

## 本州北部沿岸定地水温の変動特性

高杉 知\*

### Characteristics of Surface Temperature Variations Measured at Coastal Hydrographic Stations around Northern Part of Japan

Satoru TAKASUGI\*

#### Abstract

Long-term variability of sea surface temperatures (SST) is investigated using data from 1970 through 1989. The data was generated at eleven coastal stations in the Tsushima and Tsugaru Warm Current system (TTWC) around the northern part of Japan.

The pattern of SST variation was classified by standard deviation of monthly mean temperature, correlation among eleven coastal stations and frequency of variation of SST by spectral analysis.

The pattern of SST variation can be classified into four groups: Group-A includes the stations of Wajima, Ajigasawa, Kuji, Miyako and Kamaishi. The SST in these stations are strongly affected by the TTWC. Urakawa is in Group-B, showing direct influence of the Oyashio cold water. Group-C consists of stations Ohfunato and Ohshima where no special coherence with other stations were found. Group-D includes the stations in the southern Sanriku to Joban area (Enoshima, Tashiroshima and Onahama) where the pattern of SST variations different from Group-A to Group-C.

#### 1. はじめに

岩手県の沿岸域は津軽暖流が南下し、そこではワカメ・ホタテガイを中心とする養殖業、定置網漁業及び小型漁船漁業が営まれている。一方、沖合には親潮系の冷水や黒潮系の暖水が分布しており、これら暖冷水が沿岸域へ接岸することにより海況変動が生じ、養殖業や漁業に影響を与えることがある。この接岸は常に岩手県に一樣に起こるわけではなく、部分的・局所的にも起こる。このことが沿岸域での海況変動に地域性・類似性を生み出す原因となっている。よって、沿岸域での海況変動について地域性・類似性が把握できれば、各地域の特徴を生かした営漁方針や作業計画が立てられ大変有効と思われる。

沿岸域の海況変動を知るうえで最も有力な情報が定地水温である。定地水温は古くは明治時代から観測されている地点もあるほどで、長期的・連続的に得られている

という点で利用価値の高い資料である。そのことを反映して、定地水温を用いた水温変動の周期性や沖合域の水温との関連性、地域間の相関性及び水温予測を論じた報告がかなり多く発表されている。

畑中(1952)、久保(1985)は江の島や那珂湊の定地水温に約9年周期の長期変動が、横田(1983)は小名浜の定地水温に3年周期があることを示し、天野ほか(1985)は八戸の定地水温に3年弱の周期変動を見い出している。また、河野・井上(1987)は北海道各地の定地水温に6年周期の長期変動が存在することを示している。

一方、永田ほか(1978)は三陸沿岸定地水温の特性として5月平均水温が12月平均水温より低いことを、宮沢ほか(1980)、岩田ほか(1980)は相模湾周辺海域の水温変動と神津島、大島、三崎の定地水温変動との関連性を検討し、いずれも定地水温変動と沖合水温変動との間に関連性があることを明らかにしている。

更に伊東・友定(1985)は津軽暖水の影響下にある地域間の定地水温には高い相関があることを示し、長沼(1978)は日本海主要地点の水温変動の相関性を検討している。また、上原ほか(1978)は太平洋沿岸定地水温

1991年9月6日受理

\* 岩手県水産試験場 Iwate Prefectural Fisheries Experimental Station, 1-4-21, Shinham, Kamaishi, Iwate 026, Japan.

の変動様式の類似性から海域区分を行っている。平野・房州 (1957), 平野 (1957) は定地水温に持続性があることを統計学的に示したのち、数ヶ月後の水温を推定し、花輪・岩坂 (1987) は対馬暖流勢力から宮古沿岸水温のアノマリーを予測するモデルを提唱している。

しかしながら、東北海区において定地水温の変動から地域性・類似性を検討し、海域区分を行った例は殆どない。さらに、海域区分を行いそれに基づいて水温変動の地域的な特徴を把握することによって、漁業生産の地域性と水温変動との関連を究明する一つの糸口にもなるものと思われる。

本報告は岩手県沿岸において観測されている定地水温をはじめ、日本海・東北海区を中心とした11測点の定地水温の変動傾向の特徴を促え、各定地水温の変動の地域性・類似性を見いだすとともに、対馬暖流と津軽暖流との関連性や気象が及ぼす影響も検討した。

## 2. 資料と方法

定地水温資料は Fig. 1 に示す測点における1970年から1989年までの20年間、毎日1回定時(午前9時または10時)に観測されている水温を1ヶ月平均して求められる月平均水温を用いた。鱒ヶ沢の定地水温は青森県水産試験場、久慈は岩手県南部栽培漁業センター久慈分場(1981年3月以前は岩手県水産試験場九戸分場)、釜石は岩手県水産試験場、大船渡は岩手県南部栽培漁業センター(1981年3月以前は岩手県水産試験場気仙分場赤崎実験所)、大島、江の島、田代島は宮城県水産試験場でそれぞれ収集されたものであり、輪島、浦河、宮古、小名

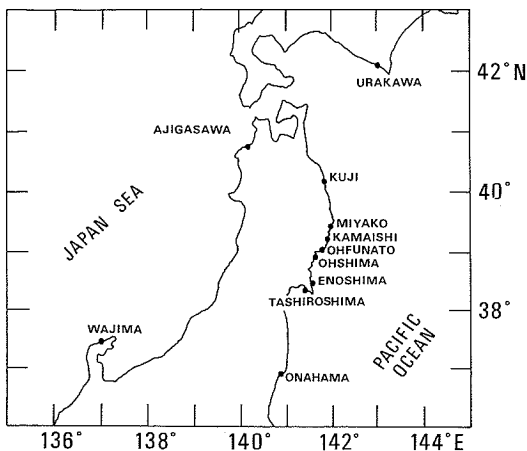


Fig. 1. Locations of SST measuring stations.

浜の定地水温は気象庁発行の全国海況旬報の月平均水温を用いた。また、対馬暖流と津軽暖流との関連性をみるにあたっては旬平均水温も併せて用いた。なお、気象の影響を調べるため、輪島、宮古の月平均気温を気象庁発行の気象要覧より引用した。

各測点における月平均水温の原系列について、短期変動を除去するため12ヶ月の移動平均をかけ、さらに最小二乗法により傾向変動(トレンド)を除去した後、周期性をみるため最大エントロピー法(MEM)によるスペクトル解析を行った。また、測点間の相関性を求めるにあたっては、原系列から20年間の月別平均水温値を引いて得られる偏差時系列を用いて解析に供した。それぞれの項目は次式を用いて算出した。

$$i \text{ 年 } j \text{ 月の月平均水温 (原系列)} : T_{ij}$$

$$(i = 70 \sim 89, j = 1 \sim 12)$$

$T_j$  の標準偏差

$$V_j \left[ \left\{ \sum_{i=70}^{89} (T_{ij})^2 - \left( \sum_{i=70}^{89} T_{ij} \right)^2 / 20 \right\} / 19 \right]^{1/2}$$

$$\text{月別平均水温 } T_j = \sum_{i=70}^{89} T_{ij} / 20$$

$$\text{水温の偏差 } \Delta T_{ij} = T_{ij} - T_j$$

なお、欠測値の処理は線型補間をほどこした。

## 3. 結果及び考察

### 3-1 季節変動

Fig. 2 に各測点における月平均水温及びその標準偏差の季節変動を示した。月最高水温は小名浜が9月であるほかは8月となっており、月最低水温は久慈、宮古、釜石、江の島、小名浜が3月であるほかは2月となっている。また、月平均水温の標準偏差は日本海側の輪島、鱒ヶ沢では類似した傾向を示し、7月・8月に最大となり10月に最小となる。1月から6月の標準偏差は0.56~0.91℃と小さく、月による差も大きくないことから、この時期の対馬暖流の変動が年によらず安定していることを示し、長沼 (1964) が日本海における1953年~1962年までの平均表面水温から求めた結果を裏付けている。久慈、宮古、釜石は1月から6月までの変動が輪島、鱒ヶ沢に比較して若干異なる点があるものの、7月・8月に最大、10月に最小となる点やその変動幅から大局的には類似していると言え、対馬暖流・津軽暖流は1~6月は年による変動が小さく、その影響は釜石まで及んでいることが窺える。一方、大船渡、大島は10月から3月までの標準偏差は0.7~1.3℃範囲にあるが、4月から9月の標準偏差は大きく、6月・7月は2.0℃以上と特に大きい。これは、この時期の海況が年により大きく異なり、

水温変動も大きい地域であることを示唆している。江の島、小名浜の9月から12月までの標準偏差は0.7~1.1℃と小さく、この間の海況変動が毎年比較的安定していることを表している。田代島は1月の標準偏差が1.51℃とやや大きいと周年を通じ変動幅は小さい傾向がみられる。北海道の浦河の標準偏差は2月から5月は0.6~0.8℃と小さいが、6月から1月は大きく7月は1.7℃と最大となる。

### 3-2 長期変動

Fig. 3 に各測点における月平均水温の12ヶ月移動平均値の推移を示した。日本海側の輪島、鯨ヶ沢は'73, '75, '78~'79, '82~'83, '85, '87, '89を高極, '70~'71, '74, '76, '80~'81, '83~'84, '86, '88を低極とし変動している。一方、太平洋側の9測点全部に共通しているのは, '75, '87, '89が高極, '74, '76~'77, '86が低極であることであり、浦河を除く8測点に共通しているのは'82~'83, '85が高極, '80~'81, '83~'84が低極であることである。このうち'80~'81, '83~'84は親潮第1分枝が著しく南下した年にあたる(奥田・武藤, 1986)。このほか、ある地域間だけに認められるものとして'72の高極は釜石以南にみられ、逆に'73の高極は大船渡以北の釜石を除く地点にみられることがあげられる。このなかで大船渡は'72, '73とも高極であり、大船渡は南からの影響と北からの影響が重なっていると考えられ、この点から大船渡が隣接する地点と異なった特性を持つことが示唆される。ほかに、'88は

大船渡以南では高極、久慈から釜石では低極となっている。また、'70は田代島、小名浜だけが高極で、それ以外の測点では低極となっている。水野(1984)は東北海区の水温変動パターンを経験的直交関数で解析し、そのなかで第2関数が三陸北部沖合と常磐沖合とが逆位相で変動するパターンを説明するものであるとした。'70と'88についてはこれに相当する変動が定地水温にも現れたものと理解でき、定地水温変動にも沖合域と同じ地域性・類似性があることが窺える。

次に最小二乗法により回帰直線を求め、各測点での20年間のトレンドを調べた。その結果、傾きは大船渡、大島が $-0.11^{\circ}\text{C}/\text{year}$ ,  $-0.12^{\circ}\text{C}/\text{year}$ と大きく、次いで江の島、小名浜が $-0.07^{\circ}\text{C}/\text{year}$ であった。また、輪島、鯨ヶ沢を除く測点でも、 $-0.04\sim-0.06^{\circ}\text{C}/\text{year}$ と右下がりの傾向を示しており、太平洋側ではこの20年間低温化の傾向が認められる。しかし、ここ数年に限れば'87以降高温に転じる兆しが伺える。一方、輪島、鯨ヶ沢では傾きが $+0.01^{\circ}\text{C}/\text{year}$ ,  $+0.001^{\circ}\text{C}/\text{year}$ となり、太平洋側とは異なって低温化の傾向は認められない。

### 3-3 水温変動の相関性

Fig. 4 に各測点間における相関表を示した。それぞれの相関を求めるにあたり、原系列値ではそれぞれの季節変動が大きく影響し合い好ましくないので、原系列値から20年間の月別平均水温値を引くことによって季節変動を除去した偏差時系列で相関を求めた。これによると1) 久慈から江の島にかけての相関が高い。2) 鯨ヶ沢は輪

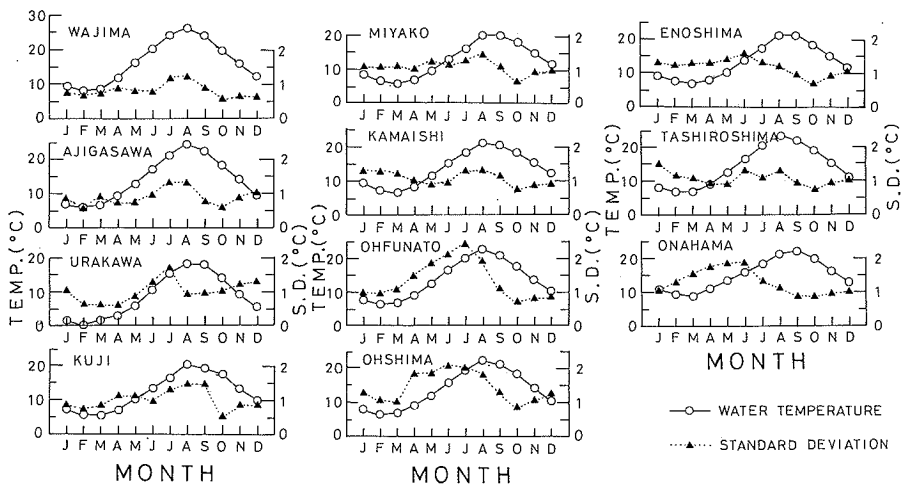


Fig. 2. The monthly change of average temperature (○) and their standard deviation (×) for the period from 1970 through 1989.

島、久慈、宮古、田代島と高い相関を示す。3) 浦河と他側点間の相関は低い。4) 浦河を除く10測点では隣接する測点間で高い相関を示す。一方、秦 (1971) は対馬暖流の変動は約2ヶ月後に津軽暖流に影響を与えることを指摘しているので、このことが水温変動にも現れるかどうかをみるため、日本海側の輪島、鯉ヶ沢と太平洋側の久慈から大船渡までの偏差時系列において相互相関を求めた (Fig. 5)。この結果いずれにおいても2ヶ月付近にピークは認められず、他にも有意なピークは認められな

かった。このなかで、輪島と宮古の間では Time Lag 1ヶ月でも  $r=0.5$  程度と Time Lag 0ヶ月とはほぼ同様であったことが注目される。

次に月レベルの解析では Time Scale が長いために変動の伝播が打ち消されていると考え、旬平均水温を用いて相互相関を求めた (Fig. 6)。これによると輪島と宮古の関係以外ではピークは存在せず、輪島と宮古間には Time Lag 1旬目にピークがみられたが、旬レベルにおいても有意な関係は認められなかった。

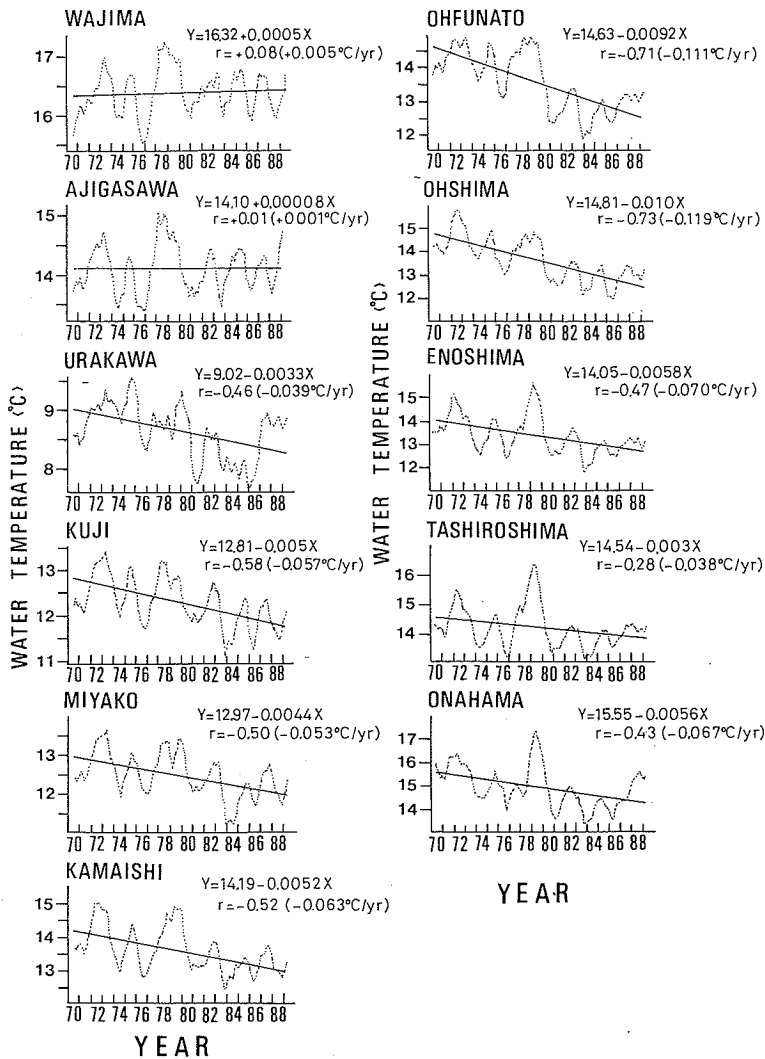


Fig. 3. Time-series of 12-month running mean SST (broken line) and long-term trends of them (solid line) at each coastal station.



### 3-4 定地水温に及ぼす気象の影響

前節の結果で、日本海側の測点と太平洋側の測点との間で Time Lag 0 ヶ月で相関が高いのは、日本海側と太平洋側との水温変動の位相が同程度であることを示している。Time Lag 1 ヶ月 (1 旬) 以上となれば、日本海側からの変動の伝播があったにしても、同時に起こる気象の影響が加わり、測点間の変動の相関が不明瞭になってしまう可能性が高い。純粋に日本海側からの変動の伝播を検討するには気象の要素を除外することが必要であろう。友定 (1971~1972) は渥美湾内及び渥美外海の表面水温は気温及び黒潮の変動に伴って変化すると予想し、水温変動に及ぼす気象の影響について解析している。

そこで、Time Lag 1 ヶ月でも Time Lag 0 ヶ月と同程度の相関を示した輪島と宮古の関係について、気象の影響を分離する目的で、気象庁発行の気象要覧から輪島と宮古の月平均気温を用いて解析を行った。

輪島、宮古の定地水温は対馬暖流及び対馬暖流から伝播された変動と、気象によって変化すると仮定し、次式をたてる。なお、季節変動を考慮して水温、気温とも全て偏差時系列で解析した。

$$T_w = T_a + \Delta T_s, \quad T_w' = T_a' + \Delta T_s'$$

ここで、 $T_w$  : 輪島の定地水温,  $T_w'$  : 宮古の定地水温

$T_a$  : 輪島の気温,  $T_a'$  : 宮古の気温

$\Delta T_s$  : 対馬暖流による変動

$\Delta T_s'$  : 対馬暖流から伝播された変動

$T_w$  と  $T_a$ ,  $T_w'$  と  $T_a'$  の関係を Fig. 7 に示した。定地水温と気温とは第 1 次近似では一次式で与えてもよいと思われるので、最小二乗法により回帰直線を求めると

$$\text{輪島では } T_w' = 0.581 T_a' - 0.008 (\gamma = 0.749)$$

$$\text{宮古では } T_w' = 0.443 T_a' + 0.014 (\gamma = 0.540) \text{ となる。}$$

( $T_w'$ ,  $T_a'$  は推定値)

ここで、 $T_w$  ( $T_w'$ ) から  $T_w'$  ( $T_w$ ) を差し引いた値は、実測値の水温から気温の影響をうけて変動する水温を引いたもの、即ち対馬暖流及び対馬暖流から伝播された変動 ( $\Delta T_s$ ,  $\Delta T_s'$ ) を示すものと思われる。Fig. 7 によると気温の偏差と定地水温の偏差に正の相関があり、偏差時系列においても気温が定地水温に影響を及ぼしていることがわかる。よって、得られた  $\Delta T_s$  と  $\Delta T_s'$  の時系列に対して相互相関を求めれば、気象の影響を除外した日本海側からの変動の伝播を検討できるとと思われる。 $\Delta T_s$  と  $\Delta T_s'$  の時系列の相互相関を Fig. 8 に示す。これからも有意なピークは認められず、日本海側から太平洋側への水温変動の伝播の抽出はできなかった。この気象の影響を考え合わせた日本海側の水温情報

の太平洋側への伝播についての解析は今後の検討課題としたい。

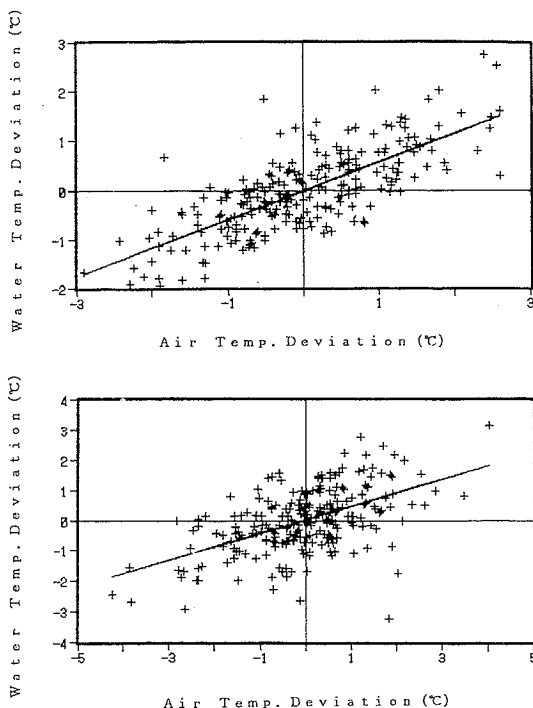


Fig. 7. Relationship between air temperature deviation and water temperature deviation at St. Wajima (upper) and at St. Miyako (lower).

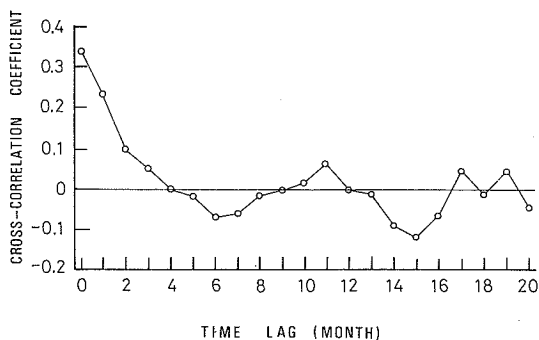


Fig. 8. Cross-correlation between monthly anomaly temperature at St. Wajima and St. Miyako. Air temperature deviation is excluded.

3-5 定地水温の周期性

各測点における周期性をみるため、トレンドを除去し

た後 MEM を用いてスペクトル解析を行った (予測誤差  
フィルター項数  $m=3\sqrt{N}=45$ : Fig. 9)。輪島、鯨ヶ沢

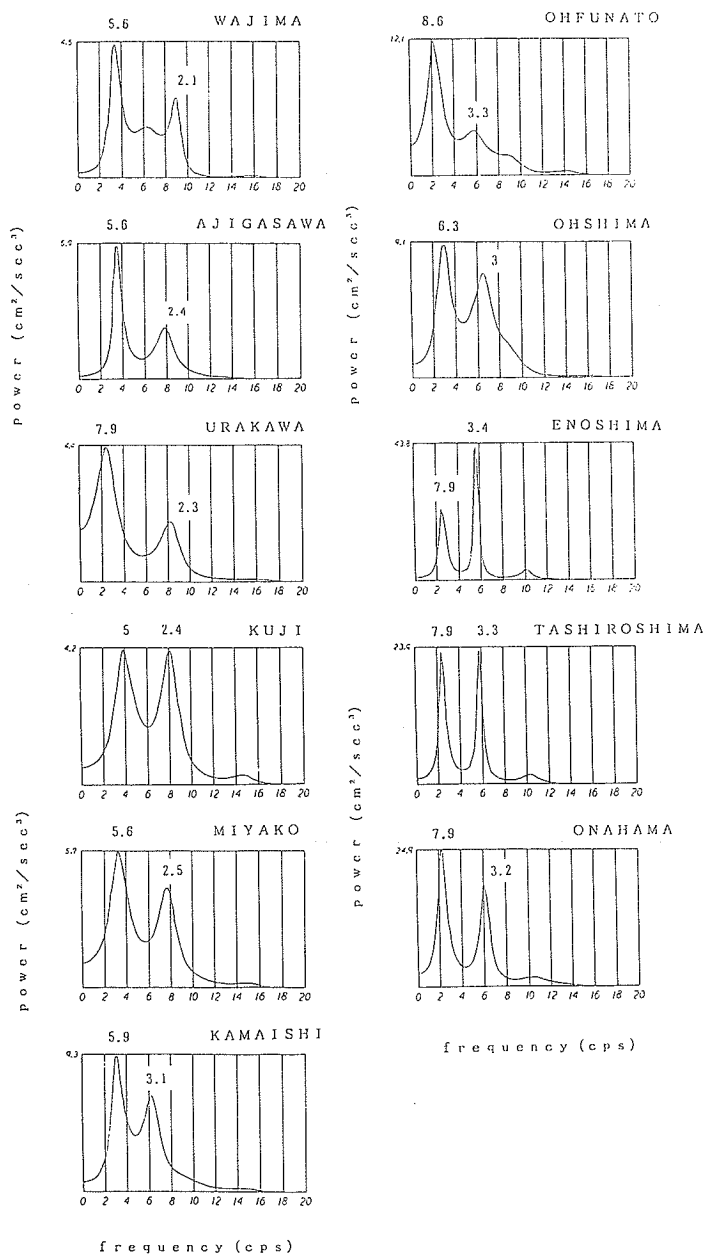


Fig. 9. Power spectra of 12-month running mean SST at each coastal station for the period from 1970 through 1989. Long-term trend is excluded.

では5.6年と2.1~2.4年が卓越していた。すなわち、対馬暖流の水温変動に5.6年と2.1~2.4年の周期が存在することを示唆するものであり、天野ほか(1985)が対馬暖流の0m水温に5.6年の周期を見出した結果と一致し、長沼(1978)の言う能登半島以北の5年ないし6年周期とはほぼ一致をみた。太平洋側では浦河、江の島、田代島、小名浜に7.9年周期、久慈、宮古、釜石に5~5.9年周期が認められた。しかし、大船渡、大島ではこれらの周期は存在せず、大船渡で8.6年、大島で6.3年周期が卓越しており、この点からも大船渡、大島の海況が年により大きく異なり、水温変動も大きいことから特異な周期をもつ結果となったと考えられる。一方、浦河、久慈、宮古で2.3~2.5年周期が、釜石以南では3.0~3.4年周期が認められ、津軽暖流の0m水温の2.6年周期(天野ほか, 1985)、横田(1983)が解析した小名浜定地水温の3年周期の結果と一致をみた。この3.0~3.4年周期はEl Niñoの平均的な発生間隔であり(SAIKI and NAGASAKA, 1986; 佐伯, 1987; 佐伯, 1988)、また黒潮大蛇行発生のスペクトルにも現れていることから(佐伯, 1987; 佐伯, 1988)、東北海区での定地水温の変動周期と亜熱帯循環系の海況変動周期との密接な関係を示唆するものと思われる。

一方で対馬暖流域の輪島、鯨ヶ沢に2.1~2.4年周期、津軽暖流域の久慈、宮古に2.3~2.5年周期がみられたこと、及び輪島、鯨ヶ沢の5.6年周期が宮古にも存在することが興味深く、対馬暖流と津軽暖流の水温変動周期の同時性を示すものと考えられる。今回の結果は20年間の資料を用いたもので、今後さらに多くの観測資料を蓄積していくことにより、長周期変動の実態が明らかになるであろう。

#### 4. ま と め

岩手県内をはじめとする日本海・東北海区を中心とした測点の定地水温変動傾向の特徴を考察した結果を要約すると下記ようになる。

- 1) 月平均水温の標準偏差は日本海側の輪島、鯨ヶ沢、太平洋側の久慈、宮古、釜石で類似し、対馬暖流・津軽暖流の影響は釜石まで及んでいることが示された。
- 2) 大船渡、大島の4月~9月の月平均水温の標準偏差は大きく、この時期の海況が年により大きく異なり、水温変動も大きい地域であることが示された。
- 3) 月平均水温の12ヶ月移動平均の1970~1989年までの長期変動から、沖合域と同様に地域間で逆位相の変動パターンが存在し、定地水温にも地域性・類似性がある

ことが認められた。

4) 太平洋側の測点では1970年~1989年の20年間では明らかに低温化の傾向がみられた。しかし、日本海側の輪島、鯨ヶ沢では低温化の傾向は認められなかった。

5) 各測点間の偏差時系列の相関では、久慈~江の島間の相関が高く、また浦河を除く10測点では隣接する測点間で高い相関を示した。

6) 日本海側から太平洋側への水温の伝播について検討するため、日本海側の輪島、鯨ヶ沢と太平洋側の久慈から大船渡までの測点における偏差時系列の相互相関を求めた結果、輪島と宮古の間ではTime Lag 0ヶ月と1ヶ月とがほぼ同様な値となったが、月、旬レベルでは有意なピークは認められなかった。

7) 輪島と宮古の定地水温から気象の影響を分離して、日本海側から太平洋側への水温伝播について検討した結果でも有意なピークは認められず、今後さらに詳細に解析する必要がある。

8) 各測点の定地水温をMEMによりスペクトル解析を行った結果、太平洋側では浦河、江の島、田代島、小名浜に7.9年周期、久慈、宮古、釜石に5~5.9年周期が認められた。しかし、大船渡は8.6年、大島は6.3年周期が卓越しており、この点からも大船渡、大島の海況が年により大きく異なり、水温変動も大きいことから特異な周期をもつ結果となったと考えられた。

9) 釜石以南で認められた3.0~3.4年周期はEl Niñoの平均的な発生間隔であり、また黒潮大蛇行発生スペクトルにも現れていることから、東北海域での定地水温の変動周期と亜熱帯循環系の海況変動周期との密接な関係が示された。

10) 対馬暖流域の輪島、鯨ヶ沢に2.1~2.4年周期、津軽暖流域の久慈、宮古に2.3~2.5年周期が認められ、また輪島、鯨ヶ沢の5.6年周期が宮古にも存在することから、対馬暖流と津軽暖流の水温変動周期の同時性が示された。

11) 以上の結果より11測点の各定地水温の地域性・類似性をまとめると

- グループA：輪島、鯨ヶ沢、久慈、宮古、釜石：対馬暖流、津軽暖流の影響を強く受ける地域
- グループB：浦河：親潮の影響を強く受ける地域
- グループC：大船渡、大島：海況が年により大きく異なり、水温変動も大きい地域
- グループD：江の島、田代島、小名浜：上記3グループと異なり、多分に黒潮の影響を受ける地域

と分類できた。



## 5. 謝 辞

終わりに臨み有益な助言・指導と校閲の労を賜った東北区水産研究所海洋環境部長友定 彰博士, 有益な論議・助言を与えられた東北区水産研究所海洋環境部安田一郎技官に厚く感謝の意を表します。また, お世話になった東北区水産研究所海洋環境部職員の方々には熱心な論議を賜り厚く御礼申し上げます。さらに友定 彰博士, 青森県水産試験場白取尚美技師には補足データを快く提供していただき深謝致します。

## 文 献

- 天野勝三・鈴木史紀・浦坪敏明・兜森良則 (1985) 青森県沖合の海況変動に関する研究, その1, 変動周期について. 青森県水産試験場, 51pp.
- 花輪公男・岩坂直人 (1987) 冬季三陸沿岸域への親潮系の水の接岸と水温予報の試み. 月刊海洋科学, 19 (1), 53-59.
- 秦 克巳 (1971) 日本海側の対馬暖流と太平洋側の津軽暖流との関連について. 第21回東北海区海洋調査技術連絡会議議事録, 10-11.
- 畑中正吉 (1952) 海況変動に関する漁業生物学的研究, 東北水研研究報告, 1, 88-119.
- 平野敏行・房州チエ子 (1957) 太平洋沿岸定地水温の持続性について-I. 東海区水研研究報告, 16, 23-38.
- 平野敏行 (1957) 太平洋沿岸定地水温の持続性について-II. 東海区水研研究報告, 17, 65-72.
- 伊東祐方・友定 彰 (1985) 異常海況と水産資源. 農業及び園芸, 60 (7), 889-896.
- 岩田静夫・細田昌宏・松山優治 (1980) 相模湾沿岸の流れの変動について-I. 神奈川県水試研究報告, 1, 61-72.
- 河野時廣・井上尚文 (1987) 北海道各地の沿岸定地水温の変動特性. 北海道区水研研究報告, 51, 61-73.
- 久保治良 (1985) 定地水温について. 茨城県水試研究報告, 25, 47-55.
- 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海域に及ぼす影響. 水産海洋研究会報, 37, 1-6.
- 水野恵介 (1984) 東北海区の海況変動について. 東北区水研研究報告, 46, 61-80.
- 長沼光亮 (1964) 日本海における1953~1962年間の平均水温とその標準偏差. 日本海区水研研究報告, 13, 63-109.
- 長沼光亮 (1978) 日本海本土沿岸の主要地点における水温変動の諸特性について. 日本海区水研報告, 29, 269-282.
- 永田 豊・桜井仁人・寺本俊彦・関野清成・伊達大喜 (1978) 三陸沿岸の表面水温の地域的特性. 沿岸海洋研究ノート, 16 (1), 43-49.
- 奥田邦明・武藤清一郎 (1986) 東北海区の異常冷水現象の特徴とその発生要因. 水産海洋研究会報, 50, 231-238.
- SAIKI, M. and NAGASAWA, K. (1986) Long-term variations of sea surface temperature in the North Pacific Ocean. The Oceanographical Magazine, 36, 51-55.
- 佐伯理郎 (1987) 北西太平洋の亜熱帯循環の経年変化. 海と空, 63 (3), 113-125.
- 佐伯理郎 (1988) 数10年のスケールの変動. 水産海洋研究会編, 21世紀の漁業と水産海洋研究, 水産海洋研究会25周年記念誌, 358-366.
- 友定 彰 (1971~1972) 渥美湾内外水温の変動-I~7. 漁場海況概報N0.53~58, N0.60, 東海区水研.
- 上原 進・藤本 実・宮田和夫 (1978) 本州太平洋岸における海洋環境の長期変動について. 水産海洋研究会報, 33, 98-102.
- 横田 広 (1983) 塩屋埼定線平均水温の経年変動-I主として冬春期低水温の周期性について-I. 大槌センター報告, 9, 84-88.