

## 宮城県沿岸海域のパターン化と季節変動特性

永木 利幸\*

### Seasonal Dynamics and Spatial Pattern of the Temperature at 100 Meter in Depth and Sea-surface Temperature, Off-shore Area, Miyagi Prefecture

Toshiyuki NAGAKI \*

日本を代表する寒流である親潮（千島海流）と、同じく代表的な暖流である黒潮（日本海流）の影響をともに受ける宮城県沿岸海域は、複雑な海況変動を示すとともに世界有数の漁場となっている。本県沿岸海域では、マグロ・カツオ・イワシ・サバ・サンマ等の浮魚類やヒラメ・カレイ等の底魚類等を漁獲する漁船漁業、カキ・ノリ・ワカメ・ホヤ・ギンザケ等を対象とする養殖業がともに盛んで、全国でも北海道に次ぐ漁業生産量を誇る。

水産業は生物を対象とした産業であるため、自然環境の変動に大きな影響を受ける。このことを古くから認識していた先人達により、江島では古くは明治時代からの水温観測記録がある。当センターではこれを受け、現在では歌津町名足漁港、女川町江島漁港および石巻市田代島仁斗田漁港の3ヶ所において、海表面の水温・塩分の自動観測を行なうとともに、調査船による海洋観測を県沿岸海域で毎月行なっている。

水温の変動には、周期が1日以下のごく短いものから数年・数十年にわたる長いものまで様々なものが知られており、これらが重なり合って一連の海況変動として現れていると見ることができる。海況変動に関する研究には、定地海洋観測結果を用いた水温変動の研究<sup>(9)</sup> 桜井・永田・関野・伊達 1973,<sup>(12)</sup> 永田・桜井・寺本・関野・伊達 1978,<sup>(10)</sup> 高杉 1991), 親潮第1分枝の経年変動に関する研究<sup>(3)</sup> 小川・平井・安田 1987,<sup>(4)</sup> 小川 1989) がある。また、東北海区の海況変動に関する研究<sup>(8)</sup> 水野 1984) では、東北海区全域における季節変動・経年変動を解析し、海況予測への可能性を示している。しかし、宮城県沿岸海域に焦点を当てた解析はあまり行なわれていない。

今回は、江島および田代島の定地海洋観測データと、当センターの調査船（2001年1月現在は拓洋丸）によっ

て収集・蓄積されてきた県沿岸海域のデータのうち、特に100m深水温データを用いた。海表面の水温データは日照、風雨等の気象の影響を強く受け、短期間に大きく変動することから、月1回の観測データを用いた解析に耐えうると考えられる100m深水温データを用いた。そして、魚種により漁獲される海域が異なることを念頭において本県沿岸海域を空間的に分類するとともに、最も認識しやすい変動周期の1つである年1回周期(季節変動)の特性を理解することを目的とした。

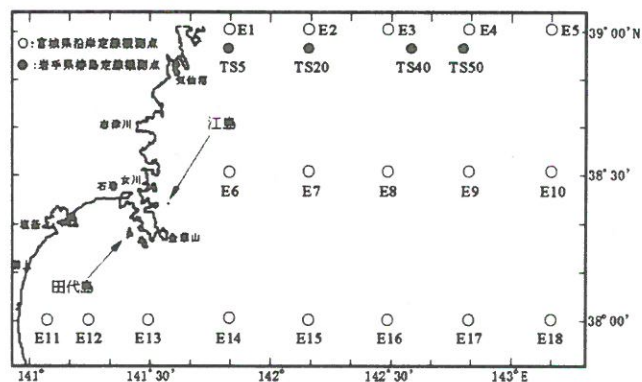
なお本研究は、複雑に変動する三陸海域の海況変動を明らかにするために、東北区水産研究所混合域海洋環境部を中心に青森県、岩手県、福島県、茨城県が相互にデータを交換し、各機関の担当者が統一した認識を持つことを目的として取り組まれた共同研究<sup>(2)</sup> 伊藤等 1999) の一部である。

### 資料と方法

調査点を図1に示した。解析には、1966年1月～1999年12月(34年間)の江島、田代島での定地水温データと、同期間の沿岸定線調査データを用いた(表1)。なお、江島、田代島のデータは、1966年1月～1994年3月は棒状水温計による表層の水温データ、1994年4月～1999年1月はCTD (Sea-Bird Electronics 製 SBE16) による約1m深の水温データである。また、沿岸定線調査データは、1966年1月～1993年2月は転倒温度計によるデータ、1993年3月～1999年12月はCTD (SBE 製 SBE9Plus) によるデータである。

当センターでは現在、北緯39°、北緯38°30′および北緯38°の東西線上で、沿岸から東経143°10′までの海洋観測を行なっているが、北緯39°の各調査点では1991年から観

\*水産研究開発センター



宮城県沿岸定線観測点緯度・経度

定点	緯度	経度
E1	39° 00' 0"	141° 50' 0"
E2	39° 00' 0"	142° 10' 0"
E3	39° 00' 0"	142° 30' 0"
E4	39° 00' 0"	142° 50' 0"
E5	39° 00' 0"	143° 10' 0"
E6	38° 30' 0"	141° 50' 0"
E7	38° 30' 0"	142° 10' 0"
E8	38° 30' 0"	142° 30' 0"
E9	38° 30' 0"	142° 50' 0"
E10	38° 30' 0"	143° 10' 0"
E11	38° 00' 0"	141° 05' 0"
E12	38° 00' 0"	141° 15' 0"
E13	38° 00' 0"	141° 30' 0"
E14	38° 00' 0"	141° 50' 0"
E15	38° 00' 0"	142° 10' 0"
E16	38° 00' 0"	142° 30' 0"
E17	38° 00' 0"	142° 50' 0"
E18	38° 00' 0"	143° 10' 0"

岩手県樺島定線観測点緯度・経度

定点	緯度	経度
TS5	38° 56' 0"	141° 50' 0"
TS20	38° 56' 0"	142° 10' 0"
TS40	38° 56' 0"	142° 35' 0"
TS50	38° 56' 0"	142° 48' 0"

定地観測点緯度・経度

定点	緯度	経度
江島	38° 23' 9"	141° 35' 8"
田代島	38° 17' 5"	141° 25' 8"

表1 水温解析期間

	開始	終了
E1	*1966年1月	1999年12月
E2	*1966年1月	1999年12月
E3	*1966年1月	1999年12月
E4	*1966年1月	1999年12月
E5	1991年1月	1999年12月
E6	1966年1月	1999年12月
E7	1966年1月	1999年12月
E8	1966年1月	1999年12月
E9	1966年1月	1999年12月
E10	1966年1月	1999年12月
E13	1966年1月	1999年12月
E14	1966年1月	1999年12月
E15	1966年1月	1999年12月
E16	1966年1月	1999年12月
E17	1966年1月	1999年12月
E18	1966年1月	1999年12月
江島	1966年1月	1999年12月
田代島	1966年1月	1999年12月

\*1966年1月～1991年10月の間は、岩手県樺島定線調査結果を使用した。またE11およびE12は、水深が100mより浅く、今回の解析対象外とした。

図1 沿岸定線観測点および定地水温観測点

宮城県では39°Nラインの定線調査を平成3年10月から開始したが、他の観測点に比べて調査期間が短いために、経年変動の解析をする際に岩手県の樺島定線調査結果を用いた。その際、TS5はE1、TS20はE2、TS40はE3、またTS50はE4と同地点として扱った。

測を開始したため、1966年1月～1991年10月については岩手県の樺島定線（北緯38°56'）のデータを用いた。水温データは調査点毎・月毎に平均して34年間の月平均値

を平年値とした（表2）。平均値の算出は、欠測の多少にかかわらず単純平均した。<sup>7)</sup>児玉(1997)は、1948～1973年の昭和中期暖水年、1974～1987年の昭和後期冷水年、1988年からの暖水期という長期変動が存在すると述べている。今回平年値を算出した1966年1月～1999年12月は、<sup>7)</sup>児玉(1997)による暖水年～冷水年～暖水年という大きな変動を含んでいる。

表2 1966年1月～1999年12月（34年間）の水温平均値（平年値）

TS5～TS50については、1966年1月～1991年10月までの岩手県樺島定線結果を使用した。E5のみ、1991年10月～1999年12月データを用いた。

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E13	E14	E15	E16	E17	E18	江島	田代島
1月	10.7	10.7	9.9	9.8	10.5	11.0	10.0	10.3	10.6	10.7	10.9	11.1	10.7	10.4	10.6	11.1	9.9	8.5
2月	8.4	8.1	7.2	7.5	8.3	8.7	8.0	8.0	8.7	8.8	9.1	8.9	8.5	8.5	9.1	9.7	8.0	7.2
3月	6.8	6.6	6.0	6.2	6.5	7.3	6.9	6.7	7.5	7.7	7.7	7.3	7.2	6.9	7.6	8.3	7.4	7.3
4月	6.2	5.8	6.1	6.1	5.5	6.5	6.6	6.4	6.6	6.9	7.2	6.6	6.6	7.5	7.9	8.7	8.5	9.4
5月	7.1	7.0	6.4	6.5	5.0	7.3	7.2	6.9	7.2	7.8	7.2	7.5	7.3	7.5	8.4	8.9	10.7	12.9
6月	9.3	8.7	7.4	7.6	6.5	8.7	7.5	7.5	8.2	9.2	8.1	8.4	8.4	7.5	8.5	9.8	14.3	17.0
7月	11.1	10.2	7.3	7.9	7.3	10.2	8.2	7.9	9.3	10.0	9.9	9.5	9.6	8.5	10.3	11.2	17.6	20.5
8月	12.9	12.0	8.9	9.3	7.8	11.6	9.2	9.7	10.3	10.7	11.8	10.7	10.0	10.0	11.0	11.8	21.0	23.2
9月	14.1	12.7	8.1	8.2	7.6	12.6	9.8	9.5	9.7	10.5	13.1	11.0	10.2	10.6	11.7	12.3	20.9	22.1
10月	14.9	14.3	9.5	9.3	9.2	13.7	11.5	10.4	10.4	10.6	14.5	12.6	11.3	11.3	11.9	12.3	18.4	18.9
11月	15.1	14.5	11.6	11.5	9.7	14.3	12.2	11.0	11.1	11.3	15.5	13.5	12.2	12.1	12.3	12.4	15.4	15.3
12月	13.5	13.2	11.7	11.5	11.2	13.4	12.5	11.9	12.3	12.2	13.7	13.3	12.9	12.6	12.7	12.7	12.4	11.4

宮城県沿岸海域を空間的に分類するため、算出した定地海洋観測データおよび沿岸定線調査100m深水温データの平年値を同時に用い、クラスター分析を行なった。クラスター分析は、一般的に用いられる標準化ユークリッド平方距離を判別基準とした完全連結法（最長距離法）で行なった。最短距離法によるクラスター分析を行なったところ、定地海洋観測点が明確に分けられ、沿岸海域および南部沖合海域についても同様に分類されたのに対し、その他の中部海域では若干異なる結果となった。今回は、経験的に理解しやすい結果となった完全連結法による解析結果を採用した。デンドログラムから、宮城県沿岸海域を空間的に分類した。

同様に算出した平年値を用い、主成分分析を行なった。クラスター分析により定地海洋観測点と沿岸定線調査点が明確に分類されたため、主成分分析は沖合の海況変動に着目して沿岸定線調査100m深水温データの平年値のみを用いて行なった。主成分分析は、変動の大きさを反映させるため、標準化したデータを用いず、共分散行列を用いた解析とした。

## 結 果

### 1. クラスター分析結果（図2）

クラスター分析による海域の分類結果を図2に示した。デンドログラムから、まず沿岸の江島および田代島の定地海洋観測点が、他の100m深水温観測点から分離された。100m深水温観測点は、沿岸海域の4点（E1, E2, E6, E13）、北部沖合海域の4点（E3, E4, E5, E8）、南部沖合海域の2点（E17, E18）、中南部沖合海域の6点（E7, E9, E10, E14, E15, E16）の4つに分類された。

### 2. 主成分分析結果（図3）

主成分分析を行ない、3つの成分を抽出した。第1主成分は寄与率72.6%で、全観測点で同位相の変動を示した。沿岸域で振幅が大きく、反対に沖合域で振幅が小さかった。スコアの時系列を見ると、4月に最小値を、11月に最大値をもつ年1回周期の変動を示した。

第2主成分は寄与率2.5%で、沿岸の4点とその他の点とで位相が異なり、シーソー変動した。特に沿岸北部と沖合北部で振幅が大きかった。スコアの時系列を見ると、9月に最小値を、12月に最大値をもつ年1回周期を示した。ただし、減少傾向であるスコアが、8月には一度増加に転じる傾向があった。

第3主成分は寄与率が0.7%と非常に小さかった。沿岸南部の4点とその他の点で位相が異なり、シーソー変動した。特に沿岸南部と沖合中部で振幅が大きかった。スコアの時系列を見ると、1月と7月に極大値を、4月と11月に極小値をもつ年2回周期であった。

### 3. クラスター分析で分類された海域毎の経月変化（図4）

表面水温を用いた定地海洋観測点と100m深水温を用いた他の調査点とでは最低水温期・最高水温期ともに数ヶ月ずれた。表面水温は、日照、風雨、その他の気象の影響等を強く受けた変動パターンであると言える。太平洋に面する江島と仙台湾内である田代島の水温変動に注目すると、3月～11月は田代島で水温が高く、その差は6、7月に約3℃までになった。11月から翌年の3月までは、反対に江島で水温が1℃程度高くなった。変動パターンを見ると、田代島が江島よりも約1ヶ月早く変動していることが認められ、振幅は外海に面した江島で小さく仙台湾内の田代島で大きかった。

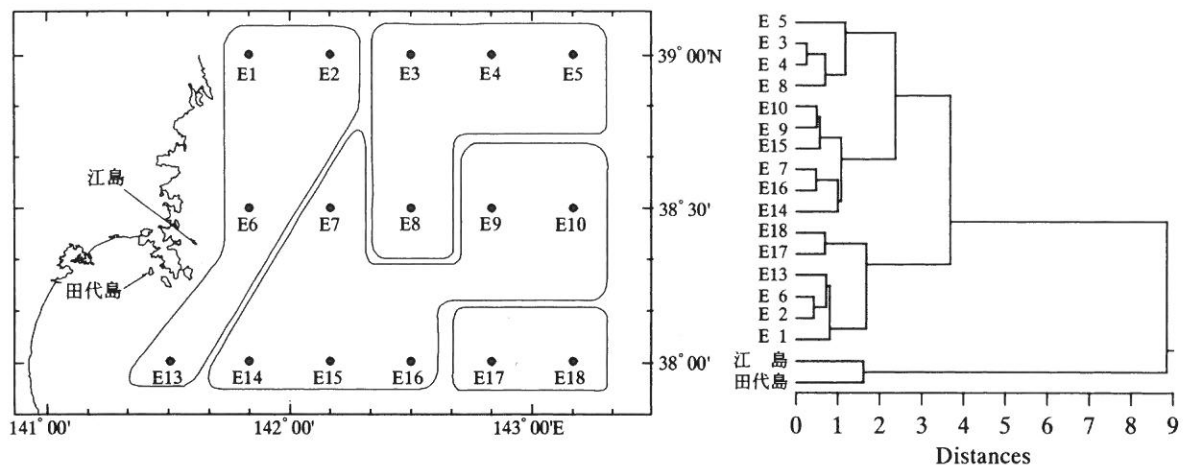
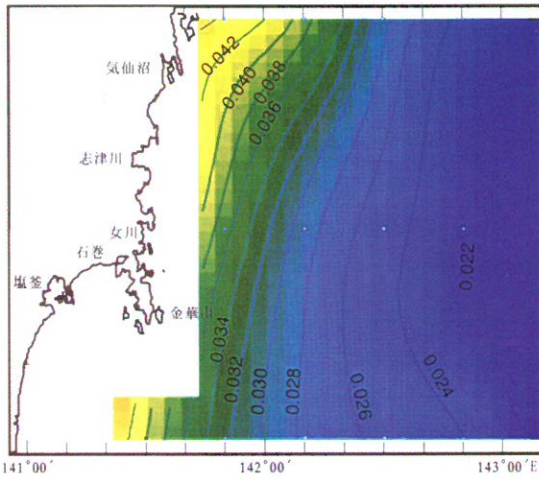
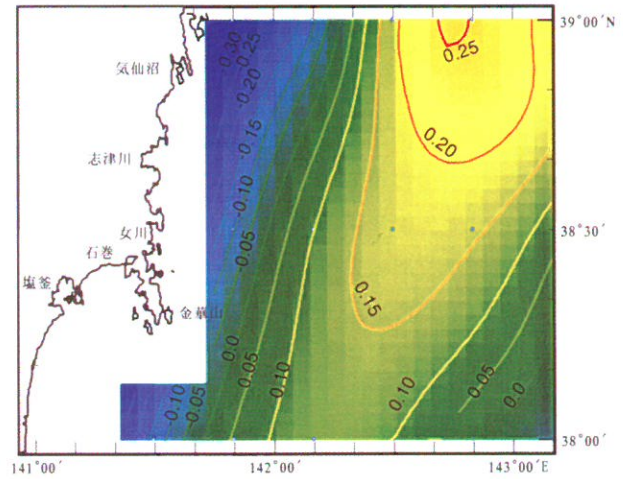


図2 水温平均値を用いたクラスター分析による海域の分類

a) 第1主成分 (寄与率72.6%)



b) 第2主成分 (寄与率2.5%)



c) 第3主成分 (寄与率0.7%)

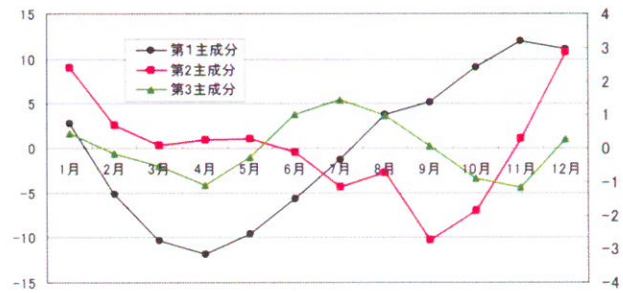
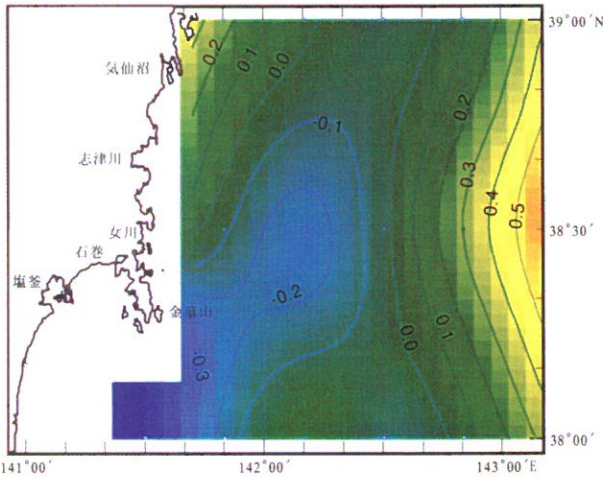


図3 第1～3主成分のスコアの水平分布図と時系列  
時系列図のY軸左は第1主成分のスコアを、Y軸右は第2および第3主成分のスコアを示す。

100m深水温データを用いた他の調査点の水温変動パターンは、1～3月頃までの間はほぼ同様に降温していき、その降温の速さ・水温の値ともに同程度であるが、水温上昇期である5月頃～12月には昇温の速さ・水温の値ともに大きく隔っていた。傾向としては、沿岸海域の調査点では昇温期の水温の立ち上がりが速く、かつ最高水温も高くなった。これに対して沖合寄りの調査点では、昇温期の水温の立ち上がりが明らかに遅かった。また、昇温期でも水温は単純に上昇するのではなく、中には9月頃に降温する調査点もあった。

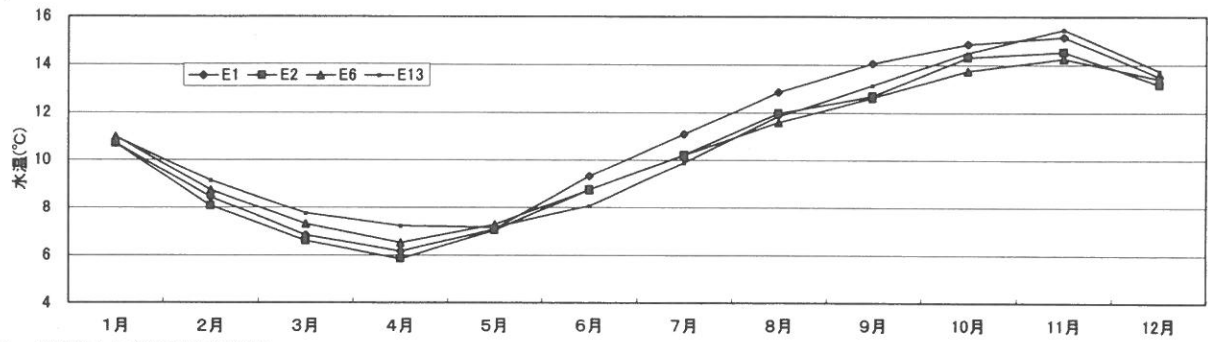
考 察

クラスター分析で沿岸海域として分類されたE1, E2, E6およびE13では、水温の最も高くなる時期が他の調査点と異なり、1ヶ月早い11月となっていた。これらの調査点は第1主成分の振幅が大きく、かつ第2主成

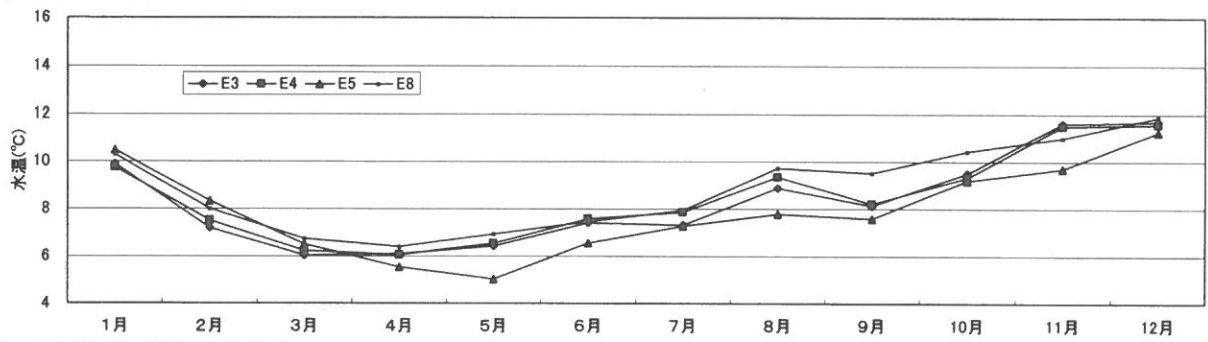
分の振幅も大きい地点であった。このことは、図3に見るような11月に最大値をもち12月に下がる第1主成分のスコア時系列の変動パターンに加え、12月には第2主成分の影響も強く受けてさらに水温が下げられ、「11月に水温が最高となり12月に水温が大きく下がる」という変動特性を生む、ということを表している。

クラスター分析で北部沖合海域に分類されたE3, E4, E5およびE8は、第2主成分の振幅の影響を強く受ける場所であった。このため、他の調査点と異なり、8月に上昇した水温が9月に一度下がるという特異な変動を示したと説明できる。気象庁海洋課で発表している1963年～1990年の100m深水温平年図を見ると(図5), 8～10月頃にこの海域にのみ10℃以下の水が細い舌状に分布することがわかる。9月に一度降温するという他の海域とは異なる現象は、この海域に遅い時期まで冷水が取り残される傾向があることに起因していると考えられ

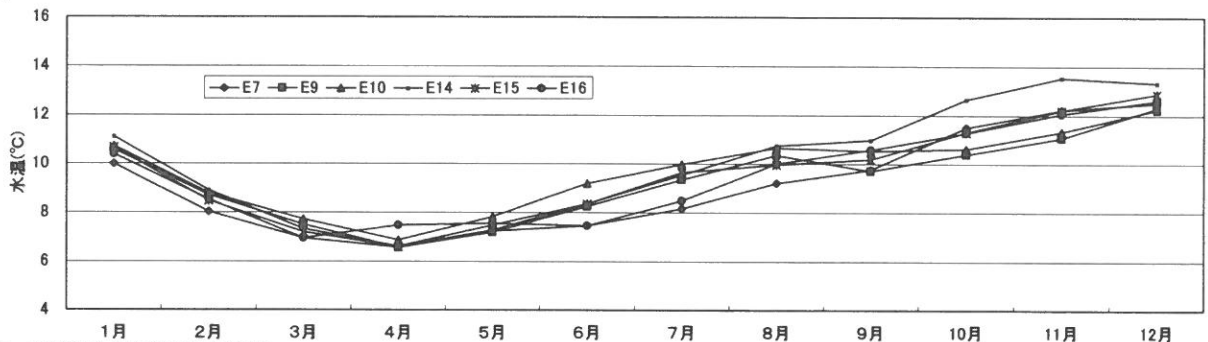
a) 沿岸海域に分類された海域



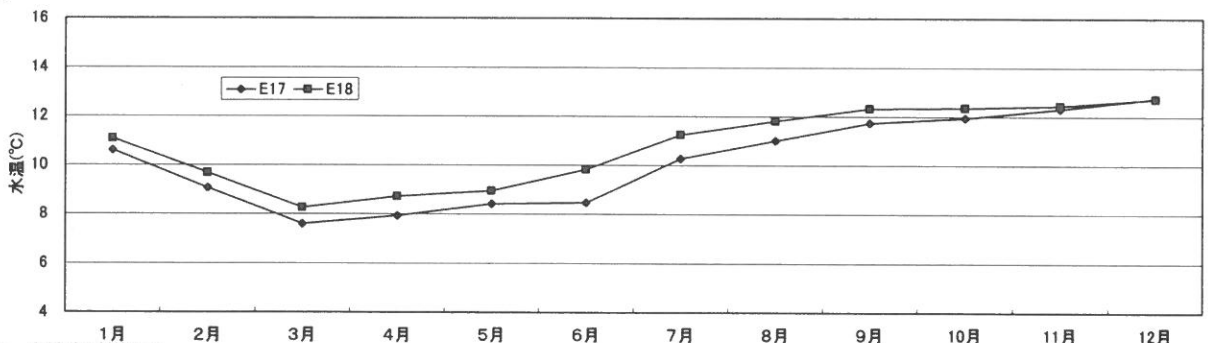
b) 北部沖合に分類された海域



c) 中南部沖合に分類された海域



d) 南部沖合に分類された海域



e) 定地海洋観測点

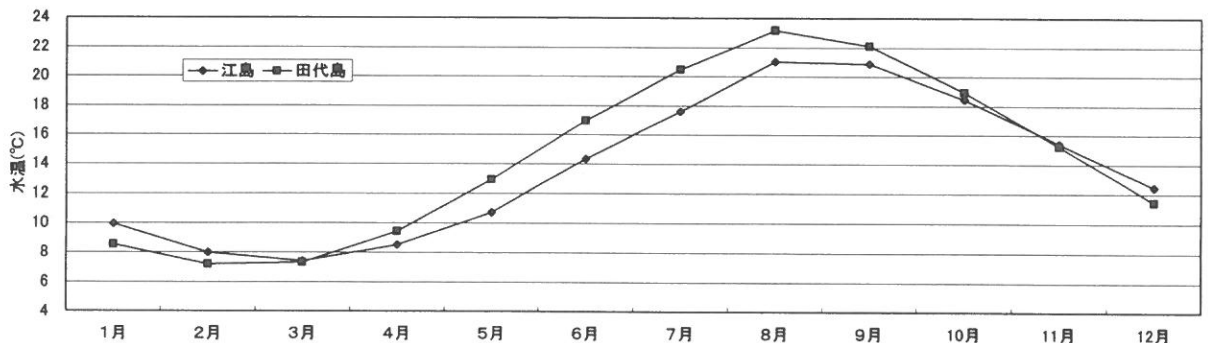


図4 クラスター分析によって分類された4海域と定地海洋観測点の平年水温経月変化

る。なお、デンドログラムではE5が他の3点とはやや離れた位置となったが、E5の調査年数(8年間)が他調査点(34年間)に比べて短かったことが主な原因であると考えられる。

クラスター分析で中南部沖合海域に分類されたE7、E9、E10、E14、E15およびE16は、第1主成分の影響がやや小さく、第2主成分の影響をあまり受けない海域と解釈できる。また、南部沖合海域に分類されたE17およびE18は、第1主成分、第2主成分ともに影響が小さい海域と解釈できる。E17およびE18は、最低水温期の水温が8℃前後と比較的高く、最高水温期の水温も12℃強程度で、他の調査点に比べて年間の水温変動幅が非常に小さいといえることができる。

第1主成分は宮城県沿岸海域の全体変動成分で、4月に最小値を、11月に最大値をとった。つまり、全海域で水温を上昇・下降させる成分で、4月に水温を下降させることに関与し、11月に水温を上昇させることに関与した。また、その影響は特に岸寄りで大きかった。国内の様々な調査研究機関が1960~1997年に蓄積してきた観測データを基にすると、親潮第1分枝先端緯度は3~4月に最も南偏し11~12月に最も北偏する(図6)。第1主成分の年間変動の極値は親潮第1分枝の南偏・北偏時期に合致することから、第1主成分が主に親潮第1分枝の動態の影響を受けていることが考えられる。親潮第1分枝先端緯度については、年によるばらつきが多いことから、その季節変動の意義について議論されているが<sup>(3)</sup>小川・平井・安田1987、<sup>(4)</sup>小川1989)、本解析結果からは本県沿岸海域の季節変動要因として親潮第1分枝の動向が大きな影響を持つことが示唆される。また、<sup>(5)</sup>石田・小川(1989)は三陸沿岸の水温場の経年変動(1961~1987年)と親潮第1分枝の経年変動との間の相関について述べているが、本県沿岸の100m深水温は、季節変動についても同様に親潮第1分枝の影響を強く受けていると考えられる。そして沿岸海域、特に北部で強く影響を受ける。しかし、親潮第1分枝に関与すると考えられる第1主成分の寄与率は72.6%、第2主成分は2.5%、第3主成分は0.7%で、合計しても76%に不足する。本県沿岸海域の季節変動には親潮第1分枝のみならず様々な要因が関わるといえる。<sup>(6)</sup>水野(1984)は、「親潮第1分枝の季節変動は認められるものの弱いため、予報を季節変動のみで行なうのは危険である」と述べている。第2主成分、第3主成分は寄与率が小さく、解釈を行なうことは難しい。しかし、「8月に上昇した水温が9月に一度下がる」という季節変動パターンを示す調査点には、第2主成分が関

わっていた。また、第3主成分のスコア時系列には年2回の周期性が見られた。1954~1997年の近海黒潮の平均北限緯度には、3月と8月に南下し、6~7月と11月に北上するという年2回周期の傾向が若干見られるが、第3主成分との関係については明らかではない。

今回は、過去34年間のデータを平均することにより、平年的な季節変動に主眼を置いた解析を行なった。平年的な状況下では、宮城県沿岸海域を4つの海域に分類することができた。また、主成分分析により、各分類海域の変動特性を3つの成分に分解して解釈することができた。中でも第1主成分の寄与率は72.6%で、親潮第1分枝がこの成分に影響することが示唆された。しかし、本解析に用いた平年値は、<sup>(7)</sup>児玉(1997)により区分された暖水期・冷水期を双方含むものだが、暖水期と冷水期とに分けて同様の解析を行なうと、それぞれの時期に影響する要因が鮮明に見えるかもしれない。

はじめに述べた通り、水温の変動周期には1年のものだけでなく、もっと短いものから長いものまで様々である。効率的かつ計画的な漁業経営のためには、しっかりした漁況・海況の現状把握とともに、より精度の高い中・長期的な漁況・海況予測が重要な鍵となってくる。今後は、本解析により分類された海域毎の年周期の季節変動を踏まえた上で、数ヶ月~数年程度の周期の海況変動を押さえる必要がある。

## 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、水産庁東北区水産研究所混合域海洋環境部海洋動態研究室主任研究官の伊藤進一氏には、解析方法をはじめ内容全般について多くのご意見、ご指摘をいただいた。また、解析における宮城県沿岸定線調査データの不足分について、岩手県水産技術センター漁業資源部専門研究員の野澤清志氏には、1991年10月以前の岩手県椿島定線調査データの利用を快く承諾いただいた。両氏に対し、ここに心より感謝申し上げます。また本稿をまとめるにあたり、適切な助言をいただいた当センター海洋資源部長の五十嵐輝夫氏に心より感謝申し上げます。

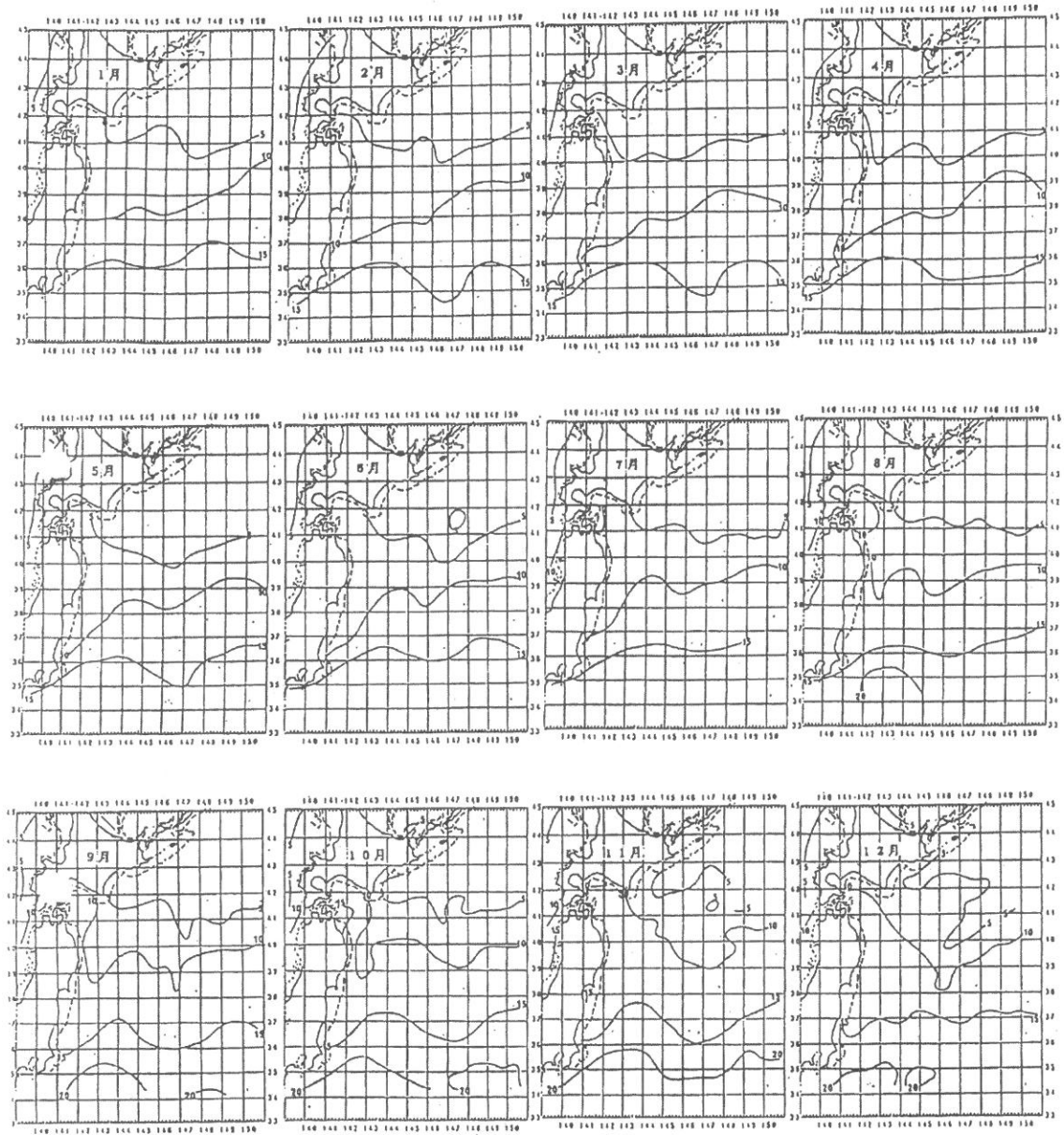


図5 100m深水温平年値 (気象庁海洋課資料1963~1990年, 単位: °C)  
 (平成12年度第1回太平洋イワシ・アジ・サバ等長期漁海況予報会議資料より抜粋)

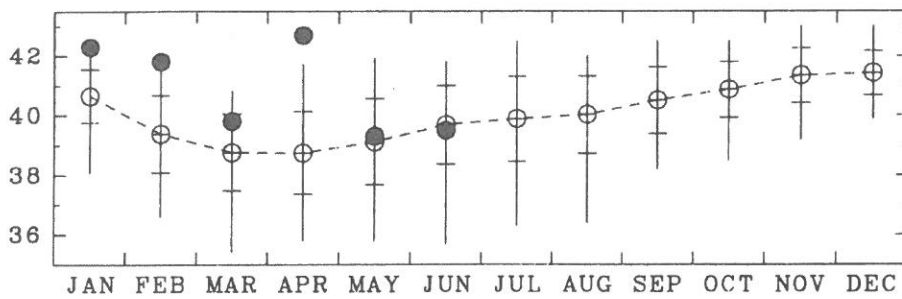
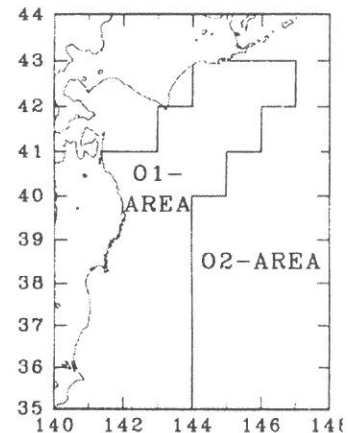


図6 親潮第1分枝先端緯度の月変動  
 ○は各月の1960~1997年の累計平均緯度を, ●は平成12年の先端緯度を示す。  
 (平成12年度第1回太平洋イワシ・アジ・サバ等長期漁海況予報会議資料より抜粋)



## 参考文献

- 1) 石田知子, 小川嘉彦 (1989) 三陸沿岸の水温場に対する親潮の影響の評価. 東北水研研報 51, pp.183-190
- 2) 伊藤進一, 横内克巳, 佐藤晋一, 高杉 知, 永木利幸, 吉田哲也, 武士和良 (1999) 東北海区沿岸定線100m深水温及び定地水温の季節変動特性. 第7回オキアミ資源研究会議・平成10年度第1回漁海況分析検討会議報告, pp.164-179
- 3) 小川嘉彦, 平井光行, 安田一郎 (1987) 親潮第一貫入の変動とその水産生物への影響. 東北水研研報 49, pp.1-15
- 4) 小川嘉彦 (1989) 親潮第一貫入南限緯度の変動. 東北水研研報 51, pp. 1 - 9
- 5) 工藤英郎 (1971) 仙台湾に流入する沖合水について. Interim Report of the Studies on the Sendai Bay for J.IBP. PM. No. 4, pp.9-26
- 6) 工藤英郎 (1972) 仙台湾に流入する沖合水について II. Interim Report of the Studies on the Sendai Bay for J.IBP. PM. No.5, pp.11-23
- 7) 児玉純一 (1997) 宮城県における主要魚種の漁獲量と気象・海況の長期変動. 水産海洋研究 61, pp.68-70
- 8) 水野恵介 (1984) 東北海区の海況変動について. 東北水研研報 46, pp.61-80
- 9) 桜井仁人, 永田 豊, 関野清成, 伊達大喜 (1973) 宮城県女川湾小乗浜および宮城江の島における水温の変動について. 沿岸海洋研究ノート, 11(1), pp.53-60
- 10) 高杉知 (1991) 本州北部沿岸定地水温の変動特性. 水産海洋研究 55, pp.329-337
- 11) 永木利幸 (1999) 宮城県沿岸定線100m深水温及び定地水温の季節変動特性. 第7回オキアミ資源研究会議・平成10年度第1回漁海況分析検討会議報告, pp.150-152
- 12) 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—5月, 12月平均水温について—. 沿岸海洋研究ノート, 16(1), pp.43-48
- 13) 平成12年度第1回太平洋イワシ・アジ・サバ等長期漁海況予報会議資料 (平成12年7月12~13日, 高知県)