

1976~77年を境とする10年スケールのオホーツク海の 海水面積と親潮の南限及び東北アジアの気温変動特性*

関根 義彦^{*1}・山田 二久次^{*2}・鈴木 善光^{*3}

要 旨

冬にアリューシャン低気圧が南偏し強化されて生じた年には引き続き春に親潮を含む北太平洋の亜寒帯循環が南下し、北太平洋の海面水温は低下する。これに関するオホーツク海の全海水面積、北海道沿岸の海水の存在する面積の割合(海水面積率)と東北アジアの気温の変動特性などについて最近注目されている10年スケールの変化に注目して1976年以前と1977年から1988年までの差異を調べた。親潮・亜寒帯循環が異常に南下した冬の1月と2月には共通してオホーツク海の海水面積が平年値より小さく、北海道沿岸の海水面積率は平年値より大きい傾向が示された。この傾向は1977~88年の期間で強まっている。3月には1976年以前にオホーツク海の全海水面積と北海道沿岸の海水面積率との間に正の相関が見られたが、1977年以後その傾向は見られない。全期間を通じてオホーツク海の全海水面積と Bhanu Kumar (1988) の求めたユーラシア大陸の雪氷面積との間には顕著な正の相関があることが示された。

1. はじめに

最近、多くの面から1976年以前と77年以後あたりを境とする10年スケールの大気と海洋の変化が注目されている(例えば、関根 1992a, Yamagata and Masumoto, 1992)。赤道海域の ENSO 指数では1976年以前は正の期間が相対的に多くラ・ニーニャの状態が卓越していたのに対し、1977年以降は負の期間が多くエル・ニーニョ的な状態が卓越している。これに関連して柏原(1987)は冬季北太平洋上の 500 hPa 高度面が1977年

以後低下して、PNA パターンがより頻繁に発生することを示している。さらに、Nitta and Yamada(1989)はインド洋の海面水温が1976年以前と1977年以後で負の偏差から正の偏差に転じたことを指摘している。さらに、日本東岸の親潮の異常南下の発生は1976年以前ではほぼ10年に一度程度の割合で発生したのに対し、1976年~1987年では約3年に一度の相対的に頻繁な割合で発生している(第1図a)。

親潮の異常南下が発生した年の4月の海面水温偏差を第2図に示した。日本東岸で低温化が特に顕著であり、これは東北沖で大きな水平水温勾配を持つ親潮の異常南下に関連する。一方、日本東沖ほど顕著ではないが北西太平洋の広い範囲で低海面水温域が見られ、親潮のみならず親潮を含む亜寒帯循環全体が南下していることが示唆される。最近、大気中の二酸化炭素などの増加による温室効果の増加で地表気温の上昇が危惧されているが、北太平洋の海面水温は1962年以降低下の傾向を示している(Jones, 1991)。これは第1図aに示した1976年以降の親潮・亜寒帯循環の異常南下の頻繁な発生に伴うもので(関根, 1992a)、親潮・亜寒帯循環の異常南下は長期間の気温変化に重要な現象であることがわかる。

* Interdecadal variation characteristics in sea ice area in the Okhotsk Sea, southernmost latitude of the Oyashio and temperature in northeastern Asian Continent, divided by before and after 1976~1977.

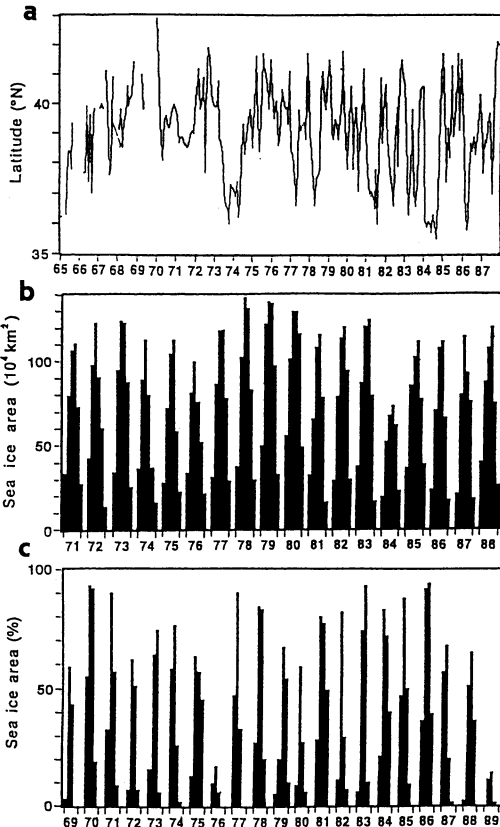
*1 Yoshihiko Sekine, 三重大学生物資源学部海洋環境学講座。

*2 Fukuji Yamada, 三重大学生物資源学部海洋環境学講座。

*3 Yoshimitsu Suzuki, 財団法人沿岸開発技術研究センター波浪情報部。

—1994年6月22日受領—

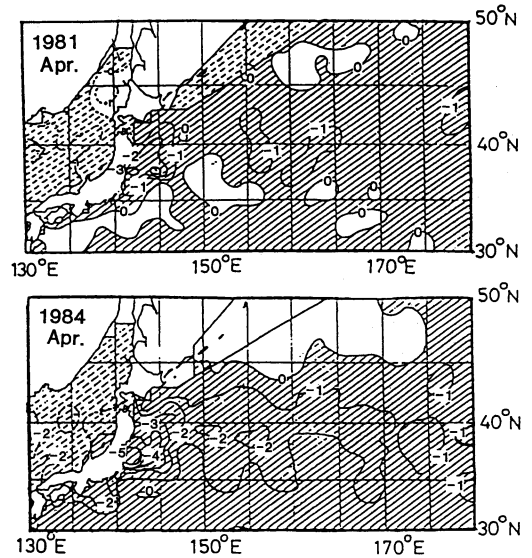
—1996年8月6日受理—



第1図 (a) 気象庁(1989)による東北沖の親潮の第1分枝の南限緯度の変化, (b) 気象庁(1988)によるオホーツク海全域の海水面積(前年12月より5月)の変化, (c) 北海道大学低温科学研究所流水研究施設(石川ほか, 1990)による北海道沿岸の枝幸, 紋別, 網走の海水面積率の月平均値(1月より5月)の変化。

親潮を含む亜寒帯循環の異常南下は真冬に PNA パターン (Wallace and Gutzler, 1981) に伴いアリューシアン低気圧が南偏して形成され風の海面応力の回転成分が零となる緯度が 300~500 km 程度南下し, 海面応力の低気圧循環が強化された年の晩冬から初夏にかけて生じる (Sekine, 1988a; 関根, 1992b)。また, この海面応力の変化に対する海洋の順圧的応答およびそれに伴う移流効果により親潮を含む亜寒帯循環の異常南下が生じることが数値実験より示されている (Sekine, 1988b)。

1976年前後を境とする10年スケールの変化はオホーツク海の海水面積の変化にもみられる。オホーツク海の海水面積はシベリア大陸からの北風が卓越して海上



第2図 気象庁海況旬報(1981, 1984)による親潮が異常南下した年の4月の海面水温の1951~80年の4月の平均値からの偏差(°C)。負の偏差海域を斜線で示す。点斜線域は平均水温データが1951年から1980年全体に渡っては得られない海域を示す。

気温が低い場合に多くなり, 東からの比較的暖かい風が卓越すると海水面積が小さくなる傾向が指摘されている (Parkinson and Gratz, 1983; 麻生, 1986; Parkinson, 1990)。松倉 (1975) はオホーツク海水域の最大面積と極東域東西指数の間に顕著な正の相関を指摘したが, 山本 (1982) は1976~79年では逆の位相になることを示した。一方, 佐藤 (1984) はこの相関係数の低下の原因として1976年を境にオホーツク海の海水面積が増加し, 1976年以前と1977年以後で分けて相関をみると共に正の相関があることを指摘した。

北海道沖の沿岸海水面積率と極東域東西指数の間には負の相関があることが知られており (松倉, 1975), 500 hPa 高度面との相関ではオホーツク海の最大海水面積と北海道沖の海水面積率の相関分布が正負逆のパターンになる (小幡・赤川, 1985)。ここで, 北海道沖の海水面積率というのは従来より使われている流氷勢力と同じであるが, 水の中には定着水も含まれるため面積率という語句をあえて用いた。山本(1981)は1961-80年間の海水面積率と極東域東西指数の両者の間に有意な負の相関があるものの, 1978~79年では逆の位相になることを示した。これらの結果も1976年~77年の変化の存在を示唆する。さらに青田と植松 (1989)

は1971年から1988年までのデータを用いた解析でオホーツク海全域の海水面積、北緯 50°N 以南および北大流水レーダーによる北海道沖の海水面積率の経年変動の間に明確な相関関係はみられないことを示している。

安成 (1991) や Yasunari and Seki (1992) はアジアモンスーンの強弱は雪氷面積と関連することから、準2年周期の変動の存在を指摘している。アジアモンスーンの強さは太平洋の低緯度の海面水温を変化させ、低緯度の海面水温は北太平洋の亜熱帯高気圧の強さを通じて大気大循環の変化を生じる。彼らはこのことより、アジアモンスーンが弱い年には PNA パターンが生じて、ユーラシア大陸は帯状流になるのに対し、アジアモンスーンが強い年には逆 PNA パターンが形成されてユーラシア大陸にはトラフが発生しやすい傾向を示した。さらに、ユーラシア大陸のトラフの発達・未発達は次の夏のアジアモンスーンの強弱に関与するために、前年とは反対の変化が生じることから準2年周期変化の存在が指摘された。

親潮・亜寒帯循環の異常南下が冬に PNA パターンが発達した年に生じることを考えると、準2年周期変化と関連する可能性が推量される。さらに、親潮を含む亜寒帯循環の異常南下はエル・ニーニョの成熟期の赤道海域の水温変化と結合して PNA パターンを強化することが示されている (Tokioka *et al.*, 1985; Pitcher *et al.*, 1988)。そこで本論文は、10年スケールと準2年周期の変化を考慮し、親潮・亜寒帯循環の異常南下の発生、オホーツク海の全海水面積および北海道沿岸沖の海水面積率、オホーツク海周辺の東北アジアの気温やユーラシア大陸の雪氷面積などの変動との関連について調べる。

2. 使用データ

用いる海水面積データは気象庁の人工衛星観測データに基づく1971年から1988年までの密接度10%以上のオホーツク海全域の半旬別海水域面積値 (気象庁, 1989) および北海道大学低温科学研究所流水研究施設のレーダー観測による1969年1月から1988年5月までの枝幸、紋別、網走の三局の海水面積率 (青田ほか1988; 石川ほか1990) である。また、気象庁による1960年から1987年までの東北アジアのオホーツク海の周辺の月別平均気温と降水量、1970年から1987年までの各月の本州東岸の 100 m 深における 5°C の海水の南端緯度で定義した親潮第1分枝の南限緯度、および

Bhanu Kumar (1988) による冬のユーラシア大陸の雪氷面積の1月と前年12月から2月までの3か月平均値を用いる。

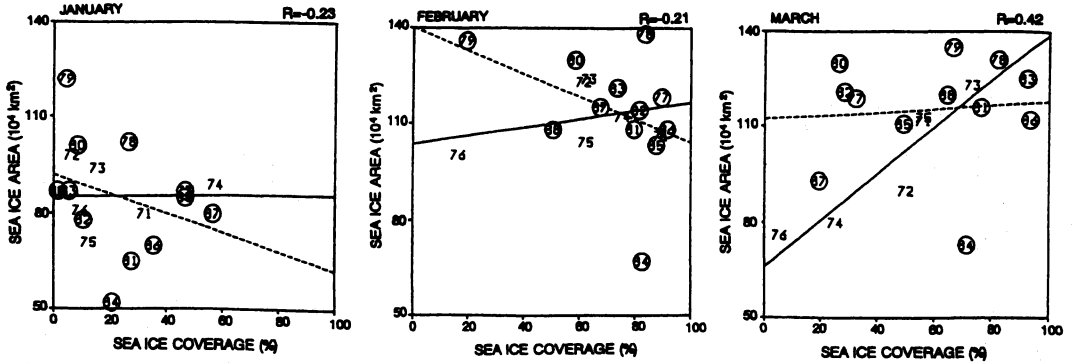
3. オホーツク海の全海水面積と北海道沖の海水面積率の関連

第1図 b, c はそれぞれオホーツク海全域の12月から5月の各年の海水域面積と1月から5月までの枝幸、紋別、網走の三局の平均海水面積率 (流水勢力) の変化である。ここで海水面積率という表現をするのは、水の中に流水ではないものが含まれる可能性を加味したものである。季節変化と経年変化があるが、1978, 79, 80年に全海水面積が大きく、1974, 76, 81, 84年に小さい。

一方、北海道沿岸の海水面積率は1970年と86年に特に強く、78, 81, 84年がこれに次いで強い。北海道沿岸の海水面積率が小さいのは1972, 76, 80, 82, 89年である。全期間の1月から3月の両者の相関を第3図に示した。1月と2月には相関はみられないが、3月には弱い正の相関となっている。冬の後半ではオホーツク海の全海水面積の大小が北海道沿岸の海水面積率に影響を与える可能性が示唆される。

1976年前後の10年スケールの変化に注目し、第3図のデータを期間別に分けた相関係数を第1表第1行に示した。注目されるのは1976年以前の顕著な3月の正の相関、および1976年以前にみられる1月と2月の弱い正の相関あるいは無相関が1977年以降負の相関係数に変化したことである。1976年以前では3月の北海道沖の海水面積率は全海水面積に支配される傾向が高いのに対し、1977年以降は3月になっても海水面積率は全海水面積に依存しないことが考えられる。1月と2月の相関係数の符号の変化と合わせて、全海水面積と北海道沖の海水面積率の関連が1976年と1977年を境に変化している可能性が示唆される。

オホーツク海の全海水面積が少ない年は1976年を除くと1974, 81, 84年はすべて親潮の異常南下が生じた年である (第1図 a)。この傾向を詳細に見るため、親潮の南限緯度に対するオホーツク海の全海水面積と北海道沿岸の海水面積率の相関を第4図 a, b に示した。全期間でみると、親潮の南限緯度と全海水面積については2月に有意な正の相関があり (95%の信頼限界の相関係数: $\gamma_5 = 0.47$)、1月と3月については相関は見られない。北海道沖の海水面積率に対しては2月と3月に弱い負の相関がある。1976年前後を境とする相関



第3図 1971~88年間の北海道沿岸の海水面積率とオホーツク海全域の海水面積に関する1月, 2月, 3月の相関。1976年前後の違いを見るため, 1977年以降のデータを丸で囲んだ。図中の直線は1976年以前のデータから求めた回帰直線, 破線は1977年以後の回帰直線を示す。全期間で求めた相関係数(R)を各図の右上に示す。

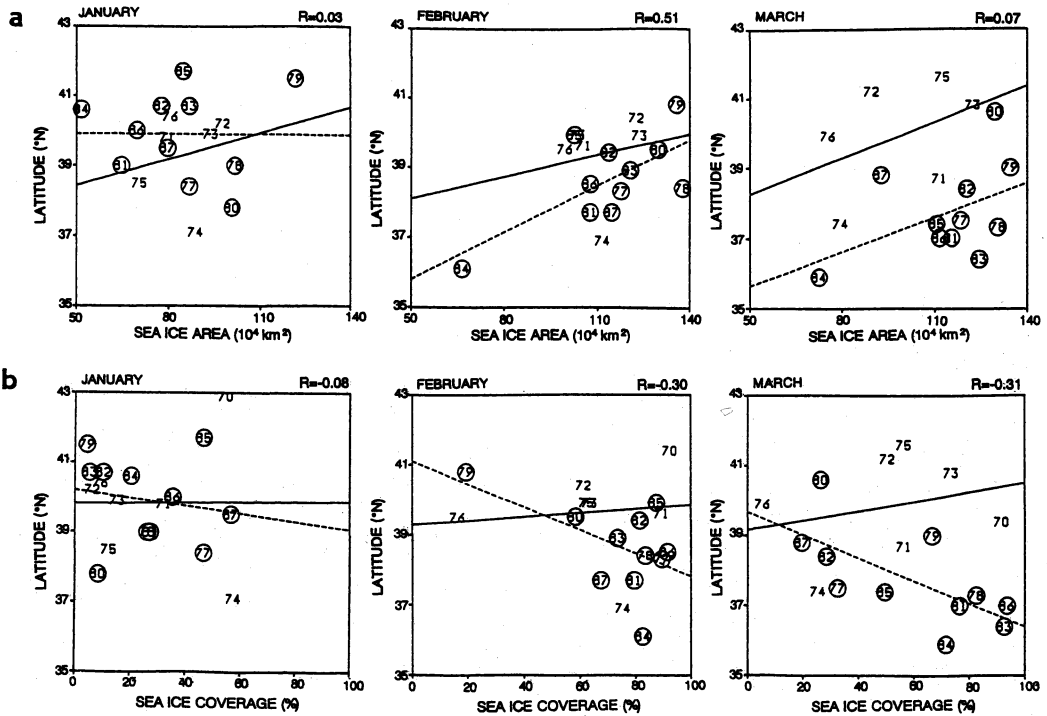
第1表 期間別にみた相関係数の変化。95%以上の信頼限界を持つ有意な相関を^sで示した。

相関現象	月	1971~76年	1977~88年	1971~88年
オホーツク海の全海水面積と北海道沖の海水面積率	1月	0.01	-0.31	-0.23
	2月	0.31	-0.40	-0.21
	3月	0.92 ^s	0.08	0.42
親潮第1分枝の南限緯度とオホーツク海の全海水面積*	1月	0.20	-0.01	0.03
	2月	0.17	0.68 ^s	0.51 ^s
	3月	0.41	0.44	0.43
親潮第1分枝の南限緯度と北海道沖の海水面積**	1月	0.01	-0.16	-0.08
	2月	0.10	-0.53	-0.30
	3月	0.26	-0.68 ^s	-0.31
オホーツク海の全海水面積と東北アジア各地の気温偏差	1月	-0.64	-0.41	-0.40
	2月	-0.68	-0.18	-0.24
	3月	-0.16	-0.03	-0.20
オホーツク海の全海水面積とユーラシア大陸の雪氷面積***	1月	0.88 ^s	0.73 ^s	0.73 ^s
	12月~2月	0.83 ^s	0.73 ^s	0.65 ^s

* 1971~1987年
 ** 1970~1987年
 *** 1971~1986年

係数の変化(第1表)では, 1977年以降の2月と3月に親潮南限緯度と全海水面積の正の相関係数が強まるのに対し, 北海道沖の海水面積率とは負の相関係数になっている。第4図aの正の相関とbの負の相関は1977年以降で相対的に強まっていることがわかる。この主たる原因は2月と3月における1976年以前と1977年以後の親潮南限緯度や北海道沿岸の海水面積率の平均の違いである。ちなみに親潮南限緯度の1976年以前の2月と3月の平均は北緯39.66°と39.86°であったが, 1977年以降のそれは38.65°と37.75°である。その差はそれぞれ1.01°(112 km), 2.11°(234 km)に及ぶ。

オホーツク海の全海水面積の平均では2月は大きな違いはなく, 1977年以降の正の相関係数の増加は親潮の南限緯度の低下が関与している。一方, 北海道沿岸の海水面積率の2月と3月の平均は76年以前でそれぞれ65.5%と50.5%であるが, 77年以降では73.6%と59.2%に増加している。親潮の南限緯度の低下に加えてこの北海道沿岸の海水面積率の増加が1977年以降の負の相関に寄与している。



第4図(a)オホーツク海全体の海水面積と親潮の第一分枝の南限緯度の1月, 2月および3月の相関, (b)北海道沿岸の海水面積率と親潮の南限緯度の同じく1月, 2月3月の相関, 図中の直線は1976年以前のデータから求めた回帰直線, 破線は1977年以後の回帰直線を示す. 全期間で求めた相関係数(R)を各図の右上に示す.

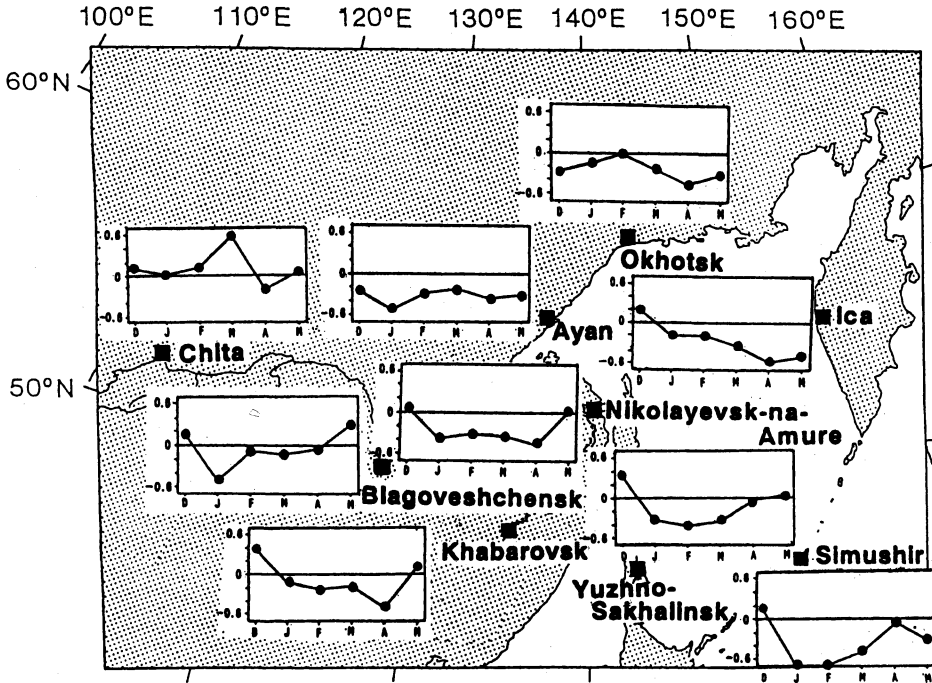
4. オホーツク海の海水面積と東北アジアの気温変化との関連

一般に海面近くの河川水を多く含む海水は密度が小さいために冷却されても海面から深く沈降できず, さらなる海面冷却によりこの低塩分水のみが早く凍る特徴がある. 降水が海洋に流出する時間にはダムの存在などで多くの差異があるが, 一般にこの二つの量の関係を考えれば, 降水量が多い程海水面積も多くなることが期待される. 一方, 気温との関連では負の相関が期待される. 第5図は各月のオホーツク海の全海水面積と各地の月別気温偏差との相関係数の変化である. 全体に渡り負の相関があり ($r_s=0.36$), オホーツク海の全海水面積が小さい冬には東北アジアは暖冬の傾向であることが示唆される. このことはオホーツク海の全海水面積の変動がシベリア高気圧やアリューシャン低気圧などの配置による下層大気の流れによると考えれば, ある意味で当然と考えられる. この傾向の1976年前後を境とする相関係数の変化(第1表)では, 1976年以前の方が1977以降より負の相関係数が相対的に顕

著である.

降水量と気温の月別平均値からの各月の偏差を第5図の全地点で平均したものとオホーツク海の全海水面積の相関を第6図に示した. 1月から3月にかけて正の相関がみられるが, 全体に気温の負の相関と比較して関連が小さい. 降水量が全海水面積に先行する1か月のラグ相関でも正の相関は大きくはならない. 降水量は気温と比較してオホーツク海の全海水面積との相関がない. このことはオホーツク海全体の海水面積の変動の大小には河川水の影響は小さいことを示唆する.

第7図はオホーツク海全体の海水面積が相対的に小さく, 親潮を含む亜寒帯循環が異常南下した1974, 81, 84年の冬の東北アジアの各月の1960~87年間平均気温からの偏差である. 前年の12月はアムール河流域で低温の偏差がみられるものの1月には顕著な高温となる. とりわけオホーツク海の北西沿岸領域では 3°C を超える高温偏差がみられる. 2月には弱い高温偏差がみられるが, 3月には全域でやや低温偏差となり, 4



第5図 1970年12月~1987年におけるオホーツク海の全海水面積と各地の月別平均気温の相関係数の変化。

月と5月は弱い高温の領域が目立つ。

第8図はオホーツク海の全海水面積と Bhanu Kumar (1988) によるユーラシア大陸全域の雪水面積の変化との相関である。顕著な正の相関がみられる。この正の相関は全期間を通じて顕著である(第1表)。ユーラシア大陸の雪水面積の大小は次の夏のアジアモンスーンの強弱を通じて太平洋の熱帯海域の海面水温分布の変化を生じる(安成, 1991: Yasunari and Seki, 1992)。これらの変化については次節で議論する。

5. まとめと議論

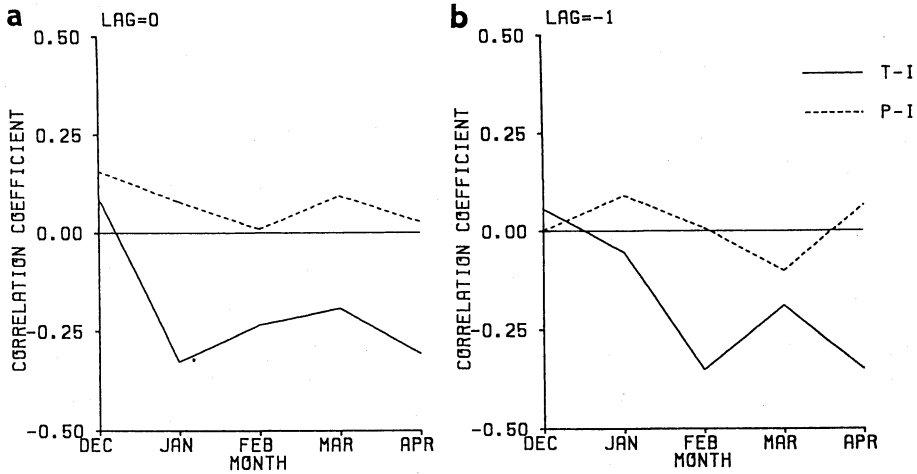
1976年以前と1977年以後1988年までの10年スケールの変化に注目して、オホーツク海全体の海水面積、北海道沿岸の海水面積率、親潮および亜寒帯循環の異常南下の発生、さらには東北アジアの気温や降水量、さらにユーラシア大陸の雪水面積の変動との関連について調べた。主な結果をまとめると以下ようになる。

(1) オホーツク海全体の海水面積と北海道沿岸の海水面積率の間には1月と2月には相関はみられないが、3月には正の相関となる。1976年以前と以後の比較により、77年以後は1月と2月の負の相関が相対的に強く、3月の正の相関は著しく低下した。76年以前は3

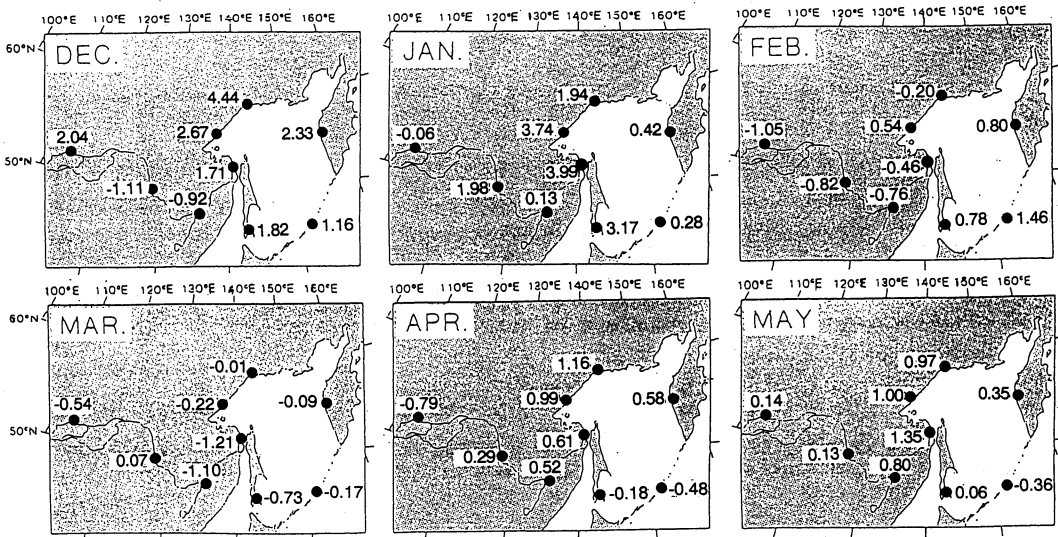
月に北海道沿岸の海水面積率は全海水面積に支配されるのに対し、77年以後では1月と2月に全海水面積と北海道沿岸の海水面積率が負の相関が明確で、3月になっても北海道沿岸の海水面積率はオホーツク海全体の全海水面積に依存しない傾向が示された。

(2) 親潮・亜寒帯循環が異常に南下した冬にはオホーツク海全体の全海水面積が平年値より小さく、北海道沿岸の海水面積率は平年値より大きい傾向が示された。この二つの傾向は1977年以後の2月と3月で強まっている。前者の77年以後の正の相関の増加は、主に親潮の南限緯度の減少、後者の負の相関の増加は主に親潮の南限緯度の減少と北海道沿岸の海水面積率の増加によることが推量された。

(3) 1月と2月のオホーツク海全体の全海水面積と東北アジアの気温には負の相関があり、オホーツク海全体の全海水面積が小さい年の真冬には東北アジアが暖冬となる傾向が示された。この傾向は1977年以後で減少している。オホーツク海全体の全海水面積と東北アジアの降水量の関連では海水の形成に河川水の流入が重要と考えれば正の相関が期待されるが、全期間に渡り気温の負の相関が降水量の正の相関よりも強いことが示された。このことはオホーツク海の海水の消長には河川水の流



第6図 (a) 降水量と気温の月別平均値からの各月の偏差を第5図の全地点で平均したものとオホーツク海の全海水面積の相関係数の変化。(b) 気温と降水量が1か月先行するとした場合のラグ相関係数の変化。実線が気温との相関係数、破線が降水量との相関係数をそれぞれ示す。



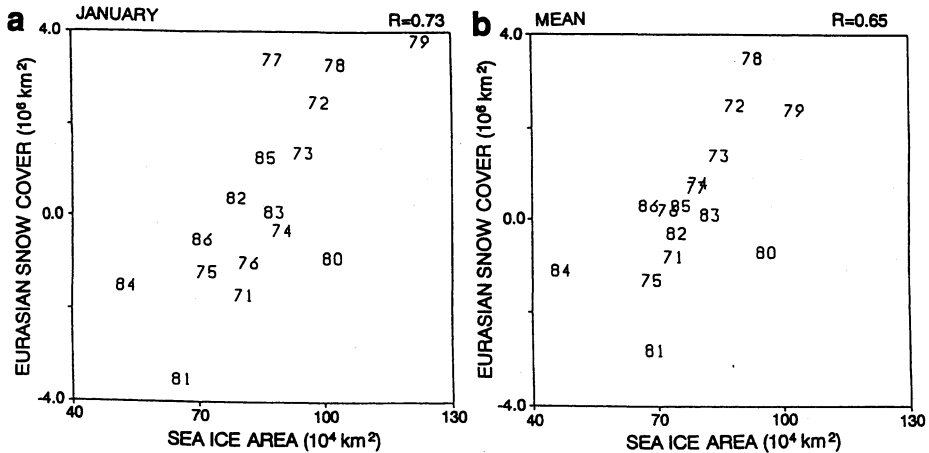
第7図 親潮が異常に南下した年の冬(1974, 81, 84年)の月別平均気温の1960年から1988年間の月別平均値からの偏差。

入の影響は二次的であることを示唆する。

(4) オホーツク海の全海水面積とユーラシア大陸の雪氷面積の間には顕著な正の相関がみられる。この正の相関は全期間を通じて顕著である。

以上の結果より、親潮を含む亜寒帯循環が異常南下した冬には (a) オホーツク海の全海水面積が小さく、(b) 北海道沖の海水面積率は大きく、(c) 東北アジアは暖冬であり、(d) ユーラシア大陸の雪氷面積は小

さい、などの現象が同時に生じる傾向が示唆される。これらの変動と太平洋の赤道海域を中心とした ENSO 現象などのグローバル大気海洋現象の関連について簡単に議論する。(d) に述べたユーラシア大陸の雪氷面積の減少は前にも述べた安成(1991)などの指摘により、次の夏のアジアモンスーンを弱めて西太平洋熱帯海域は相対的に高海面水温となり、その後の冬には逆に PNA パターンが形成されてユーラシア



第8図 オホーツク海の全海水面積と Bhanu Kumar (1988) によるユーラシア大陸の雪氷面積の相関。(a) 1月の相関, (b) 前年12月から2月までの平均値の相関。

大陸は上空にトラフが発生しユーラシア大陸の雪氷面積は大きくなる可能性が示唆される。一方、西太平洋熱帯海域の高海面水温はそれに伴うロスビー波の高緯度伝播で日本は高気圧に覆われ暑夏となり(Nitta, 1987), この暑夏に関連して次の冬の北海道沖の海水面積率は小さくなる可能性がある(青田ほか, 1992)。この場合(1)の結論よりオホーツク海全体の海水面積は逆に大きくなり東北アジアの気温は低いなど、次に来る冬には(a)から(d)に述べた現象と逆の現象が生じることが示唆される。これらより中高緯度を含むグローバルな大気と海洋が相互作用する一連の変化過程の存在が示唆される。

この一連の変化は2年の周期を持つが、赤道海域の水温変化に加えて第1図に示した親潮の第一分枝の南限緯度、オホーツク海の海水面積や北海道沖の海水面積率の変化にも明確な2年周期の変化は見られず、それぞれの過程にその他の要因が考えられる。その詳細については今後の課題であるが、(d)の現象による太平洋の西赤道海域の高海面水温からその後の中高緯度の変化を簡単に仮定したことの一つの問題がある。最近、岩坂ほか(1994)は赤道域の変化とは独立して北半球の中高緯度の気象や海面水温の変化があることを指摘している。今後、赤道海域の水温変化などに関連する北太平洋の大気や海洋循環の応答さらにはオホーツク海の海水面積変動などの相互作用を含む数値モデルを用いた定量的な議論を行う予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、有益なコメントとご支援をいただいた北海道大学流水研究施設の青田昌秋教授、白澤邦男博士に深く感謝する。また、気象庁数値予報課の吉川郁夫氏には気象庁からのデータをいただくにあたりいろいろとお世話になった。厚くお礼申し上げます。

参考文献

青田昌秋, 石川正雄, 植松恵理子, 1988: 北海道沿岸の流量の変動, 低温科学, 物理篇, 47, 161-175.
 青田昌秋, 植松恵理子, 1989: 氷海の研究とオホーツク海. 地学雑誌, 98, 600-612.
 青田昌秋, 石川正雄, 村井克詞, 1992: オホーツク海・北海道沿岸の海水勢力と気温の統計関係. 地学雑誌, 101, 485-490.
 麻生 正, 1986: オホーツク海の海水分布と気象. 札幌管区技術時報, 35, 5-14.
 Bhanu Kumar, O. S. R. U. 1988: Interaction between winter snow cover and location of the ridge at the 500 hPa level along 75° E, J. Meteor. Soc. Japan, 66, 509-514.
 石川正雄, 高塚 徹, 池田光雄, 白澤邦男, 青田昌秋, 1990: レーダー観測による北海道オホーツク海沖の流水分布, 低温科学, 物理篇, 48, 71-82.
 岩坂直人, Y, Zhang and J. M. Wallace 1994: エル・ニーニョ現象の北半球大気大循環および北太平洋海面水温変動へ与える影響の再評価. 1994年度春季大会講演予稿集, 46.
 Jones, P. D. 1991: Global temperature variations

- since 1861. In "Long-term variability of pelagic fish populations and their environment". Edited by T. Kawasaki *et al.*, Pergamon Press. 1-17
- 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, 1981: 1984: 気象庁全国海況旬報, No. 1245; No. 1353.
- 気象庁海洋気象部, 1988: 海水観測30年報告. 気象庁技術報告, **109**, 1-94.
- 気象庁編, 1989: 異常気象レポート'89. PP. 433.
- 松倉秀雄, 1975: 海水現象と東西指数との関連. 流水災害に関する特別研究報告書 (科学技術庁), 17-26.
- Nitta, T. 1987: Convective activities and the tropical western Pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation, J. Meteor. Soc. Japan, **65**, 383-390.
- Nitta, T. and S. Yamada 1989: Recent warming of tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation, J. Meteor. Soc. Japan, **67**, 375-383.
- 小幡紀和・赤川正臣, 1985: 北半球 500 mb 高度とオホーツク海の海水現象との相関. 研究時報, **37**, 105-113.
- Parkinson C. L. and A. J. Gradz 1983: On the seasonal ice cover of the Sea of Okhotsk, J. Geophys. Res., **88**, 2793-2802.
- Parkinson C. L. 1990: The impact of the Siberian High and Aleutian Low on the sea ice cover of the Sea of Okhotsk. Annals of Glaciology, **14**, 226-229.
- Pitcher, E. J., M. L. Blackmon, G. T. Bates and S. Muñoz, 1988: The effect of North Pacific sea surface temperature anomalies on the January climate of a general circulation model, J. Atmos. Sci., **45**, 173-188.
- 佐藤清富, 1984: オホーツク海の海水分布に及ぼす風及び海流の効果について, 研究時報, **36**, 193-198.
- Sekine, Y. 1988a: Anomalous southward intrusion of the Oyashio east of Japan. 1 Influence of the seasonal and interannual variations in the wind stress over the North Pacific, J. Geophys. Res., **93**(C3), 2247-2277.
- Sekine, Y. 1988b: A numerical experiment on the anomalous southward intrusion of the Oyashio east of Japan. Part 1 Barotropic model, J. Oceanogr. Soc. Japan. **44**, 60-67.
- 関根義彦, 1992 a: 1975年を境としたグローバルな大気海洋循環の変化. 海と空, **68**, 211-220.
- 関根義彦, 1992 b: 北太平洋の親潮及び亜寒帯循環の異常南下. 海の研究, **1**, 153-165.
- Tokioka, T., K. Yamazaki and M. Chiba 1985: Atmospheric response to the sea surface temperature anomalies observed in early summer of 1983. —A numerical experiment—, J. Meteor. Soc. Japan, **63**, 565-588.
- Wallace, J. M. and D. S. Gutzler 1981: Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, Mon. Wea. Rev., **109**, 784-812.
- Yamagata, T. and Y. Masumoto 1992: Interdecadal natural climate variability in the western Pacific and its implication in global warming, J. Meteor. Soc. Japan, **70**, 167-175.
- 山本乾輔, 1981: 北海道オホーツク海岸の最近の海水現象と極東域の 500 mb 東西指数について, 研究時報, **33**, 75-78.
- 山本乾輔, 1982: 極東域の東西指数からみたオホーツク海の海水について, 研究時報, **34**, 175-183.
- 安成哲三, 1991: 地球気候システムにおけるモンスーンの役割. 科学, **61**, 697-704.
- Yasunari, T. and Y. Seki 1992: Role of the Asian Monsoon on the interannual variability of the Global climate system, J. Meteor. Soc. Japan, **70**, 177-189.