

東北地方太平洋岸の海面水温と気温の年々変動

野口 泰生*

要旨

親潮の異常南下が注目される東北地方太平洋岸で海面水温変動の特徴を緯度経度1度のグリッド水温(1950~)で検討した結果、常磐沖を含む中緯度帯に一年を通して水温が長年低下傾向にある海域が広範囲に確認され、夏の常磐沖水温変動には明瞭な6年周期が見られた。

東北地方太平洋岸の気温も1950年頃から1980年代後半まで一年を通して低温化傾向にあったが、夏の低温化は東北地方太平洋岸の局地的現象で、この中にやはり6年の周期性が認められた。また、沿岸から内陸に向かって気温に海の影響が認められた。

常磐沖の長期的な水温低下は、宮城県江ノ島の長期海面水温データや北太平洋指数(Trenberth, 1990)、冬の北太平洋SST指数(Deser and Blackmon, 1995)から判断して、高緯度大気変動に伴う長期変動の一部である可能性が高く、同海域では40~50年の長周期的変動と6年の短周期的変動がオーバーラップしていると推測された。

1. はじめに

東北地方太平洋岸やその東方海域では、近年海況の変動が各方面で注目されている。この変動は親潮や亜寒帯海洋循環の異常南下や面積の拡大(Yamada and Sekine, 1997; 吉田, 1994)を特徴とし、その原因として、冬の季節風・シベリア高気圧の強化やアリューシャン低気圧の位置の移動(南偏)に起因する海面の潜熱フラックスや海面応力の変化が指摘された(Sekine, 1988; 山崎他, 1989; 力石・佐々木, 1991; 関根・鈴木, 1991)。また最近では、北太平洋の海面水温変動が主にENSO起源のPNA大気大循環パターンによって励起されている点(花輪, 1990)や、アリューシャン低気圧の南偏にPNA大気大循環パターンが関係していることが指摘されている(Yamada and Sekine, 1997)。

このような近年の大気と海洋の変動は北日本の気候要素の変動としても注目され、岩尾(1994)は春と秋の親潮勢力と北日本太平洋岸の気温低下との対応を議

論した。また、吉永ほか(1998)は関東・東北地方南部太平洋岸の5, 6月の気温が親潮異常南下の影響を直接受けている可能性を相関解析で示した。これに対し、藤部(1995)は、北日本における冷夏の特徴を地上気温・上層気温・海面気圧・日照時間・沿岸水温による多変量解析から求め、冷夏の性格は年や月によって異なり、単純でないと結論している。

そこで本稿では、①東北地方太平洋沿岸の海域で指摘される海面水温変動の特徴や面的な広がりや緯度経度1度のグリッド水温の累年値で捉え直し、②この海面水温変動と東北地方太平洋岸の気温変動との関係を再考する。また、③これらの水温や気温の短・長周期的変動がより広域の海面水温・気温変動とどのような関係にあるのかという点についても議論する。

2. 資料と方法

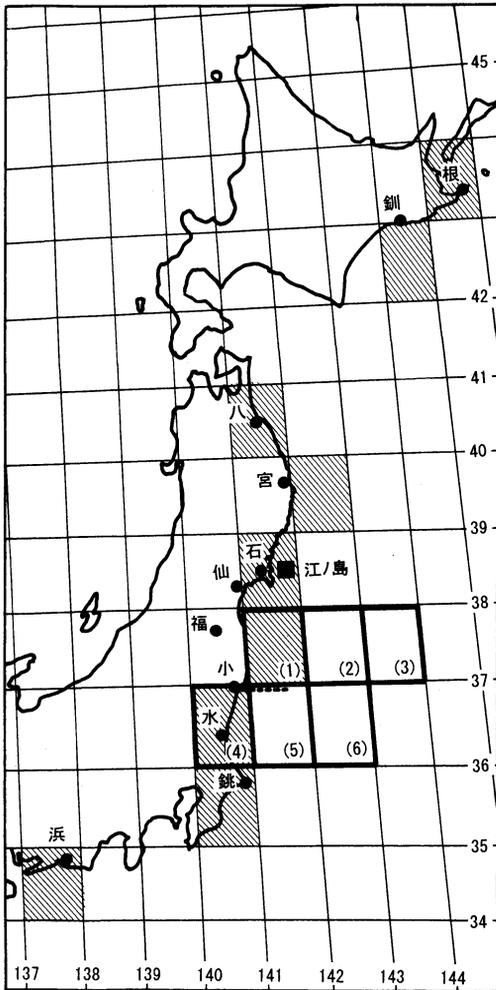
使用した資料は、気象官署の月別累年値と北西太平洋旬別海面水温(気象業務支援センター)、福島県沖水温資料(福島県水産試験場)および宮城県江ノ島水温資料(宮城県水産研究開発センター)である。

北西太平洋旬別海面水温資料は緯度経度1度グリッド(0~北緯60度, 東経100~180度)平均の海面水温

* 国士館大学文学部地理学教室。

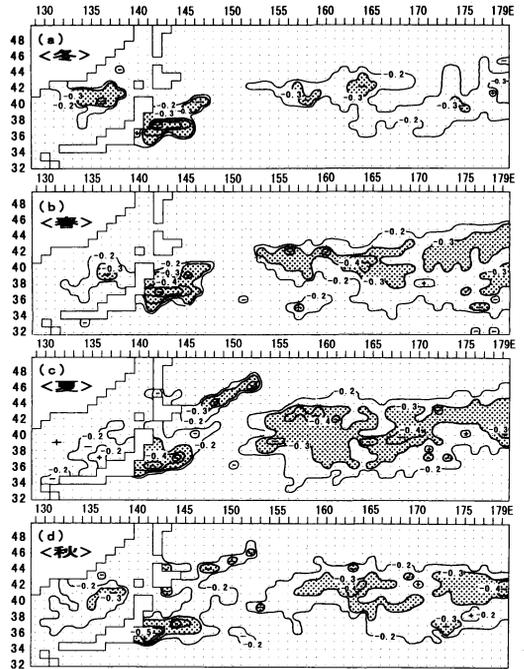
—1999年2月1日受領—

—2001年7月16日受理—



第1図 本稿で言及する海面水温グリッド，気象官署，および水温観測地点。
 注：気象官署は最初の文字で示す。江ノ島は宮城県水産研究開発センターの水温観測地点，小名浜の点線は宮城県水産試験場の塩屋埼定線（北緯36度59.5分，東経141度～141度37分）。

(1950～1997)で，詳細は気象庁海洋気象部海洋課(1990)に述べられている。北太平洋全域のEOF(経験的直交関数)解析のように大規模変動を把握するためには，メソスケールの変動はノイズとして扱われ(Iwasaka *et al.*, 1987)，5度ないし10度のグリッドが一般に用いられるが，ここでは東北地方太平洋岸の水温変動に見られる総観規模変動の把握を目的とするため，緯度経度1度グリッドを採用した。各グリッドの位置はグリッド中心の緯度経度で示す。第1図に本稿



第2図 北西太平洋中緯度の各グリッドにおける海面水温の季節別年変化率(1950～93年)
 注：-0.2°C/10年より低下率の大きい海域を0.1°C間隔で示す。陰影箇所は<-0.3°C/10年の海域。

で言及するグリッドや観測地点を示す。

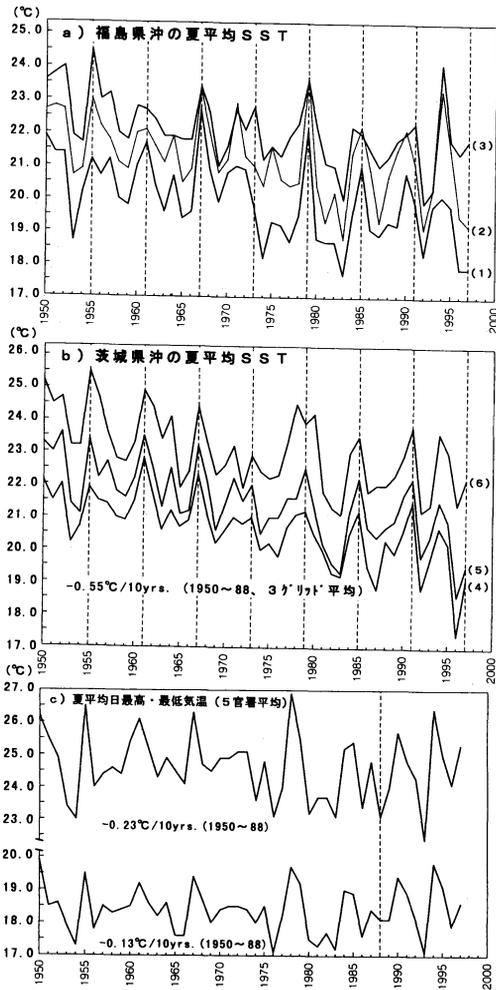
福島県水産試験場では海岸から沖合に伸びる3本の測線で月1回海洋観測を行っている。ここでは茨城県境の塩屋埼測線(北緯37度に沿う沖合の東経142度まで)の水温資料(1962～1997)を使用し，観測点の深さごとに夏平均水温を求めた。

また，宮城県江ノ島には，1910年以來の海面水温資料が存在するが，近藤・山崎(1985)は，この資料のうち欠測期間(1944年から約6年分)を推定・補足して，1984年までの月別資料を紹介した。ここでは，これに最近の資料(～1998)を加えたものを使用する。

なお，本稿で用いた気温や水温の季節別平均値はすべて3か月平均で，冬は前年の12月と該当年の1，2月である。

3. 東北地方太平洋岸の海面水温変動

北太平洋では1950年代から1980年代後半にかけて水温や海上気温に低下傾向が見られたが(気象庁，1993，1994)，いま，水温低下が一段落するまでの期間として

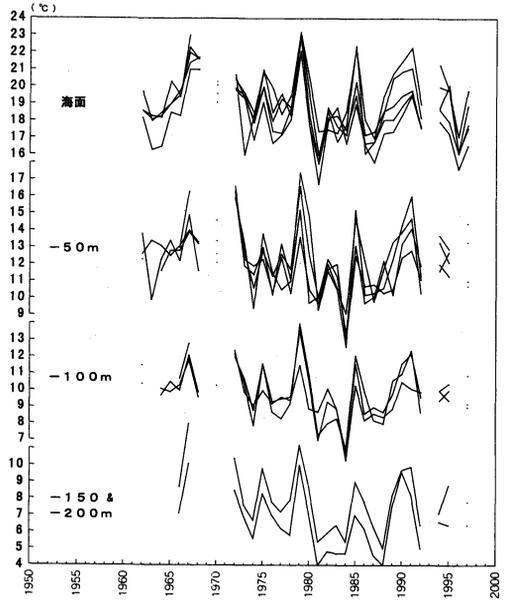


第3図 東北地方南部太平洋岸における夏の海面水温および日最高・最低気温の永年変化(1950~97)。a) 福島県沿岸水域(第1図の(1)~(3)グリッド)の夏平均海面水温, b) 茨城県沿岸水域(第1図の(4)~(6)グリッド)の夏平均海面水温, 注: 6年ごとに破線を入れた。c) 5官署平均の夏平均日最高・最低気温。
注: 5官署=宮古, 石巻, 仙台, 小名浜, 銚子。

1950~1993年を取り, 北西太平洋中緯度帯の各グリッドの海面水温変化率を季節別に回帰直線の傾きで見ると(第2図), 次のような特徴が読みとれる。

① 1年を通して低温化海域が東北地方太平洋岸と東経152度以東の中緯度帯(北緯36度~北緯45度)に出現し, 日本海と同緯度帯にも低温化海域が存在する。

② 特に著しい低温化(-0.4~-0.6°C/10年)海域が



第4図 福島県塩屋埼定線に沿う深さ別夏平均表層水温の永年変化(1962~97年)。
注: 観測点は定線上の5地点(沿岸より北緯37度, 東経141度37分まで)。
データ: 福島県水産試験場。

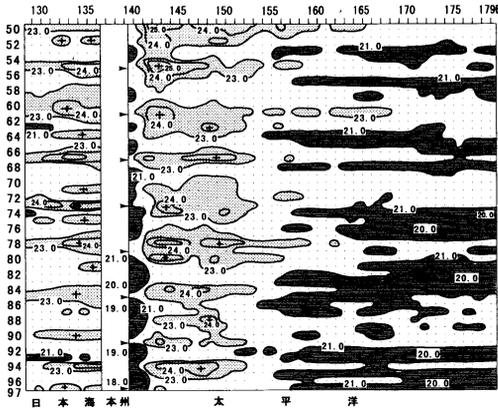
茨城・福島県沿岸から沖合300~400 km までの常磐沖海域(北緯36.5度~北緯37.5度グリッドの緯度帯)に1年を通して出現する。

③ 春から夏にかけて低温化海域は最も拡大し, 千島列島沿いの海域, 宗谷海峡, 津軽海峡にも水温低下率の大きい海域が現れる。

④ 低温化海域は冬に最も縮小する。ただし, 常磐沖や日本海には明瞭な低温化海域が残る。

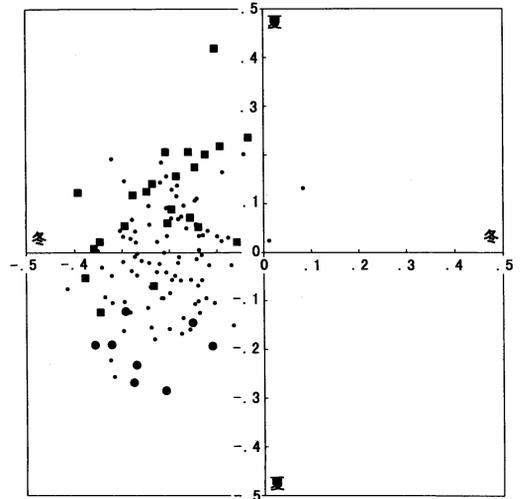
東北地方太平洋沿岸海域では, 1950年から1990年代前半までは南部(常磐沖)を中心に顕著な低下傾向を示すが, その後低下傾向が緩んだり, 逆に上昇へ転じるグリッドが出てくる(第3図ab)。このような1950年代以降の水温の低下傾向や90年代に入ってからの上昇あるいは低下傾向の減少は, 北太平洋の北緯30度から50度にかけて広範囲に分布する水温や海上気温のトレンド(気象庁, 1993, 1994)と一致している。

さらに水温低下の著しい常磐沖海域では, 夏の低温化傾向の中に明瞭な6年の短周期的変動が認められる(第3図ab, 第10図a)。このような周期性は北太平洋の広範な海域ですでに指摘されているが(Saiki and Nagasaka, 1986), 第2図に示す水温低下の著しい海



第5図 常磐沖グリッド緯度帯における夏平均海面水温の時間・経度断面。

注：1) 断面は1950～97年の北緯36.5度，東経129.5～179.5度グリッドの海面水温変動。
 2) 21°C以下（濃い陰影）と23°C以上（点影）のみを1°C間隔で示す。
 3) 東北地方南部太平洋沿岸海域の6年周期の高水温年を本州部分に矢印の頭で示した（第3図ab参照）。



第6図 日本の気象官署における冬・夏平均日最高気温変化率(1950～88年，単位：°C/10年)，●：東北・関東地方太平洋岸(八戸，宮古，石巻，仙台，福島，小名浜，水戸，銚子)，■：九州および瀬戸内地方。注：統計に切断のある官署は除外した。

域の中から7海域を選び，各海域平均の夏平均海面水温変動を見ると(図省略)，常磐沖海域の6年周期が際立っている。また常磐沖におけるこの6年の周期性は夏に最も顕著で，他の季節にはほとんど認められない。

海面水温は熱収支や風などの大気側の局地的強制によっても変動する。そこで，福島県水産試験場が実施している塩屋埼定線の各観測点における深さ別夏平均水温の永年変化を見ると(第4図)，月に一度の観測と欠測期間の存在に関わらず，対流混合層の浅い夏に，海面から200 m深までの表層水温が海面と同じ変動と低下傾向を示し，この海域の短周期的水温変動が広範な海況変動の結果である可能性も残している。

東北地方太平洋岸の夏の水温低下海域が，周期性を保ちながら時間と共にどのように変化してきたかを見るために，低温化の明瞭な常磐沖を含む北緯36.5度グリッド緯度帯で，夏平均海面水温の時間・経度断面(1950～97)を取ると(第5図)，茨城・福島県沿岸海域やその東方沖の黒潮前線と親潮前線の間帯(混合水域)で，周期性を伴う長年の低温化と低温海域の拡大，低温海域の高頻度出現，暖水域の縮小が確認できる。特に茨城県沿岸水域では低温化と低温域の拡大が年々顕著になっている(ここでは「暖水」「低温」という言葉を相対的な表現として用いた)。また，この図か

ら6年の周期性は日本海側にも認められる。

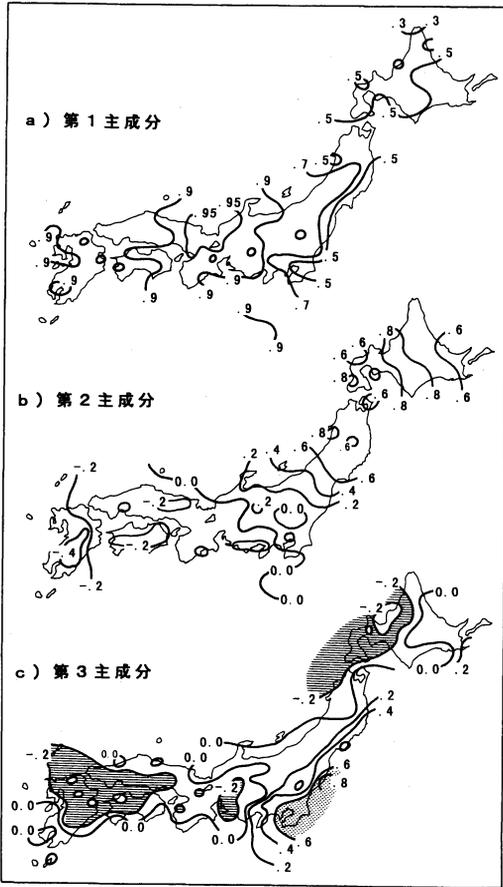
4. 東北地方太平洋岸の気温変動

北太平洋の海面水温と同様に，日本各地の季節・年平均気温の永年変化にも1980年代後半以降の上昇傾向が認められるが(気象庁，1994)，それ以前の長期変動(1950～1988)を気象官署ごとに月別・季節別に回帰直線の傾きで比べると，冬には大都市を除き全国的に低温化の傾向にあった(野口，1994)。この期間の冬の低温化は北太平洋の海上気温や500 hPa面高度に広範囲に認められる現象であった(柏原，1987；気象庁，1990，1994)。

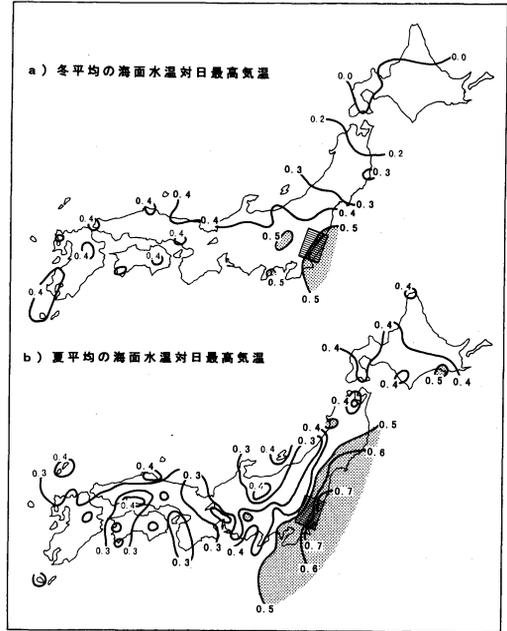
一方，この期間の夏には，九州北部や瀬戸内地方で昇温傾向を，また東北地方太平洋岸では局地的に低温化傾向を示し，地域差が明瞭であった。第6図に各気象官署の夏・冬平均日最高気温の永年変化率(1950～1988)を散布図で示すが，夏の気温変化率は東北地方太平洋岸と西日本とで対照的である。

以下，気温に日最高気温を使用するのは，日最低気温や日平均気温と比べ，日最高気温には局地的な都市化の影響(ノイズ)が現れにくいからである(野口，1994)。

全国気象官署の気温の永年変化率を月ごとに分布図



第7図 気象官署の月別日最高気温変化率(1950~88)を主成分分析した際の固有ベクトルの分布。
 注：第1主成分(寄与率61%)，第2主成分(寄与率15%)，第3主成分(寄与率8%)。第3主成分のみ、0.6以上に点影をつけた。



第8図 茨城県沿岸の海面水温と全国気象官署の日最高気温との相関係数の分布。a) 冬平均，b) 夏平均。
 注：茨城県沿岸水温のグリッドを枠で示す。統計期間は1950~88年。危険率1%で $r=0.34$ 。相関係数 $r=0.5$ 以上に点影をつけた。

にして見ると(図省略)，東北地方太平洋岸に限定された低温化は3~9月にかけて著しく，主に春から夏にかけて顕著な現象である。冬の全国的な低温化と併せて考えると，東北地方太平洋岸の気温はこの期間(1950~1988)に1年を通して低温化していたことになり(第6図)，沿岸の海面水温に見られる全季節を通しての低温化(第2図)と符合する。

東北地方太平洋岸に局地的に現れる夏の気温低下とその広がりをもさらに確認するために，全国気象官署(128官署)の月別日最高気温変化率(1950~1988)に主成分分析を施すと，第1，第2主成分はそれぞれ全国的に同一方向に向かわせる変動成分と北日本と西日本を正反逆方向に向かわせる変動成分であるが，第3

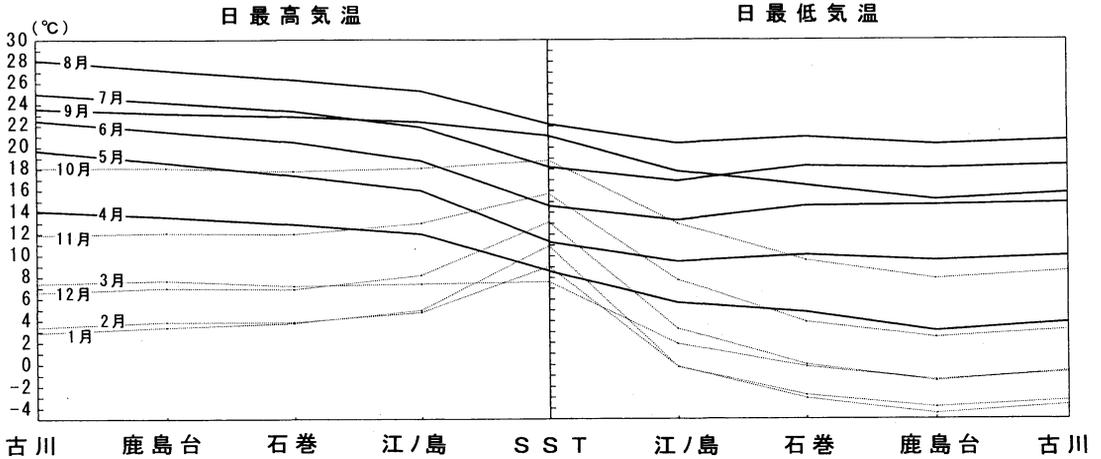
主成分は東北地方南部太平洋岸・関東地方と九州・瀬戸内・北海道西部地方とを分ける成分(主成分スコアの時系列によれば，東北地方太平洋岸南部を夏に低温化に向かわせ西日本を温暖化させる成分)であることが分かる(第7図)。

東北地方太平洋岸の気温変動にも海面水温と同様に6年の周期性が認められるが，このことについては次節で触れる。

5. 気温と海面水温との関係

夏の気温低下現象が東北地方から関東東部の太平洋岸に局地的に見られることから，低温化の特に著しい常磐沖水温と気温との関係を相関解析で検討すると(第8図)，冬には優勢な北西季節風の影響下で沿岸水温と地上気温との相関は相対的に低く，水温の影響の及ぶ範囲も限られているが，夏には高相関の分布域が東北地方から関東地方の太平洋岸に沿って出現する。

さらに東北地方太平洋岸の数カ所で海岸から内陸に向かって海拔100 m以下のアメダス地点を選び，月別



第9図 日最高・最低気温に与える海面水温の影響（仙台平野におけるアメダス地点の太平洋岸からの距離と海面水温との関係）
 注：気温はアメダス準平年値（1979～1990年の平均）、水温（SST）は江ノ島海域グリッドの海面水温で、アメダス準平年値と同期間の平均。図のアメダス地点は等間隔で示した（江ノ島・古川間は約60 km）。

日最高・最低気温と沿岸海面水温とを比較すると、内陸に向かって海水温の影響が薄れていく様子が分かる。第9図は、仙台平野の延長60 kmのアメダス地点（江ノ島～石巻～鹿島台～古川）で、月平均日最高・最低気温の準平年値（1979～1990）と江ノ島グリッドの海面水温（アメダス準平年値と同じ期間の平均）を比べたものであるが、4～9月の暖候期には、沿岸の日最高気温は海面水温によって低温側に、また、10～3月の寒候期には、日最高気温も日最低気温も水温によって高温側に変位している。一方、4～9月の日最低気温は海面水温と差があまり無いため、海面水温の影響はほとんど認められない。

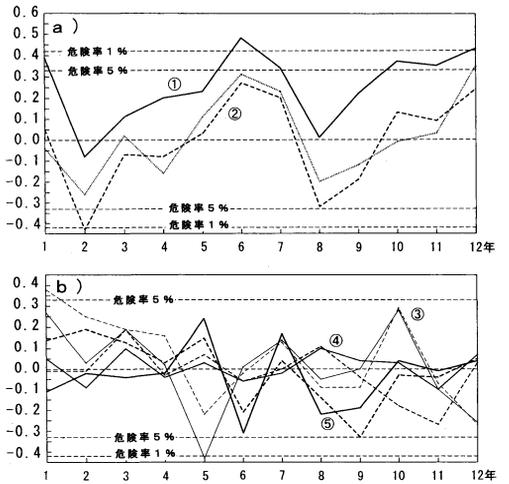
このように東北地方太平洋岸の日最高・最低気温は、海面水温との温度差の程度によって季節毎に異なった影響を海から受けていることが分かる。

更に、常磐沖の夏平均海面水温と東北地方太平洋岸5官署平均の夏平均日最高・最低気温（1950～1997）について（第3図bc）、それぞれ1～12年までの自己ラグ相関を求めると（第10図a）、前述のように6年周期が卓越していることが確認できる。一方、夏以外の季節にはこの周期性は認められない（第10図b）。

6. 考察

6.1 海面水温の短周期的変動

東北地方太平洋岸海域のうち、特に常磐沖の低温化傾向とその中に見られる夏の6年周期の高水温年



第10図 1950～1997年における海面水温、日最高・最低気温の自己ラグ相関、a) ①常磐沖の夏平均海面水温（第3図bの3グリッド平均）、②東北地方太平洋岸5官署平均の夏平均日最高（点線）・最低（破線）気温（第3図c）、b) ③東北地方太平洋岸5官署平均の冬平均日最高（実線）・最低（破線）気温、④同じく5官署平均の春平均日最高（実線）・最低（破線）気温、⑤同じく5官署平均の秋平均日最高（実線）・最低（破線）気温。
 注：1950～1997年のデータを1年ずつずらせたラグ相関で、相関を求める際の標本数は統一した（n=36）。

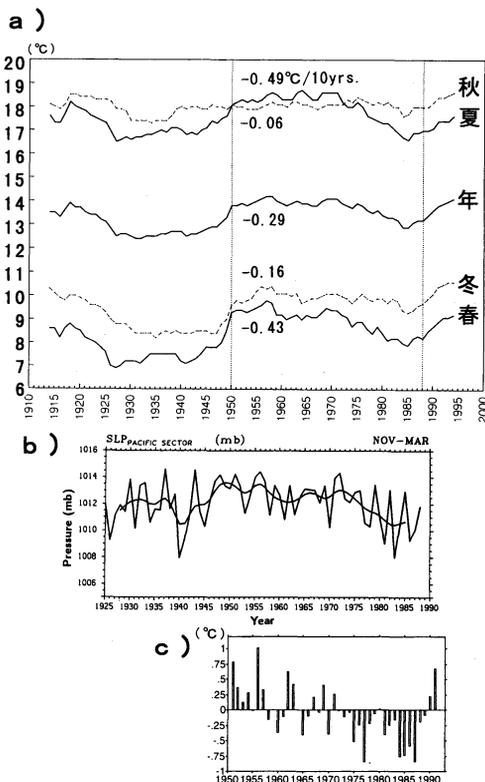
(1955, 61, 67, 73, 79, 85, 91)の出現は顕著なものであるが、第5図からは東方沖の黒潮続流や日本海にも周期的な変動が認められ、この短周期的変動はかなり広範囲な現象のように見える。

一方、Yamada and Sekine (1997) は親潮第一分枝における100 m 深の5°C等温線が北緯37度より南下することをもって親潮の異常南下の基準とし、親潮の異常南下が1976年以降(1974, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 86)、春の時期に頻繁になっていることを報告している。親潮異常南下が近年高頻度で出現している点は第2~5図に示す長期的な水温低下傾向と一致するが、これらの親潮異常南下年は6年周期の高水温年に挟まるように分布してはいるものの、親潮南下には目立った周期性は見られない。また、周期性を伴う夏の水温低下は、親潮異常南下の目立つ70年代以降に限られたものではなく、1950年代から年々顕著になっている現象であることが分かる(第2~5図)。

常磐沖海域では黒潮から分離してできる大型暖水塊の出現(1954, 60, 66, 72)に6年周期のあることが以前から指摘されていたが(秦, 1974)、水温の長期変動で見ると、この周期は40年を経た今日でも継続していると言える。北太平洋における約6年の準定常的循環サイクルについては、これまでもFavorite and McLain (1973), Monin *et al.* (1977)などが指摘し、Saiki and Nagasaka (1986)も北太平洋の広範囲で海面水温の6年周期を認めている。響田(1992)は三陸沖海面水温の低下傾向とその中の周期性を偏西風の強弱と関連づけたが、日本海から常磐沖、黒潮続流に至る広範な海域での周期的水温変動の成因については、気温の6年周期と共に今後さらに検討を要する。

6.2 海面水温の長周期的変動

気象庁(1989, 1993, 1994)は、1950年以降の海面水温資料を用いて北西太平洋の水温が長期的に低下していることを示した。今回緯度経度1度のグリッドで北西太平洋中緯度帯の長期的な水温変化を見ると(第2図)、低温化海域は夏に最も拡大し、千島列島周辺海域や宗谷・津軽海峡の水温低下と併せて考えると、夏に親潮系勢力が強化されている様子がうかがえる。吉田(1994)は1961~92年の期間で月ごとに北緯36~43度、東経148度以西の本州東方沖の親潮系冷水域面積(100 m 深水温5°C以下)を求めたが、その資料をもとに面積の変化率(回帰直線の傾き)を計算すると、8月から10月にかけて危険率1%以下で有意な拡大を示し、夏から秋にかけて減少する親潮勢力(吉田, 1992)



第11図 a) 宮城県江ノ島の季節・年平均海面水温の永年変化(1910~98, 9年移動平均)と変化率(1950~88), b) 北太平洋指数(北太平洋の平均海面気圧, 11~3月平均)の永年変化(出典: Trenberth, 1990), c) 北太平洋 SST 指数(11~3月平均, 北緯32~46度, 東経136度~西経176度)(出典: Deser and Blackmon, 1995).
注: a)のグラフは9年移動平均, 変化率は1950~88年の回帰直線の傾き(°C/10年).
データ: 宮城県水産研究開発センター及び近藤・山崎(1985).

に近年変化があることが示唆される。

亜寒帯海域の海況変動については、東北地方太平洋岸やその東方海域の海況異常について、大気側からの強制を示す事例が多く報告されているが、Deser *et al.* (1996)は北太平洋中央部における水深400 m までの水温変動を偏西風の強弱との関連で議論し、偏西風の強い冬には春から夏にかけて水温低下が極大となり、タイムラグが半年に及ぶことを示した。また、Trenberth (1995)は近年の冬季アリューシャン低気圧の強化傾向が北太平洋の水温低下、さらには魚群や回遊パターン

第1表 海面水温と日最高・最低気温との差 (SST-気温).

単位: °C

気温	冬		春		夏		秋				
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低			
根室	+3.3	+9.7	NW	-4.4	+2.5	NW, S, SSE	-0.1	SSE	-1.6	+4.8	SW
釧路	+3.7	+14.1	NNE	-4.0	+3.9	S	+1.0	S	-0.9	+8.3	NNE
八戸	+5.7	+12.9	WSW	-6.0	+3.6	WSW	+0.8	NE	+0.1	+9.3	WSW
宮古	+4.5	+13.4	WSW	-5.4	+4.4	WSW	+1.5	NE, NNE, WSW	-0.2	+9.3	WSW
石巻	+6.1	+13.5	NNW	-3.4	+4.7	SE	+0.6	SE	+0.6	+8.8	NNW
小名浜	+3.5	+13.1	NNW	-3.4	+5.0	NNW	+1.5	S	-0.3	+8.0	N
水戸	+4.6	+16.2	NNW	-3.1	+7.4	N	+1.5	ENE	0.0	+9.3	NNW
銚子	+5.5	+13.1	NW	+0.3	+6.5	NE, NNE, SSW	-2.3	SSW	+1.6	+7.1	NE
浜松	+6.1	+14.1	WNW	-1.1	+7.4	WNW	+2.8	WSW	+0.9	+8.8	NE

注: 海面水温は1950~1993年の季節平均. 各気象官署と対をなすグリッドは図1に示す.
 気温, 風向は日本気候表による (1961~1990). 卓越風向は3か月の最多風向.
 海面水温が気温よりも著しく (3°C以上) 低い場合, 陰をつけた. 気温が海面水温よりも著しく (3°C以上) 低い場合, 枠囲いとした.

の変動の原因になっていると指摘している.

北西太平洋中高緯度の水温低下現象の一側面とも推定される東北地方太平洋岸の水温低下現象を, グリッド水温 (1950~) よりも過去にさかのぼって検討するために, 宮城県江ノ島の長期水温資料を使用した. 江ノ島の水温の月平均累年値 (1910~98) を9年移動平均して, 5~6年の短周期的変動を平滑化すると, それぞれ1945~50年と1985~90年の時期に, 冬から初夏にかけて, 急激な水温上昇とそれに挟まれた期間の緩やかな水温低下が認められる (第11図 a に季節・年平均を示す). Kondo (1988) は水温変化を1945年以前の寒冷期とそれ以後の温暖期とに分けたが, 40~50年の周期的変動の一部のようにも見える.

この長期変動に見られる1945年前後の急激なジャンプと1970年代以降の急激な低下傾向は, Trenberth (1990) が示す北太平洋指数 (冬の北太平洋平均海面気圧) の長期変動 (1925~88) や Deser and Blackmon (1995) による冬の北太平洋 SST 指数 (偏西風強化と関連した EOF 第2主成分の時系列) と極めてよく似ている (第11図 b, c). 江ノ島の水温や東北地方太平洋岸の一部のグリッド水温は1980年代後半から上昇に転じるが, この点も Deser and Blackmon (1995) の SST 指数と似ている.

江ノ島の水温変動が顕著な低下傾向を示す1950~88年の期間で, 月・季節・年平均の水温変化率を回帰直線の傾きで見ると (第11図 a に各季節・年の傾きを示す), 春から初夏 (4~7月) にかけて水温低下 (<-0.4°C/10年) が著しく, 特に6月には-0.64°C/10年と

いう大きな低下率で, この点も Deser *et al.* (1996) の指摘と一致する.

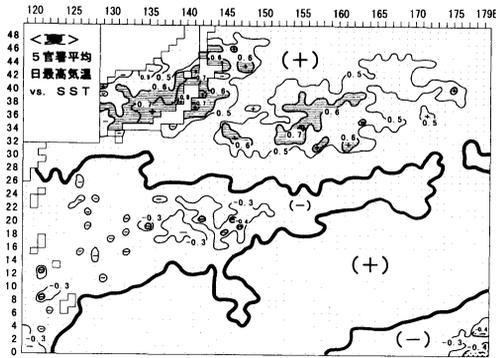
江ノ島の水温変動が Trenberth (1990) の北太平洋指数の変動と類似し, この指数が PNA テレコネクションパターンの活動度を近似的に表現している (Trenberth and Hurrell, 1995) とすれば, 江ノ島の水温変動は広域の水温変動, さらには熱帯太平洋との関連を示していることになる.

また, 江ノ島の夏の水温変動と北西太平洋各グリッドの夏平均海面水温変動 (1950~1988) を相関解析で比較すると (図省略), 相関係数の最も高い海域 ($r=0.85$) は江ノ島を含むグリッドで, これを取り囲むように南に向かって三陸沖から福島県沖にかけて $r=0.7$ 台の高相関海域が存在し, $r=0.5$ 以上の相関海域 (危険率1%で $r=0.34$) は東北地方太平洋岸や日本海の中緯度海域全体に, また太平洋の東方沖にも広く分布し, この点でも, 江ノ島の水温変動が限られた海域の熱収支で決まっているのではないことを示している.

夏の常磐沖を中心とした東北地方南部太平洋岸では, 低温化海域が周期性を伴いながら低温域を拡大・長期化させていることを指摘したが (第5図), この海域では夏の海面水温に原因を異にする短周期的変動と数十年の長いスケールの変動がオーバーラップしているように見える.

6.3 気温と海面水温の変動

陸上の気温が海面水温の影響を受けて低下したり, 周期的変動をしているとすれば, ① 水温が気温よりも



第12図 東北地方太平洋岸5官署平均の夏平均日最高気温(1950~1988)と北西太平洋の夏平均海面水温との相関係数の分布。
注) 危険率1%で $r=0.34$ 、相関係数0.6以上に縞影を、 -0.4 以下に点影をつけた。 $-0.3 < r < 0.5$ の等値線は省略した。

十分に低いこと、②海寄りの風による移流効果があること、が必要である。そこで、水温と気温との差の大きい季節に着目するために、根室から浜松に至る太平洋岸の気象官署の日最高・最低気温平年値(1961~1990)とそれらの気象官署が属するグリッド(第1図)の永年平均水温(1950~1993)を季節別に表示(第1表)。表には季節を代表する月別最多風向も示すが、昼と夜で卓越風向が入れ替わる官署が多いので注意を要する。

表で、陰をつけたところは明らかに海面水温が気温よりも低く、水温が気温を低温側に変位させるように働く可能性のある官署と季節である。また、枠だけをつけたところは逆に明らかに海面水温が気温よりも高く、水温が気温を高温側に変位させる可能性のある官署と季節である。これに卓越風向を考慮すると、夏には東海地方まで、海の影響が日最高気温を引き下げる方向に働く可能性がある。

これに対し、海の影響が気温を高める可能性をもつ官署と季節は、すべての官署で冬・春・秋の日最低気温と冬の日最高気温であるが、寒候期には太平洋岸の官署では卓越風向が海寄りでないために、海による気温緩和効果は沿岸地域に制約されている。

第1表から、東北地方太平洋岸の気温を引き下げようとする海水温の影響は、海面水温と気温との温度差の大きい春から夏(月別温度差で見ると、4~8月)に、日最低気温よりも日最高気温に対し顕著に出現する可能性があるが、第9図はこれを裏付けている。

このように、沿岸の気温が海水温の影響を受けていることは明らかであるが、東北地方太平洋岸の夏平均気温や水温の変動が北西太平洋のどの海域の海面水温変動と連動しているかを東北地方太平洋岸5官署平均の夏平均日最高気温(1950~1988)と北西太平洋各グリッドの夏平均海面水温との相関係数の分布で見ると(第12図)、東北地方太平洋岸海域に高相関海域が点在しているものの、5官署平均日最高気温と最も高い相関を示す海域は秋田沖の日本海($r=0.8$)にあり、次いで $r=0.7$ 台の高相関海域が山陰・北陸から津軽海峡に至る日本海沿岸に広く分布する。また日本の東方沖にも黒潮続流に沿って高相関海域が出現している。これらのことは、海水温の影響が気温に現れているという前述の説明と一見矛盾するが、扱う現象のスケールの違いによるものと思われる。

一方、日付変更線付近の熱帯赤道海域と日本のはるか南方海上(北緯17~23度の緯度帯)には、東北地方太平洋岸の夏季気温変動とは負の有意相関を持つ海域が現れる。

このように、東北地方太平洋岸の夏の気温変動が、山陰・北陸から津軽海峡を経て東北地方太平洋岸の夏の海面水温と高相関であり、さらに遠く熱帯日付変更線海域の水温と逆相関の関係にあること、また、上述のように、江ノ島の長期水温変動がPNAパターンを通じて熱帯太平洋の海水温変動と関連していることは、東北地方太平洋岸の気温・水温変動を、ENSOや北太平洋広域の大気現象との関連や対馬海流との関連を含めて調査する必要性を示しているものと思われる。

なお、海水温が沿岸の気温に与える影響について、親潮第一貫入(100 m深の5°C等深線)の南限緯度を用いて検討する方法は、南限緯度が沿岸海域グリッドの海面水温を代表しているとは限らないため、親潮の大規模異常南下年を除けば、南限緯度の年々変動と官署の気温変動を関連づけることはむずかしいように思われる。夏には月平均海面水温と親潮系冷水面積との相関が悪くなる(ほとんど無相関となる)という東北海区の例もあり(気象庁, 1994)、海面水温の方が200 m深程度までの海況を代表するというを塩屋崎水温は示している(第4図)。

7. まとめ

親潮の異常南下が注目される東北地方太平洋岸で海面水温変動の特徴を緯度経度1度のグリッド水温で検

討した。その結果、常磐沖や東方の中緯度帯に1年を通して水温が長期間低下傾向にある海域が確認され、常磐沖の低温化海域では、低温域の面積と出現期間が増加傾向にあり、夏の水温変動には明瞭な6年周期が見られた。

東北地方太平洋岸の気温も、1950年から1980年代後半まで、一年を通して低温化傾向にあり、特に夏の低温化は東北地方太平洋岸に特徴的な現象で、西日本の夏の昇温傾向とは対照的であった。

東北地方太平洋岸の気温・水温の長期的低下傾向は、宮城県江ノ島の長期海面水温データや北太平洋指数 (Trenberth, 1990)、冬の北太平洋 SST 指数 (Deser and Blackmon, 1995) などを比較すると、高緯度大気の変動に伴う40~50年周期の変動の一部である可能性が高く、東北地方太平洋岸では長周期の変動と短周期の変動がオーバーラップしていることが推測された。

永年平均で見ると、東北地方太平洋岸の気温は季節ごとに海水温の影響を強く受けていることは明らかであるが、東北地方太平洋岸の夏の気温変動 (5 官署平均) を北西太平洋の夏の各グリッド水温と比較すると、正の高相関海域が西日本の日本海側を中心に、津軽海峡を経て東北地方太平洋岸に至る沿岸海域や東方沖の黒潮続流に沿って広がっていること、また逆相関の海域が赤道日付変更線海域 (ENSO 監視海域) に見られることなど、東北地方太平洋岸の夏の気温・水温変動がこの地域に限られた局地的現象ではなく、熱帯太平洋の ENSO や北西太平洋に広範囲に広がる海洋・大気現象にリンクした現象である可能性が示唆された。

謝 辞

気象庁海洋課 (当時) の吉田 隆氏には、資料や文献について便宜を図っていただいた。気象庁、福島県水産試験場、宮城県水産開発研究センターからは各種の資料を提供していただいた。2名のレフリーおよび編集委員からは多くの指摘をいただいた。ここに深く謝意を表します。

参 考 文 献

- Deser, C. and Blackmon, M. L., 1995: On the Relationship between Tropical and North Pacific Sea Surface Temperature Variations. *J. Climate*, **8**, 1677-1680.
- Deser, C., Alexander, M. A. and Timlin, M. S., 1996: Upper-Ocean Thermal Variations in the North Pacific during 1970-1991. *J. Climate*, **9**, 1840-1855.
- Favorite, F. and McLain, D. R., 1973: Coherence in Transpacific Movements of Positive and Negative Anomalies of Sea Surface Temperature, 1953-60. *Nature*, **244**, 139-143.
- 藤部文昭, 1995: 北日本における夏の月平均気温変動の地域特性と各種観測要素との関係: 主成分分析からみた冷夏の多様性の実体, *天気*, **42**, 567-577.
- 花輪公雄, 1990: 北太平洋の大規模海面水温変動に関する研究, *天気*, **37**, 221-230.
- 秦 克己, 1974: 黒潮から分離した暖水塊の変動について, *研究時報*, **26**, 295-321.
- 岩尾尊徳, 1994: 北日本の気象と海況との関連について, *海と空*, **70**, 65-70.
- Iwasaka, N., Hanawa, K. and Toba, Y., 1987: Analysis of SST Anomalies in the North Pacific and Their Relation to 500mb Height Anomalies over the Northern Hemisphere During 1969-1979, *J. Met. Soc. Japan*, **65**, 103-114.
- 柏原辰吉, 1987: 北太平洋を中心とした最近の冬季の冷化について, *天気*, **34**, 777-781.
- 気象庁編, 1989: 異常気象レポート'89, 大蔵省印刷局, 433p.
- 気象庁, 1990: 温室効果気体の増加に伴う気候変化(II), 大蔵省印刷局, 231p.
- 気象長編, 1993: 地球温暖化監視レポート1992, 大蔵省印刷局,
- 気象庁編, 1994: 異常気象レポート'94, 大蔵省印刷局, 444p.
- 気象庁海洋気象部海洋課, 1990: 旬平均海面水温解析, *測候時報*, **57**, 283-291.
- 響田邦夫, 1992: 三陸沖海域における数十年スケールの変動特性, *月刊海洋*, **24**, 237-240.
- Kondo, J. 1988. Volcanic Eruptions, Cool Summers, and Famines in the Northeastern Part of Japan, *J. Climate*, **1**, 775-788.
- 近藤純正・山崎幸雄, 1985: 金華山島の鹿を半減させた1984年1~4月の異常低温と融雪遅延の熱収支解析, *天気*, **32**, 79-86.
- Monin, A. S., Kamenkovich, V. M. and Kort, V. G., 1977: Variability of the Oceans, New York: Wiley, 241p.
- 野口泰生, 1994: 日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響, *天気*, **41**, 123-135.
- 力石國男・佐々木有子, 1991: 東北地方の異常気象と海面水温, *海と空*, **67**, 97-108.
- Saiki, M. and Nagasaka, K. 1986. Long-term Variations of Sea Surface Temperature in the North Pacific Ocean. *Oceanographic Magazine*, **36**, 51-55.

- Sekine, Y., 1988 : Anomalous Southward Intrusion of the Oyashio, East of Japan. Part I., *J. Geophys. Res.*, **93**, 2247-2255.
- 関根義彦・鈴木善光, 1991 : 親潮の異常南下の発生と大気大循環の変動, *海と空*, **67**, 11-23.
- Trenberth, K. E., 1990 : Recent Observed Interdecadal Climate Changes in the Northern Hemisphere. *Bull. Am. Met. Soc.*, **71**, 988-993.
- Trenberth, K. E., 1995 : Atmospheric Circulation Climate Changes. *Climatic Change*, **31**, 427-453.
- Trenberth, K. E. and Hurrell, J. W. 1995. Decadal Coupled Atmosphere-Ocean Variations in the North Pacific Ocean. In : *Climate Change and Fish Populations*. Ed. by R. J. Beamish. *Can. Spec. Fish. Aquat. Soc.*, **121**, 15-24.
- Yamada, F. and Sekine, Y., 1997 : Variations in Sea Surface Temperature and 500hPa Height over the North Pacific with Reference to the Occurrence of Anomalous Southward Oyashio Intrusion East of Japan. *J. Met. Soc. Japan*, **75**, 995-1000.
- 山崎幸雄・上野英克・近藤純正, 1989 : 東北地方太平洋沿岸域の大気と海洋の相互作用の長期変動, *天気*, **36**, 689-695.
- 吉田 隆, 1992 : 親潮水の分布の平均的な季節変動, *海と空*, **68**, 79-88.
- 吉田 隆, 1994 : 北西太平洋亜寒帯海域の海況変動を示す数値データ, *海と空*, **70**, 85-90.
- 吉永 創・山田二久次・関根義彦, 1998 : 親潮異常南下に関連する日本の気温・降水量の変動, *天気*, **45**, 105-117.

Secular Variations of SST and Air Temperature on the Pacific Side of the Tohoku Region, Northern Japan

Yasuo NOGUCHI*

* *Gepgaphy Department, Kokushikon, University, 4-28-1, Setagoya, Setagoya-Ku, tokyo, 154-8515, Japan.*

(Received 1 February 1999 ; Accepted 16 July 2001)
