路を一枚の海図に重ねてみると、かなり変動していることもよく知られている。これは前述の安定した流路に短期変動現象が付加されたものと考えるのが妥当であろう。

我々が研究調査海域としている相模灘から房総半島沖

では、黒潮流路の長期変動はもちろんのこと、それに付加された短期変動の影響も直接あるいは間接的に受けると考えられている。小金井(1976)は各地で測定されている沿岸定地水温を用いて、この海域では性質の異なる水塊がかなり頻繁に現われ、移動することを示した。また、相模湾沿岸での流速測定では、春～秋に4日、冬に6日周期の変動が顕著であった(松山, 他, 1980)。小金井(1976)及び松山, 他(1980)が示した変動の時間スケールは数日～十数日であることから、現状の月二回程度の黒潮調査の結果とこれらの現象との比較は困難である。

本研究では前述の海況の短期変動に対応する黒潮の変動を潮位資料を用いて推測し、両者の関係を明らかにする事を試みた。具体的にはまず相模灘周辺海域の海況(水温)変動の特徴を調べ、次に伊豆諸島間の潮位差から黒潮流軸の南北移動を推測し、両者の短期変動の関係を調べた。

2. 資料と解析方法

相模灘周辺海域の海況変動を示す資料として千葉県水産試験場が大室出で操業するサバ漁船に依頼して得た千倉～大室出間の水溫記録を使用する。Fig. 1に漁船の航路を示す。得られた記録を15分間隔で読み取り、

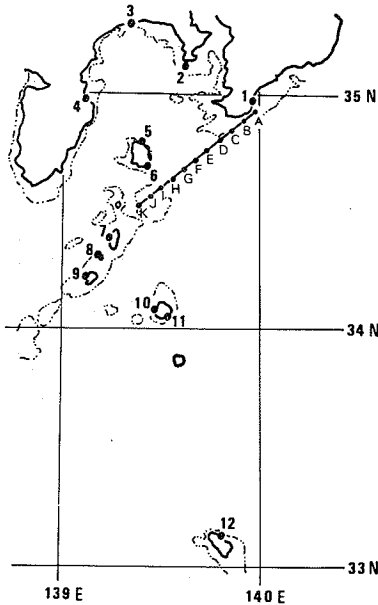


Fig. 1. Locations of water temperature measurements and sea level measurements in the Sagami-nada and adjacent seas and of sea-surface temperature stations (stas. A to K) occupied by the fishing boats.

Fig. 2に示す11の海区(A～K)の代表水温とした。図のA～K地点は各海区の中央点を示す。1つの海区に複数個含まれる場合には算術平均し、その海区の水温とした。

さらに、周辺域沿岸で毎日定時(午前9時又は10時)に測定されている表面水温も海況変動解析のため使用した。測定点はFig. 1に示す12点である。

黒潮の短期変動を表わす指標として、伊豆諸島で測定されている潮位を使用する。黒潮は流れと直交する方向に圧力勾配力とコリオリの力が釣りあっている(地衡流バランス)と考えても大きな誤差は生じない。従って流れ u は

$$u = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial y} \dots\dots\dots(1)$$

となる。ただし、 y は流れと直交する方向の水平座標、 p は圧力、 ρ は密度、 f はコリオリのパラメーターである。静水圧近似を仮定し、密度の変化量は密度の絶対値に比べて小さいとすると、海面の流速 u_0 は

$$u_0 = -\frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \dots\dots\dots(2)$$

となる。ただし、 ζ は海面上昇量、 g は重力加速度である。今回の資料解析に使用する潮位データは三宅島と大

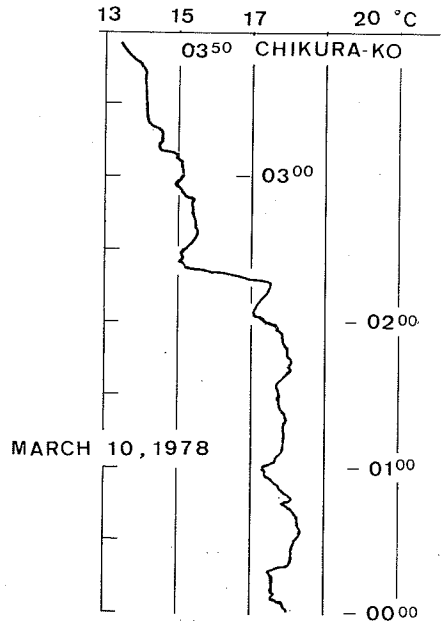


Fig. 2. Sea-surface temperature record obtained by a fishing boat on March 10, 1978.

島(岡田)の測定値である。現在の所、両島間の絶対潮位差は判らないので、相対潮位差を用いて議論する。今、大島、三宅島の日平均潮位をそれぞれ ζ_O , ζ_M とする。測定期間中の各島の潮位の平均値を $\bar{\zeta}_O$, $\bar{\zeta}_M$ とすると、相対潮位差 $\Delta\zeta$ は次のように定義される。

$$\Delta\zeta = (\zeta_O - \bar{\zeta}_O) - (\zeta_M - \bar{\zeta}_M) \dots \dots \dots (3)$$

二島間を横切る平均流 \bar{u}_0 は

$$\bar{u}_0 = -\frac{g}{fL} \Delta\zeta + c \dots \dots \dots (4)$$

となる。ただし、 L は二島間の距離、 c は定数。(4) 式より $\Delta\zeta$ の時間変化を追跡することにより、大島と三宅島を結ぶ一線ではあるが黒潮の平均流速の変化が推測される。 \bar{u}_0 の変化の原因として、(i) 流路は変化せず表面流速が変化する (ii) 表面流速は変化しないが流路が変化する 等が考えられる。今回の解析では短周期の変動に着目しているの、 \bar{u}_0 の変化は流路の南北移動が主因であると仮定して話を進める。

ここで取り扱われる期間は漁船の操業が行なわれた1978年2月1日～3月31日の2カ月間である。

3. 相模湾周辺の水温変動

はじめに相模灘周辺海域の海況変動の特徴を漁船により得られた水温と沿岸水温により調べる。

Fig. 2. に漁船により測定された航走水温の一例を示す。1978年3月10日午前0時に操業を終え、利島東方を出発し、大島の南東側を通過して午前3時50分に千倉港に入港した時の記録である。図から明らかなように2時15分～30分に約2.5°Cの水温下降がみられる。この水温急変フロントの両側は必ずしも一様な温度ではなく、房

総半島側では振動しながら陸岸に近づくにつれて徐々に下降する。一方利島、大島側ではトレンドはないが同様に振動している。この振動の振幅は0.2～0.5°Cと小さいが、表層混合層の発達する冬季の測定記録であるから、興味ある現象と考えられる。記録紙にあらわれる水温振動の周期は30～45分であるから、漁船の速度を10ノットと仮定すると、空間スケールは渦と考えた場合直径4～6kmと小さなものである。Fig. 2 にみられた水温振動は測定期間中、常時みられるわけではなく、かつ存在しても周期は前述のものとは異なる場合もある。この水温振動現象の議論は別の機会に行なうとして、もう少し規模の大きな現象に注目する。

前述のように測定記録を15分毎、即ち空間的には4～5kmの間隔で読み取った値を使用し、横軸に日、縦軸に水平距離(北東が上、南西が下)をとり、水温のイソプレットを描いた(Fig. 3)。記入された等温線のうち特に17°C線は太線で示されている。これは暖水の北限を示すために用いられた。Fig. 2. にみられた房総半島側と伊豆諸島側を分ける水温フロントは15.2°Cから17.5°Cにジャンプしていたことから、17°C以上の高温を暖水と定義して扱っても大きな誤りはなさそうである。

Fig. 3 によると、2月1日～16日、2月27日～3月10日、3月27日～29日の3回、大室出し～大島周辺に暖水の進入が認められる。前2例は10日～2週間継続して存在し、後退したあと再進入するまでやはり同程度の時間を要する。3月末に進入した暖水は2～3日で消え、前2例とは異なる変化を示す。房総半島近くの水温変化をみるとこの暖水の消長とは無関係であるように思われる。

次に同期間中に測定された沿岸の定地水温の変化を

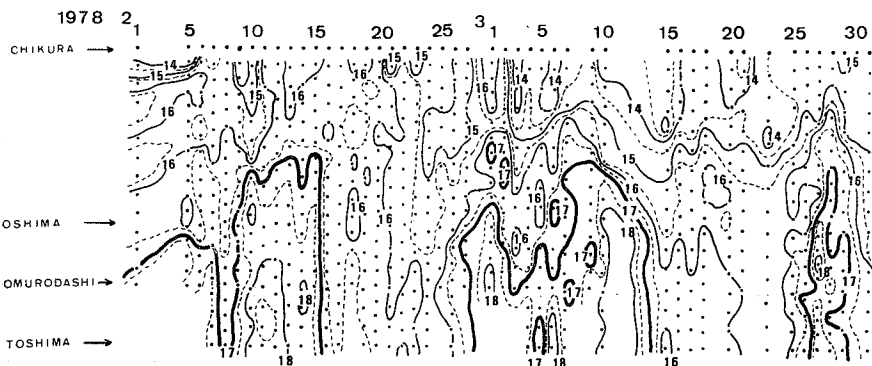


Fig. 3. Distance-time diagram of sea-surface temperature measured by the fishing boats for the period from February 1 to March 31, 1978.

Fig. 4 (a), (b) に示す。Fig. 4 (a) は伊豆諸島, Fig. 4 (b) は房総半島及び相模湾周辺の水温を示す。沿岸における表面水温は気象要因, 河川水等の影響を受けやすいため海況変動の解析に使用する場合, 十分な注意を要するといわれている。しかし, 混合層の発達する時期に各測点の時間変化を議論する場合, かなり空間的に代表性があることから, 有効な資料として利用できる。

Fig. 4 (a) では, 2月上旬に Fig. 3 でみられた暖水の進入は, 伊豆諸島の沿岸水温にもあらわれ, 1~2°C 昇温している。Fig. 4 (b) では三崎と平塚で昇温が認められるが, 伊東では変化せず, さらに Fig. 3 から予想されたように房総半島の千倉でも昇温しない。2月27日~3月10日の暖水進入時は伊豆諸島で多少時間的なずれ

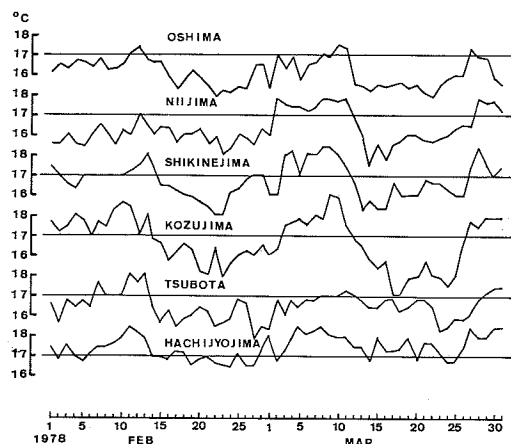


Fig. 4. (a) Temporal variations of surface temperature measured regularly once a day at Izu islands for the period from February to March, 1978.

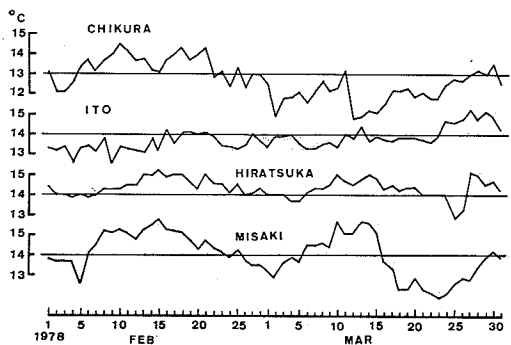


Fig. 4. (b) Temporal variations of surface temperature measured regularly once a day in the Sagami bay and the Boso peninsula for the period from February to March, 1978.

はあるが昇温は認められる。相模湾の三崎, 平塚ではこの昇温時間の遅れはもっと顕著で, 伊豆諸島の新島, 式根島で暖水が後退し, 水温が最も低くなる3月15日に最高水温を示す。Fig. 3 にみられた暖水は相模湾西部にまで舌状に延びていたとは考えにくく, 暖水との関連性を求めるならば暖水塊として切り離されたものが移動したものとらう。

3月27日~29日の暖水の進入は前2例とは全く異なり, 短期間の進入であり, かつ伊豆諸島, 相模湾沿岸のほぼ全域で昇温が認められる。この水温変動は木村(1942), 松山・岩田(1977)により示された暖水進入による沿岸急潮現象で現われた変動と酷似している。

上述の暖水進入が沿岸域へ及ぼす影響を調べるため, 相模湾西部の定置網漁場の日報を借用した。それによると, 2月3日~4日, 2月27日~28日, 3月27日~28日に反時計回り(サキシオ)が強く, 急潮が存在したことが判明した。この急潮はいずれも大室出し~千倉間に暖水が進入した同日~4日以内に発生し, 暖水進入は急潮発生に関係していることを示唆する。

沿岸各地の定地水温と航走水温との二つの時系列データがある。これらの間の相互関係を明らかにすることを試みる。両者の相互相関係数 $\gamma_{ij}(\tau)$ は

$$\gamma_{ij}(\tau) = \frac{1}{N-\tau} \left[\sum_{t=1}^{N-\tau} x_i(t)y_j(t+\tau) \right] / \sqrt{c_i^2 \cdot c_j^2} \dots (5)$$

と定義される(日野1977)。ここで, $x_i(t)$ は t 日の i 海区における水温偏差(同期間の平均値からのずれ), $y_j(t+\tau)$ は $(t+\tau)$ 日の j 地点における水温偏差, τ はずらせた日数, サンプルング間隔は1日, N は全データ数, c_i^2, c_j^2 は $x_i(t), y_j(t)$ の分散である。データ処理の際, 時化等で操業を休んだ場合に生ずる欠測データは前・後日のデータを用いて線型補間して求められた。

神津島, 大島及び三崎の沿岸水温と各海区との相互相関係数を Fig. 5 (a)-(c) に示す。Fig. 5 (a) の神津島と各海区との相関をみると, A~Dの海区とは非常に相関が悪いが, E~H海区, さらに I~J海区と神津島に近づくにつれて相関が良くなるのがわかる。Fig. 5 (a) で興味深いのは $\tau=0$ よりも $\tau=1$ の方が相関がよいことである。Fig. 5 (b) の大島と各海区の相関係数をみると A及びB海区とはやはり相関が悪い。一方 E~K海区をみると神津島とは異なり $\tau=0$ で最も相関がよい。Fig. 5 (a), (b) からはある現象が神津島周辺で観測されると約1日遅れて大島周辺で同様な現象が観測されることが判る。Fig. 5 (c) は海区の水温を基準にして三崎の水温の

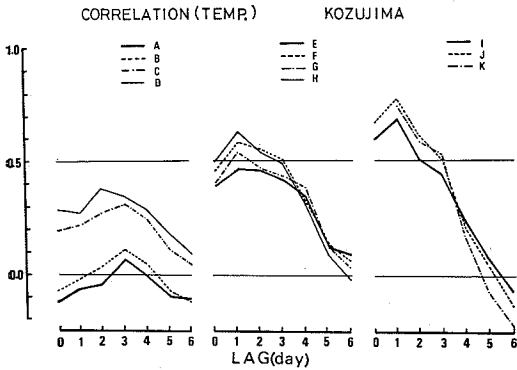


Fig. 5. (a) Cross-correlation coefficients between water temperature measured at Kouzushima and surface temperature at each station occupied by the fishing boats.

遅れをみたものである。 $\tau=0$ で相関が悪く、 $\tau=3\sim5$ 日で最も相関が良い。A~D海区の水温ともかなり相関が良く、こちらは $\tau=2$ 日が最も良い。三浦半島の先端に位置する三崎の水温変化が大島周辺の水温変化から3~5日間も遅れることは簡単には説明できず今後に残された問題である。一方、房総半島沿岸のA~B海区と周辺域との相関の悪さは、沿岸域と沖合域とを区別するもので、この境は Fig. 1 によると大陸棚斜面に相当することが判る。

4. 黒潮変動と沿岸水温変動の関係

Fig. 6 に気圧補正を施した八丈島、三宅島、大島(岡田)、油壺、伊東の日平均潮位を示す。気圧補正は1 mbの気圧の上昇は1 cmの潮位下降を起すという仮定のもとに行なわれた。2月上旬、3月上旬及び下旬に各地で高潮位を示す。この海域では潮位変動は黒潮流軸の移動により起されたものと考えられる。従って、八丈島、三宅島では大きく、相模灘周辺では小さい。最も変動の大きい三宅島の潮位に注目すると、2月5日~15日、3月5日~13日、3月27日以降と高くなる。この時期は多少の時間的なずれはあるが、前述の相模灘への暖水の進入と対応している。

潮位変動よりも(4)式で示した相対潮位差を用いた方が黒潮との関係を調べる上でより明らかになるので、Fig. 7 に大島と三宅島の潮位差を示す。両島の日平均潮位差は(3)式で示すように、各々偏差値であるから、負であっても流向は正の場合とは逆になるとは限らない。Fig. 7 によると、2月1日~10日、3月1日~10日、3月28日~31日と値は高くなっている。Fig. 3 に示す水温

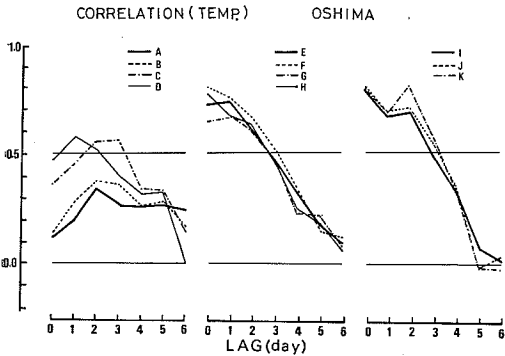


Fig. 5. (b) Cross-correlation coefficients between water temperature measured at Oshima and surface temperature at each station occupied by the fishing boats.

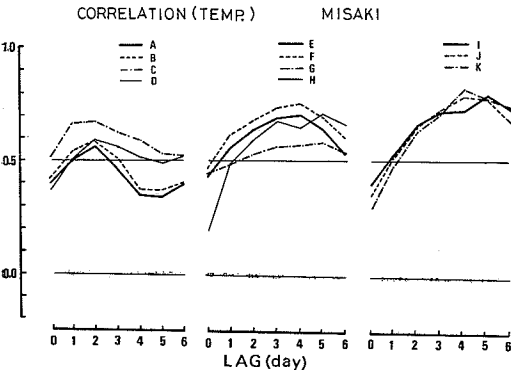


Fig. 5. (c) Cross-correlation coefficients between surface temperature at each station occupied by the fishing boats and water temperature at Misaki.

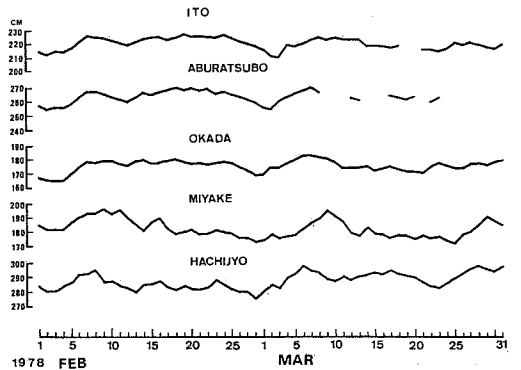


Fig. 6. Temporal variations of adjusted daily mean sea-level in the Sagami-nada and adjacent seas.

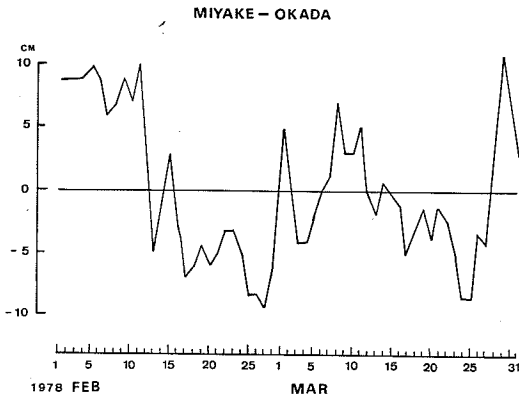


Fig. 7. Temporal variations of relative sea-level difference between Oshima and Miyakejima for the period from February to March, 1978.

変化図との比較では、多少の時間的なずれはあるが大島周辺に暖水が進入してきた期間に潮位差が大きくなることわかる。特に3月下旬の潮位差の増加は顕著である。三宅島で測定された潮位変化と周辺海域のダイナミック・デプスの変化とは非常によく対応する (SHOJI, 1972) から、(3) 式で示した潮位差の変動は流動の変動と結びつけることが出来る。(4) 式から潮位差 $\Delta\zeta$ の増加は平均流速 w_0 の増加を伴うが、それは流軸の北への移動として考えることが出来る。逆に潮位差 $\Delta\zeta$ の減少は流軸の南下を示し、相模灘への冷水の拡がりを示唆する。

5. まとめと考察

1978年2月～3月、相模灘周辺の表面水温解析の結果、合計3回暖水の進入が認められた。この暖水の進入は潮位変動から推測した黒潮の北偏と関係し、さらに沿岸急潮現象の発生に関係していることが示唆された。相模灘周辺では、まず神津島で暖水が測定され、1日遅れて大室出し、大島付近に現われる。この変化は三浦半島の先端の三崎では4～5日遅れて現れるが、西部の伊東付近では殆んどみられない。房総半島側では大陸棚縁辺域が沖合水と沿岸水との境となるため、沿岸域には暖水の影響が全くみられない。

短周期の海況変動が沿岸漁況に重要な影響を及ぼすと考えられており (木幡他 1975, 木幡他 1977), 特に沖合水と沿岸水の温度差が大きい冬季～春季には、数日～数週間スケールの海況変化と漁況変化とに関係があるようだ。定置網漁業をはじめとする沿岸・近海漁業に対する

海況の影響を明らかにする上で、今後一層、両者の関係を調べる必要がある。

黒潮の変動は複雑で、その代表としての流路をとっても我々が必要とするような時間スケールでは推定することは出来ない場合が多い。今回利用した伊豆諸島間の潮位差と航走水温はデータの質の点で多少問題はあるが、両者間にみられる対応は今後の研究にも十分利用できると考えられる。現在、千葉県をはじめ、東京都、神奈川県水産試験場でも航走水温資料が蓄積されつつあり、新しい事実が見出される可能性は十分にある。

6. 謝 辞

本研究にあたり、表面水温観測に多大な御協力をいただいた千倉港所属第1定一丸、第3初栄丸、第8稲荷丸、第3成田丸、第3徳寿丸、三崎港所属庄吉丸の乗組員の方々に厚く御礼申しあげます。また、データを快く提供して下さった相模湾西部定置網漁業者各位に感謝致します。

参 考 文 献

- 日野幹雄 (1977) スペクトル解析. 朝倉書店, pp. 300.
 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.
 木幡 孜, 岩田静夫, 小金井正一 (1975) 相模湾産重要魚種の生態—Ⅶの1, 1975年3月下旬～4月上旬にみられたマイワシの漁況と海況. 神奈川水試・相模湾支所報告, 7, 47-51.
 木幡 孜, 岩田静夫, 山本浩一 (1977) 相模湾産重要魚種の生態—Ⅶの2, 黒潮および房総沿岸低温水の動きとブリ成魚の来遊現象. 神奈川水試・相模湾支所報告, 8, 35-39.
 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.
 松山優治, 岩田静夫 (1977) 相模湾の急潮について (1) 1975年に起った急潮. 水産海洋研究会報, 30, 1-7.
 松山優治, 岩田静夫, 細田昌広 (1980) 相模湾における流れの観測, 沿岸海洋研究ノート. 18(1), 9-17.
 SHOJI, D. (1972) Time variation of the Kuroshio south of Japan, *In* Kuroshio—Its physical aspects, eds. H. STOMMEL and K. YOSHIDA, Univ. Tokyo Press, Tokyo, 217-234.
 TAFT, B. A. (1972) Characteristics of the flow of the Kuroshio south of Japan, *In* Kuroshio—Its physical aspects, eds. H. STOMMEL and K. YOSHIDA, Univ. Tokyo Press, Tokyo, 165-216.
 UDA, M. (1964) On the nature of the Kuroshio, its origin and meanders. *In* Study of Oceanography, ed. K. YOSHIDA, Univ. Tokyo Press, Tokyo, 89-107.