

## 三崎港における水温の特徴

岩田 静夫・池田 文雄・松山 優治

Characteristics of sea surface temperature  
observed at Misaki Harbour

Shizuo IWATA\*, Humio IKEDA\* and Masaji MATSUYAMA\*\*

### はじめに

沖合を流れる黒潮の変動の影響を直接的あるいは間接的に影響を受ける相模湾およびその周辺海域では、数日～10数日の時間スケール(以下短期変動と呼ぶ)の海況変動が存在する(小金井1976, 松山他1977)。木幡他(1975, 1977)は海況の短期変動と相模湾に來遊するブリやマイワシの漁獲との間に密接な係り合いがあることから、海況の短期変動は沿岸海況にもっとも関係の深い現象であると指摘した。これらのことからわれわれは水産試験場における沿岸海況の調査研究の対象とすべき現象は短期変動であり、この変動の実体を常時把握し、予測すべきであることを主張してきた。上述の業務遂行のためには少なくとも相模湾およびその周辺海域で日単位の水温、塩分等のデータを収集する必要がある。この条件にある程度合致するデータとしては、相模湾沿岸、房総沿岸および伊豆諸島で測定している定地水温がある。定地水温は1日1回(午前9時または10時)、地先の表面付近で測定しているため、一般に日射や風等の気象、さらに潮汐、陸系水等の影響を受けやすいと考えられている。したがって、定地水温の経日変化から海況の短期変動をとらえることは極めて困難とされてきた。しかしながら、小金井(1976)は相模湾および周辺海域の各地先で測定している定地水温の経日変化を詳細に検討し、これらのデータは海況の短期変動をとらえる場合十分利用できることを示した。

定地水温を使用し、海況の短期変動をとらえる場合の問題として、(1) 定時定地水温はその日の代表値として使えるか、(2) 表面水温は気象(加熱・冷却)により1日でどの程度変化するか、(3) 定地水温は沖合の水温と

関連をもって変化しているか等があげられる。

ここでは第1報として三崎港内で測定している水温連続記録をもとに、さまざまな時間スケールの水温変化の特徴と何時の水温が日代表値として最適であるか等について検討する。

### 資料

三崎港内における水温測定位置を図1に示す。測器はMK-型電気水温計(村山電機製作所)で、センサーは

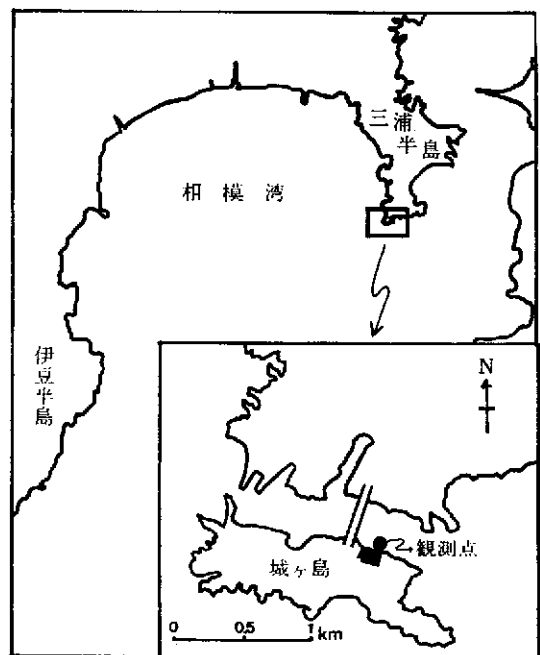


図1 三崎瀬戸における水温測定点

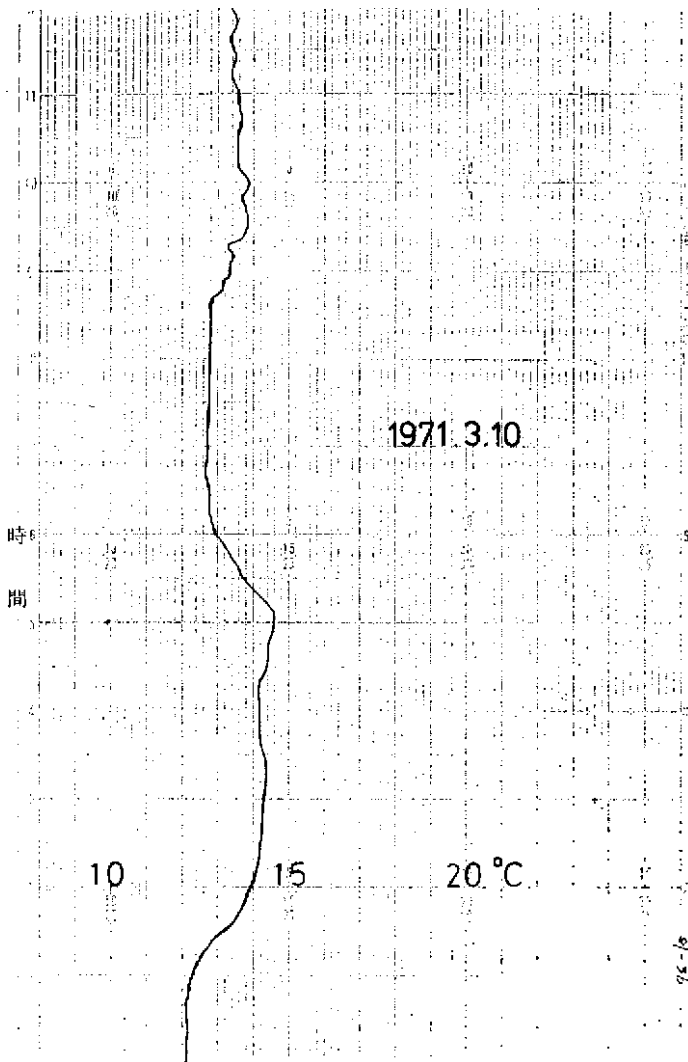


図2 1971年3月10日における水温記録

海面下1m深に設置してある。水温記録は1966年1月から現在まで蓄積されているが、今回は欠測が少ない1971年1月1日～12月31日までの記録を使用する。水温は図2のように記録され、これらの記録から時間毎に読み取った水温を用いる。

## 結 果

### 1. 水温変化の特徴

1年間の水温連続記録から1時間毎に読み取った値と日平均水温を図3に示す。水温の時間変化は季節に関係なく1日より短い周期で変化している。この変化は周期から考えると潮汐によるものであろう。振幅は躍層形

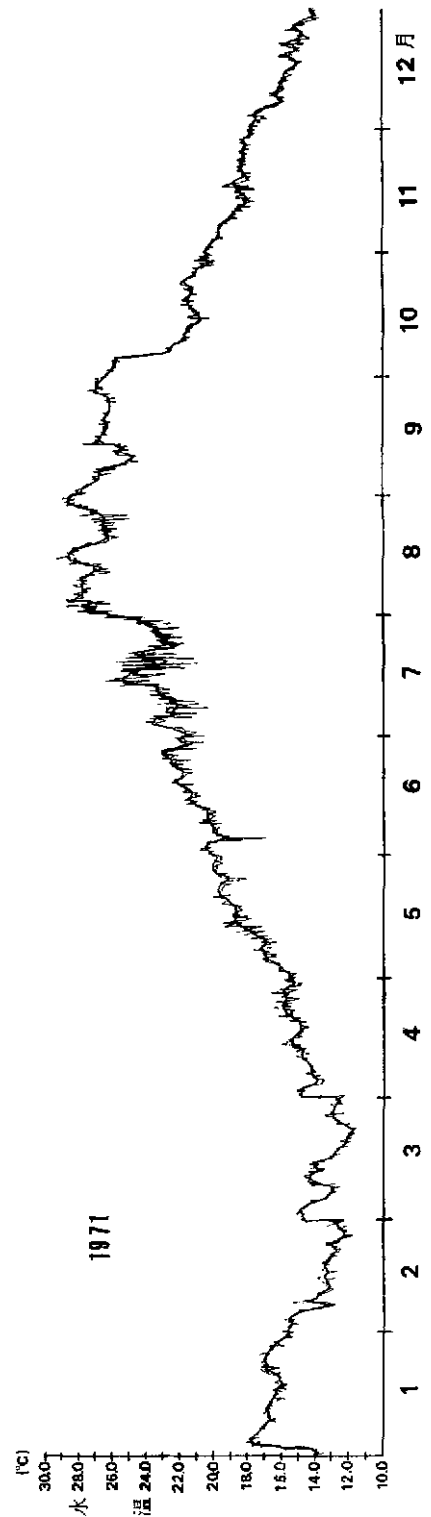


図3 1971年1～12月における水温時間変化(細線)と日平均水温変化(太線)

成期から成層期の5～8月に大きく、7～8月には振幅が1～3にも達する。

日平均水温によれば、数時間より長い周期をもつ数日～10数日の変化が存在する。この変化は1～4月、9～10月にみられるように、水温が2以上急激に上昇または下降し、その後緩やかに変化する場合と水温が上昇から下降、または下降から上昇へと一連の変化が比較的緩やかな場合がある。

前者のパターンはある場所における低気圧・高気圧の通過に伴う気温・気圧等の変化に類似し、木村(1942)、宇田(1953)、岩田(1976, 1978)、松山・岩田(1977)等が報告した急潮発生前後の水温変化に酷似している。急潮は沖合から高温・低温水塊が沿岸に急激に流入することにより発生するとされており、このパターンも急潮と同様な現象によると考えられる。

後者のパターンは7～9月に特徴的に出現し、水温変化は7月下旬から8月上旬にみられるように5以上に達することもある。この変化は周期性や振幅の大きさ等からやはり沖合に存在する高温・低温水塊が沿岸へ流入するためと考えられる。水塊の移動速度は急潮現象より遅く、これが前者の水温変化のパターンとの差になっていると思われる。

小金井(1976)が述べているように、相模湾および周辺海域にはさまざまな時間・空間スケールをもった性質の異なる水塊が存在し、これら水塊が沿岸域を移動することにより数日～10数日の水温変化が起ると考えられる。このような数日～10数日の変化に潮汐周期の水温変化が重なっており、このため旬平均水温を求めても単年度では滑らかな変化を示さない。

ここで、年間の毎時の水温をもとに1間隔の水温頻度分布を図4に示す。ある水温が $15.0 < 16.0$ のときは $= 15.5$ として表示する。

水温出現のピークは14～15, 16～17, 19～20, 25～26の4ヶ所にみられる。14～15は2～4月、25～26は8～9月に出現し、出現期間は他の2ヶ所よりも長い。16～17は5月と11月、19～20は6月と10～11月といづれも水温上昇および下降期に出現する。年平均水温は18.68で、出現頻度の少ないところに位置する。

三崎港内における12ヶ年の旬平均水温の変化によれば(図5)、低温期は2～3月、高温期は8～9月中旬と50～60日持続する。高温・低温の値、出現時期は年によって変わるが、どの年をとっても低温期と高温期の持続期間は長いので、水温出現頻度のピークは低温と高温に出現すると考えられる。したがって年平均水温は上述し

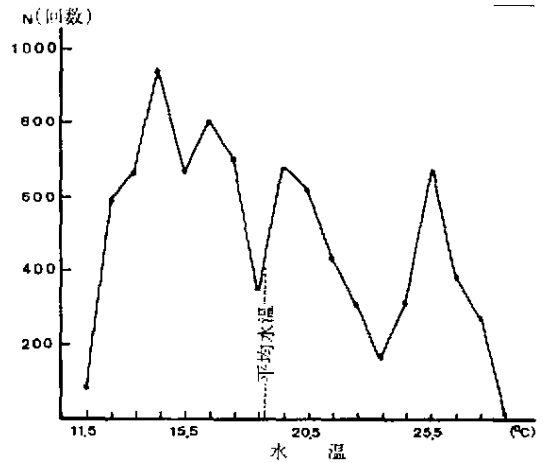


図4 1971年における水温頻度分布



図5 1966～1977年の旬平均水温変化(点線), 1971年1～12月の日平均水温変化(細線)とフーリエ級数から求めた水温変化(太線)

たように出現頻度の少ないところに位置することになる。

他の2つの水温出現頻度のピークは低温期から高温期、高温期から低温期に移行する時期に出現し、両ピークの水温と出現時期は年の海況特性に支配され、年によってはピークがはっきりしないこともあり得る。

## 2. 水温の長周期変化

時系列水温を $f(t)$ とすると、 $f(t)$ は $t$ の多数の調和関数の和と考えると、次のようにフーリエ級数に展開できる。

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n t + b_n \sin n t)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin n t dt$$

$$= \frac{2}{T} (T : \text{周期})$$

で、 $\sqrt{a_n^2 + b_n^2}$  は各周期の水温変化の振幅を示す。

T = 1年からT/12年周期に対する各振幅の値を図6に示す。

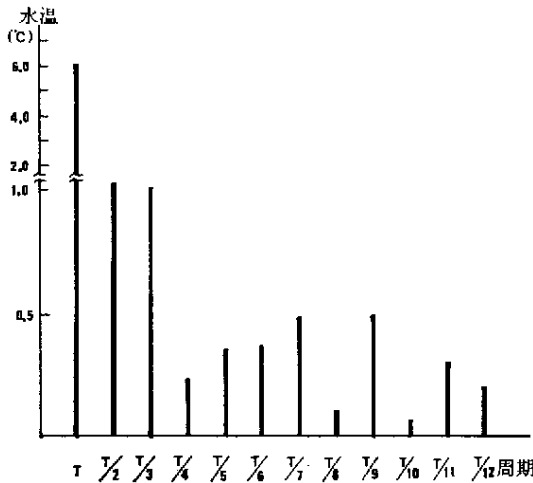


図6 各周期の水温の振幅

フーリエ分析の結果、T = 1年周期の振幅は5.9 とともに大きく、T/2年(183日)とT/3年(122日)周期の振幅はそれぞれ1.3と1.0である。T/4年(91日)周期以下の振幅は0.5以下となる。これらのことから水温変化は1年周期の変化が大きい、T/4年周期以下では影響度は小さくなることを示す。求められた係数を使って合成し、日平均データを用いた水温変化を一緒にプロットしたのが図5に示されている。

T/4年周期以下では、T/7年(52日)とT/9年(41日)周期に0.5の振幅をもったピークが存在する。平(1979)は大島西水道における流れに約32日周期の変動が存在することを報告している。三崎港内の水温はこれに近い周期で変化しており、この周期における両変化の関連性が示唆される。

3. 1日1回測温する場合の最適時刻

1日1回の定地水温経日変化から日単位以上のスケールの海況変化を論ずる場合、その値がその日の代表値として使えなければならない。この点について次の三つの方法を考えた。

(1) 年平均値

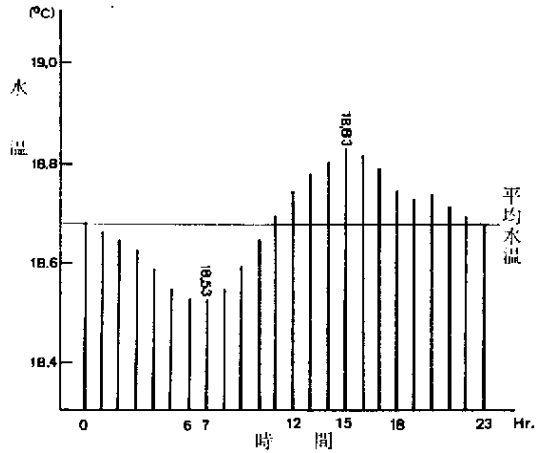


図7 1971年の各時の平均水温変化

今、i日j時に測定された水温を  $t_{ij}$  とする。ある時刻j時の年平均値  $\bar{t}_j$  と年平均値  $\bar{t}$  を求めて図7に示した。最高水温は15時の18.83、最低は7時の18.53である。年平均水温は18.68で、この値とほぼ一致するのは23~0時と11時である。各時刻の水温の年変動巾は10数でしかもその巾は各時刻で異なる。したがって、 $\bar{t}$  と  $\bar{t}_j$  が一致するからといってこれを測温する場合の最適時刻とすることはできない。

(2) 日平均値との相関係数

次にある時刻の水温  $t_{ij}$  と同日の日平均値  $\bar{t}_i$  との相関係数を求める。海洋表層の水温は顕著な季節変化を示し、 $t_{ij}$  と  $\bar{t}_i$  ともにこの影響を強く受けるためj時に関係なく相関係数は0.98以上の高い値を示す。したがってこれらの値の差異を求めることは容易でない。そこで次の方法により季節変化を除去した。一般に水温の季節変化は

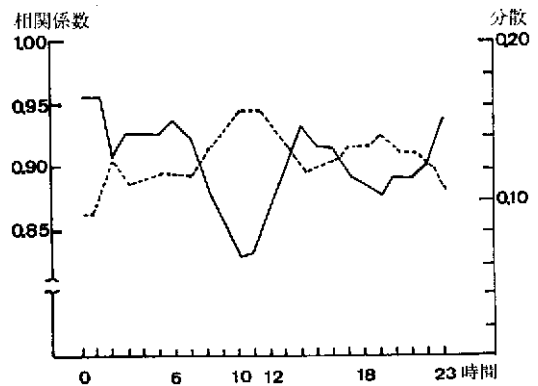


図8 日平均水温と各時の相関係数および分散

正確な正弦波形状を成さずに多少ひずみ、鋸歯函数形となる。フーリエ解析により求めた振幅の大きい1年、半年、1/3年周期成分を生データより差引いた。1年周期の振幅は5.9 (水温差11.8), 半年周期は1.3 (水温差2.6), 1/3年周期は1.0 (水温差2.0) である。このような方法で得たデータをもとに日平均水温と各時水温との相関を推算したのが図8の破線である。9~12時の相関が高く0.90以上、極大値は10時および11時の約0.94である。極小値は0時と1時の約0.86である。

### (3) 日平均値との差の分散

各時刻の水温  $t_{ij}$  から  $j$  時の年平均水温  $\bar{t}_j$  を差し引いた偏差  $'_{ij}$  と  $\bar{t}_i$  から  $\bar{t}_i$  を差し引いた  $\bar{t}_i$  より分散

$$Q_j = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} (t_{ij} - \bar{t}_i)^2 \quad (j=0, 1, \dots, 23)$$

を求める。 $Q_j$  の小さい時刻が日平均水温に近いことを示す。推算された  $Q_j$  は図8に実線で示されている。分散は9~12時が小さく0.10以下、最小値は10時、次いで11時である。一方23~1時には大きくなる。

単純に各時刻の年平均水温を求めると23時または0時が年平均値にもっとも近い値を示すにもかかわらず、両時刻と日平均値との相関係数は低く、かつ日平均値との差の分散は大きくなる。一方、相関係数が高く、かつ分散の小さい値をとる10時あるいは11時は第1の方法の年平均値にも比較的近い値を持つ。これらから表層付近で水温を測定する場合、10時に測定するのがもっとも日平均値に近く、次が11時である。

### まとめと考察

1971年三崎港内で得た水温連続記録を解析したところ、数時間から年までさまざまな時間スケールの変化が存在することがわかった。沿岸漁業に重要な影響を及ぼすと考えられるのは数日~10数日の水温変化である。この変化は小金井(1976)が述べているように沿岸域に存在するさまざまな時間・空間スケールをもった性質の異なる水塊の流入によるものと理解される。数時間~10数時間の変化は周年通してみられる。この変化は7~8月には2~5にも達し、潮汐による変化と考えられる。これらより長い周期の水温変化として40~50日、1/3年、半年、1年の変化があげられる。1年周期の振幅は大きく、次に半年、1/3年、40~50日の順で、1/3年周期以上の変化が定地水温に強く影響する。40~50日周期の変化は大島西水道における約32日周期の流れの変動(平1979)との関連性が考えられ、今後の他の海域でもその存在を確かめる必要がある。

各時刻の年平均水温は07時の最低水温と15時の最高水温を極にきれいな日周変化を示す。最高と最低水温の差は0.3 でこれが加熱冷却による表面水温の1日の変化量があると考えられる。加熱冷却による表面水温の変化は季節により異なるが、近藤他(1972)によれば、平塚沖では日射の多い8~9月でも加熱による表面水温の変化は0.4程度であるとしている。

ある測点の表面水温の変化は移流と加熱冷却による変化の和として示される。われわれは各地の定地水温を収集し、それらの経日変化から数日スケールの海況変動を追跡している。この場合水温の前日からの変化量すなわち前日差の時間・空間変化を追跡している。前日差には移流と加熱冷却による前日からの変化量が含まれており、前日差から加熱冷却を除いた値を考える必要がある。加熱冷却による変化量は季節により異なるが、上述した8~9月の0.4を加熱冷却の年間の上限值とし、前日差5は移流による変化と考えれば十分であろう。定地水温は毎日定時(09時または10時)に測定しているので、前日差に占める加熱冷却の変化量は上で求めた値より小さいと考えられる。今後水温データを蓄積し、加熱冷却による表面水温変化を季節別に検討する必要がある。

1日1回水温を測定する場合最適時刻は10時、次いで11時である。日本沿岸では古くから定地水温測定がなされ、大量にデータが蓄積されている。定地水温を用いて長周期の現象を扱う場合、測温時刻はそれほど問題にならないが、数日スケールの現象を追跡する場合は測定時刻に対する注意を怠るべきではないだろう。今回は三崎港内の1ヶ所でも1ヶ年のデータであり、満足なものではないが、他の海域も含めて連続記録を蓄積し、さらに詳細な検討を加える必要がある。

定地水温と沖合水温との間に関連があることは急潮現象(木村1942, 宇田1953, 岩田1976, 松山・岩田1977), 伊東港内とその沖合の水温変化との関係(渡辺・西山1978), 冬期における大島東水道の表面水温と各地の定地水温との関係(宮沢他1980)および相模湾沖合と三崎港内の水温との関係(岩田1980)等から明らかにされている。今後沖合での水温連続記録を蓄積し、季節も含めて定地水温との関係を調べ、定地水温の空間スケールについて検討する必要がある。

### 文 献

- 岩田静夫(1976): 相模湾をモデルとした海洋調査の考え方. 水産海洋研究会報, 28, 86-90.  
 岩田静夫(1978): 相模湾の海洋学. 水産海洋研究会報 32, 82-88.

- 岩田静夫・細田昌宏・松山優治(1980): 相模沿岸の流れの変動について - . 神奈川県水産試験場研究報告 1, 61 - 71 .
- 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): 相模湾産重要魚類の生態 - 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): 相模湾産重要魚類の生態 - 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 - 地方水域の周辺 - 公害原論 . 第9学期, 1 - 55 .
- 近藤純正・内藤玄一・藤嶋幸雄(1972): 海水温度の平日周期変化 . 海と空 . 48(2), 53 - 59 .
- 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 .
- 宮沢公雄・松山優治・岩田静夫・小原基文(1980): 黒潮の流軸移動が相模湾周辺域の海況に及ぼす影響 . 水産海洋研究会報 . 37, 1 - 6 .
- 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 .
- 渡辺 明・西山勝暢(1978): 伊東海洋気象観測塔の水温と伊東港沿岸水温との比較 . 気象研究所研究報告 . 29(2), 103 - 108 .