

北西太平洋での水位振動と親潮南下

North West Pacific sea level Oscillation and Southward Intrusion of Oyashio

日比野忠史

Tadashi HIBINO

正会員 工博 広島大学工学部助教授 地域環境工学講座 (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1)

Estuary water quality is greatly influenced by the ocean, particularly the influences from ocean currents. Ocean currents have a very large thermal capacity, especially the Kuroshio and Oyashio. Thus, anomalous ocean currents generated anomalous estuarine water quality. This means that to consider the local bay's water quality needs to consider the global water currents (and quality). The change of sea level distribution is considered to be mainly controlled by distributions of high and low pressure systems. The water temperature around the Japanese coast is well controlled with the North West Pacific sea level Oscillation (NWPO) strongly influenced by the Aleutian Low pattern. The variation of sea level at most west Japan (Okinawa), which is southwest part of NWPO is considered to be well correlated with movement of ocean current.

Key Words: Global Circulation, Aleutian Low, Siberian High, North West Pacific, Oscillation

1. はじめに

三陸にある大船渡湾では夏季に貧酸素水塊が形成されている。三陸沖は親潮、黒潮、津軽暖流の混合域であり、沿岸域には季節によって様々な性質の水塊が離着岸している。貧酸素水塊の形成・消滅には湾外から湾内に流入する水塊が重要な働きをしていることがわかっていて、例えば、冬季以降にも三陸沖に親潮が停滞する（異常南下）時には、低塩分・低水温塊をもつ親潮水の湾内底層への流入によって底層水の低塩分（低密度）化が起これ、夏季に湾外水の浸入水深が深くなるために貧酸素水塊の形成が抑制される^{1), 2)}こと、さらに、親潮の異常南下はグローバルな気圧配置（PNA パターン）との関連が強いことが明らかにされている³⁾。沿岸域での水環境を検討していくためには海流等の動きや外洋からの影響を考えていくことが

必要であるが、北太平洋中層水の形成における亜熱帯循環系の作用や強さの理解は不十分であり、その変動についてはほとんどわかっていないのが現状である⁴⁾。このため、海洋運動と大気運動の密接な関係（テレコネクション）から前述した親潮の異常南下等を検討することが行われている。現在、南方振動はエルニーニョの指標として用いられており、南方振動指数(SOI)はタヒチ（ポリネシア）とダーウィン（オーストラリア）の気圧差で与えられる。また、エルニーニョの発達時には気圧配置に顕著な PNA パターンが現れており、日本周辺の水温変化がグローバルな気候と強い関連があることがわかっている。

日本周辺では西にアジア大陸、東に太平洋が広がるため四季（気候）に応じた気圧配置が形成される。暖候期には太平洋に小笠原気団（太平洋高気圧）が発達するために、気圧は太平洋で高く、日本海で低くなり、

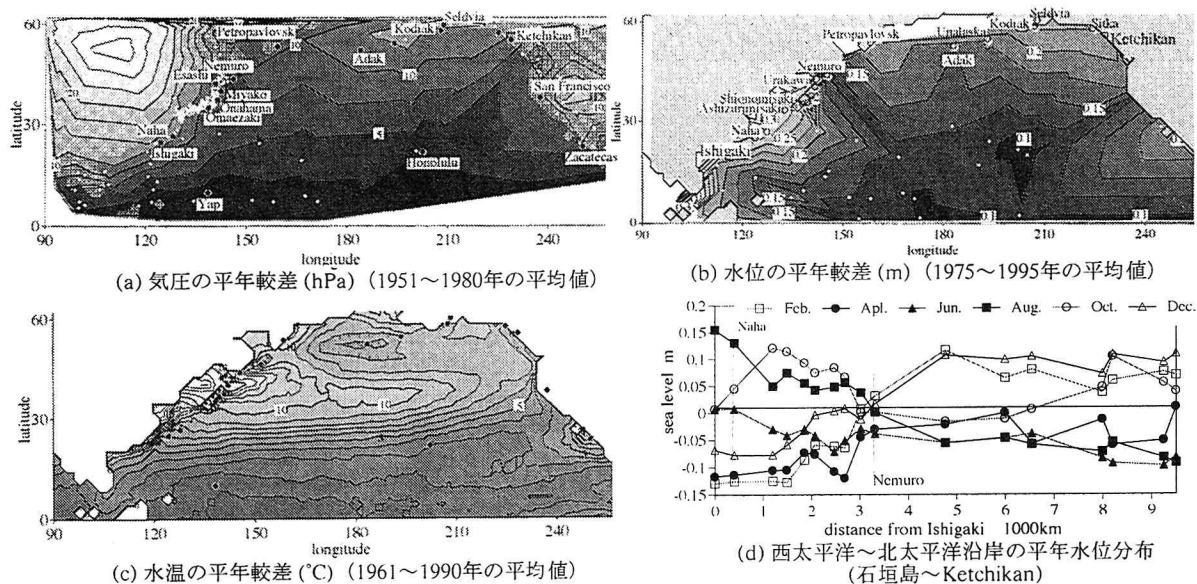


図-1 太平洋における気圧、水位および水温の年較差の平均値と太平洋沿岸の水位振動

東西方向に気圧勾配が形成される。寒候期になると北太平洋上空にアリューシャン低気圧が発達し、アジア大陸でシベリア高気圧が卓越し、暖候期とは全く逆の気圧配置となる。シベリア高気圧は小笠原高気圧に比較して大きく、日本周辺では夏季に比較して冬季に気圧が高くなる。

日本周辺海域では、黒潮、親潮の影響が大きく、通常、親潮は春季から晩秋まで南下し、親潮の北上と伴って黒潮は10月頃に日本沿岸に最も接近する。これらの海流の動きに伴って三陸沖での表層水温（水深100m）は晩秋に最大となっている¹⁾。

本論文では気象庁海洋観測資料、世界気象資料、海況解析データおよびUHSLC⁵⁾、JODC⁶⁾ 水位データを用いて平年時の気圧、水位、水温と海流との関連について検討を行い、日本周辺での水温変動を太平洋の気圧配置、水位振動から検討を行う。

2. 北西太平洋での水位振動

2.1 気圧・水位・海面水温の年較差

図-1には太平洋における(a)気圧（1951～1980年の平均値）、(b)水位（1975～1995年の平均値）の年較差、(c)海面水温（1°メッシュ値、1961～1990年の平均値）および(d)北西太平洋沿岸沿いの海面水位の年変動（観測点は図-1(b)に地名が示されてある）が示されている。図-1(a)、(b)中の・は本解析で用いた気圧・水位の観測地点を示している。

気圧の年較差が大きい海域では水位の年較差が大き

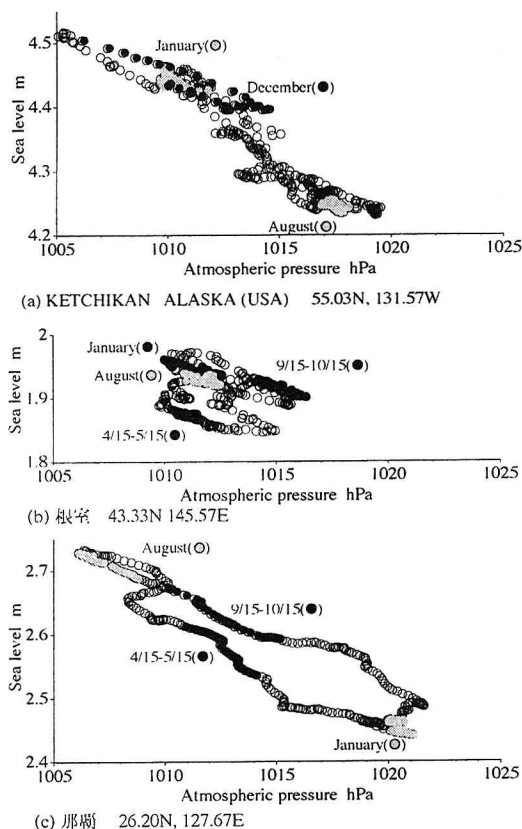


図-2 気圧と水位の関係（1987～1997年の平均値）

く、気圧配置の変化に類似した水位変動があることがわかる。水位変動の大きい海域は北太平洋と西太平洋（東シナ海、フィリピン海）であり、その中間にある北海道から南東に向かう海域では、水位変動が小さい。水温の年較差は日本沿岸域で最大で、年較差の大きい海域は亜熱帯暖流と亜寒帯寒流境界側に沿って延びている。高緯度海域では5℃以上の水温較差があり、太

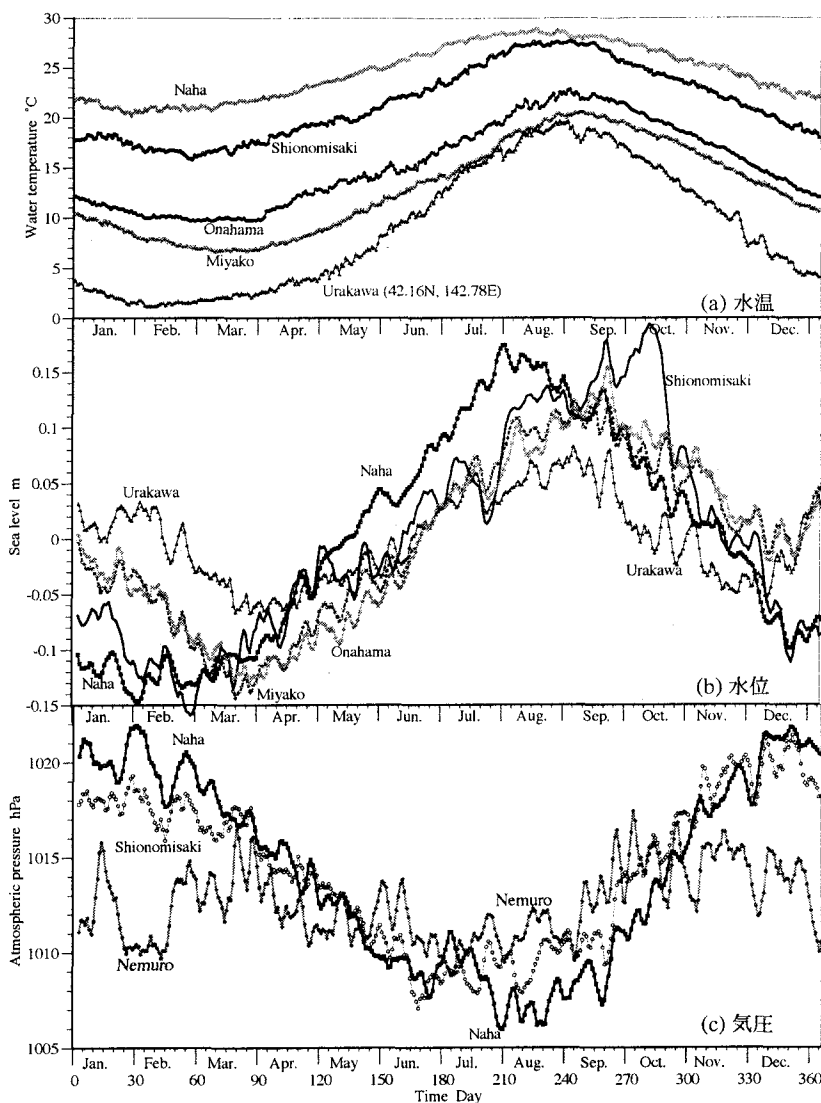


図-3 太平洋沿岸地域での水位、水温および気圧の平均年変動 (1985～1995年)

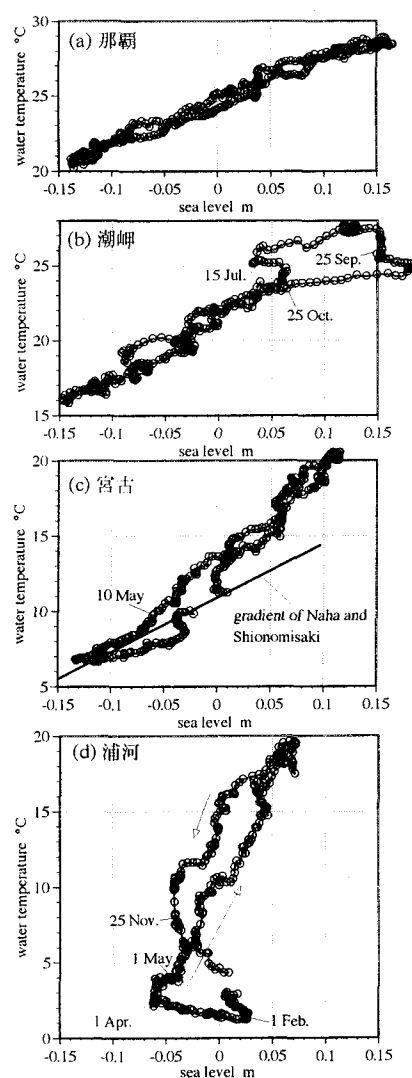


図-4 水位と水温の関係 (1985～1995年の平均値)

洋全域では、気圧・水位変動が大きい北西太平洋で水温変動が大きくなっている。

2.2 北西太平洋沿岸沿いの水位振動

図-1(d)から北太平洋沿岸沿いに海面勾配が形成されていることがわかる。振動の節は北海道付近に位置しており、冬季には北太平洋で水位が高く、夏季には沖縄諸島周辺で水位が高くなっている。図-2 には(a)Ketchikann (アラスカ)、(b)根室、(c)那覇での気圧と水位の関係が示されている。図-1(d)に示した水位振動の腹に位置する Ketchikan (北太平洋) と那覇 (西太平洋) とともに水位、気圧変化は大きく(ともに約 1.5cm/hPa の勾配)、気圧変化に対する水位変化の対応はよく、暖候期と寒候期の気圧～水位関係は逆になっている。節に位置する根室では気圧、水位とも変化は小さく、春季と秋季には気圧の変化に水位変化はよく対応して

いるが、冬季に気圧低下(水温上昇)、夏季に気圧上昇(水位低下)があり、北太平洋での特性が現れている。ちなみに、日本沿岸域で気圧～水位曲線がヒステリシスを描くのは夏型、冬型の気圧配置との関係によるものである(図-6)⁷⁾。

3. 日本沿岸域(太平洋側)での水温変動と気圧・水位変動

3.1 平均水温・水位・気圧の年変動

図-3 には太平洋沿岸に位置する浦河、宮古、小名浜、潮岬、那覇における海面の 1985～1995 年の同日の平均水温、水位および根室、潮岬、那覇での 1985～1995 年の平均気圧の経時変化が示されている。

那覇においては水温と水位は年周期の変動をしており、それらの最大値は8月上旬に現れている。しかし、

高緯度程、水温・水位とも最大値、最小値の出現する時期が遅れ、水位は2度のピークが出現するようになる。北日本（浦河、宮古、小名浜）で水位に2度のピークが現れるのは、アリューシャン低気圧の影響（北日本で気圧低下）が強いため（図-1(a)）、低気圧の発達する12～2月に水位のピークが現れている。さらに、水温勾配は北日本の沿岸域ほど大きくなっている。浦河では5月頃から8月頃まで0.16℃/dayの割合で上昇しており、7～8月頃には宮古の水温と同程度になっている。

根室の気圧は9月上旬から上昇し始め、北日本では水温・水位とも下降しているが、潮岬では9月下旬以降の気圧の上昇期においても水位は上昇している。太平洋沿岸域で水位勾配が大きくなっている6月頃から10月頃は根室と那覇の気圧が逆転している（この季節に黒潮系暖水塊が九州～四国南沿岸～紀伊水道に最も接近する⁷⁾）。浦河での水位は、この期間に低い傾向にあり、根室と那覇との気圧差が大きくなる7月中旬からは潮岬との水位差が大きくなり、潮岬の水位と逆の変化をしている。

3.2 水位～水温関係

図-4には那覇、潮岬、宮古および浦河における水位と水温変化の関係が示されている。水位～水温勾配は北日本で大きくなっていることがわかる。那覇での勾配が約0.3℃/cmであるのに対し、浦河では水位上昇期（4～8月）には1.5℃/cmある。さらに、浦河での水位下降期には時期によって勾配が変化しており、11月下旬から4月頃までは負の勾配になっている（11月下旬～1月；約-1℃/cm、2～3月；約-0.13℃/cm）。潮岬の勾配是那覇での勾配と同程度であるが、太平洋沿岸で水位の高くなる7月中旬頃から10月頃まで水位～水温曲線がヒステリシスを描いている。宮古での水位～水温勾配は1月頃から5月中旬頃までの勾配是那覇、潮岬の勾配と同程度であるが、5月頃から勾配が大きく（約0.6℃/cm）なっている。

以上のように水位変動にともなって水温が一樣な変化をしないのは、季節的に変化する流入水塊（海流）の存在を示している。沿岸域の水位と水温の関係を明らかにするためには局地的な気圧変化のみではなく、日本周辺の気圧配置や海流の動きとの関係が必要である。

4. 太平洋沿岸域での水温変動と海流

4.1 冷水塊（親潮、津軽暖流）の挙動

図-5には水深100mにおける各月の水温8℃の等値線が示されている。8℃の等値線から親潮系冷水塊（以後、親潮と呼ぶ）の南下・北上および津軽暖流系暖水塊の太平洋への流出の状況を知ることができる。平年時、親潮は図-5(a)から12月に最も北にあり、1月には南下し始め、5月に最も南下し、8℃以下の水塊は小名浜近くまで到達していること、図-5(b)から6月には北上し始め、9月頃から北上速度が速くなっていることがわかる。津軽海峡では図-5(b)から津軽暖流が太平洋に流出することによって、浦河付近での水温を上昇させていること、暖水塊は5月頃から太平洋に流出し、9月頃に東側方向への流出が最強となっていることがわかる。さらに、図-5(a)から親潮の南下時（12～5月）には親潮が津軽海峡に流入していることがわかる。

3.2節で示した宮古、深浦での水位～水温関係は図-5に示した親潮および津軽暖流の動きによって説明することができる。宮古での水位～水温勾配が5月頃から勾配が大きくなるのは親潮が6月頃には宮古沿岸から離岸するとともに、津軽暖流あるいは黒潮系暖水塊が接岸し、水温は上昇するためと考えられる。浦河において11月下旬から4月頃に水位～水温勾配が負になるのは親潮が浦河沖を越えて津軽海峡に接近するためであり、5月頃からの急激な水位～水温勾配の増大は津軽暖流が浦河周辺に接岸するためと考えられる。これらのことから沿岸域における水温の変動は海流の動きに強く依存していることがわかる。

4.2 親潮の動きと北西太平洋振動（NWPO）

図-6には親潮の(a)南下期と(b)北上期の北西太平洋沿岸沿いの海面水位と気圧の分布（図-1(d)と同様）が示されている。図-6(a)から親潮の南下時には北太平洋で水位低下（気圧上昇）、図-5(b)から北上期には水位上昇（気圧低下）していることがわかる。さらに、NWPOの西太平洋（日本周辺）での振動と気圧の関係は北太平洋と異なっていることがわかる。気圧変化は北太平洋での水位変化との位相は小さいのに対し、西太平洋では気圧変化が約5hPaある1～4月に水位変化が小さく（数cm）、気圧変化が数hPaの6～9月に20cm程度の水位増加がある。

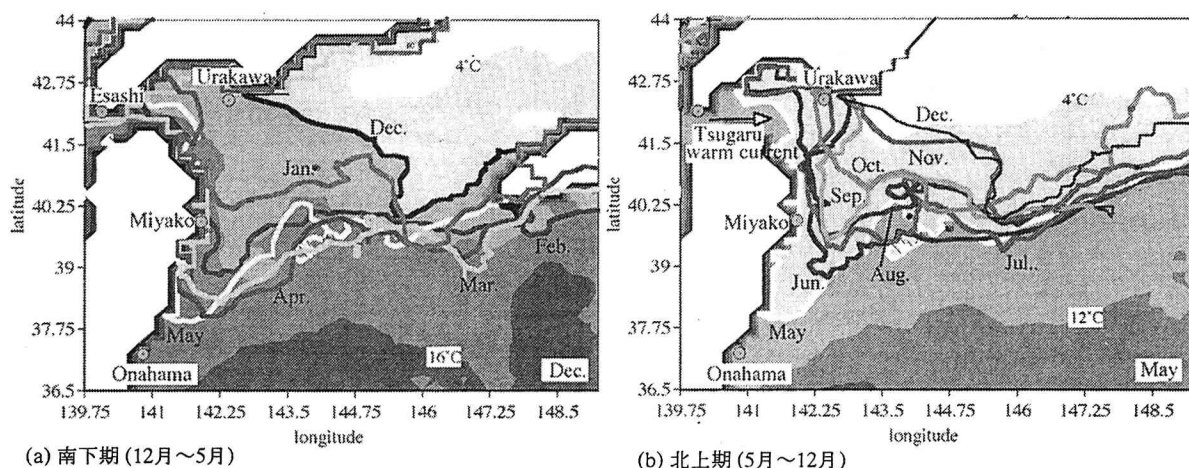


図-5 親潮の動き (水深100mの水温分布 (実線は各月の8℃の等値線))

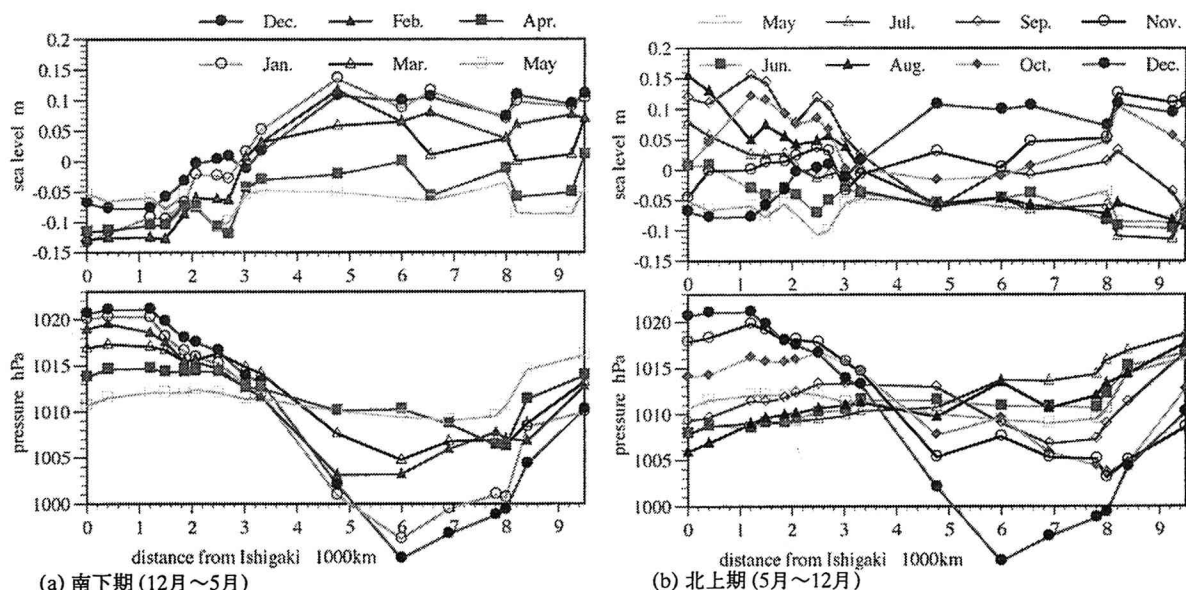


図-6 西太平洋～北太平洋沿岩 (石垣島～Ketchikan) の水位と気圧分布の年変動 (1985～1997年の平均値)

5. 考察

5.1 アリューシャン低気圧, NWPO と親潮・黒潮

図-7 には図-6 から求められた(a)Petropavlovsk, (b)宮古, (c)潮岬および(d)石垣島の各地点と根室間の水位勾配と気圧勾配との関係が示されている。図には気圧変動に対する水位変動を-1cm/hPa として示してあり、図-6 からわかるように根室付近が NWPO の節に位置していることから、各地点との水位差、気圧差を水位勾配、気圧勾配として表している。北太平洋にある Petropavlovsk では、気圧変動量に対する水位変動量は -1cm/hPa となっており、北太平洋における水位振動は気圧の変化に伴っていることがわかる。これに対し、日本沿岸域では気圧勾配に伴わない水位変動量が生じていることがわかる。日本周辺での水位勾配は春期に

小さく、秋期に大きくなっている (図-6)。宮古では水位低下のある春期に親潮は南下、水位上昇のある秋期には親潮は北上しており (図-5)、水位変動は親潮系水塊の南下・北上との関連が強いものと推定できる。一方、潮岬においては春期の水位低下量は宮古と同程度であるが、秋期、特に9～10月の水位上昇量が大きくなっている。黒潮系水塊は親潮の南下・北上に対応して四国沖に離岸・接岸しており、9～10月の水位上昇は黒潮系水塊の接岸の影響が大きいものと考えられる。以上のことから北太平洋における水位振動が気圧配置の影響を受けるとともに、親潮、黒潮等の海流の挙動と密接な関係にあることが示唆される。

5.2 NWPO のメカニズム

NWPO の発生はアリューシャン低気圧の発達によって北太平洋での水位が上昇し、消滅によって水位が

低下することで太平洋の南北方向で水位振動が生じることが大きな原因であると考えられる。さらに、冬季にアジア大陸、北アメリカ大陸側で高気圧が発達すること、特に、シベリア高気圧の勢力が大きいことにより、北太平洋～西太平洋での水位振動が顕著に現れる。

5.3 NWPO と親潮・黒潮の挙動

北太平洋での振動は亜寒帯寒流域と同等の空間スケールを有している（図-1）。このため、亜寒帯寒流域の水位上昇によって、寒流のもつポテンシャル渦度の半径は縮小すると考えられる。亜寒帯寒流の西端に位置する親潮は寒流の半径が小さくなると考えられる冬季に向かって北上し、半径が大きくなると考えられる夏季に向かって南下している（図-6）。これに対して西太平洋での水位変化は亜熱帯暖流域の西端における水位振動であり、太平洋の東西方向に波数1の水面起伏が生じていることになる。この起伏が、秋～冬期に九州南西（図-1(b)に示した年較差の大きい海域）に低気圧渦を生じさせ（地衡流調節）、秋～冬期の黒潮の四国沿岸域への接近を励起させるものと考えられる。

以上のように、NWPO が親潮、黒潮等の日本周辺海流の挙動に密接に関連していることが予想できる。

6. おわりに

日本周辺の水位・水温変化はグローバルな大気の流れとの関連が強いこと、沿岸域の水環境を検討するために必要な沿岸域に流入する水塊の離着岸と北西太平洋での水位振動との関係を明らかにした。

- (1)北西太平洋では北海道付近を節、北太平洋と西太平洋（東シナ海、フィリピン海）を腹とした年周期で水位が振動（北西太平洋振動；NWPO）している。夏季（冬季）には北太平洋で水位下降（上昇）、西太平洋で水位上昇（下降）している。
- (2)NWPOと太平洋上の気圧配置はよく対応しており、NWPOはアリューシャン低気圧の発達によって生じていると考えられる。
- (3)親潮の南下・北上はNWPOとの関連が強く、北太平洋で水位低下する時に親潮が南下し、北太平洋での水位上昇にともなって北上している。

謝辞：海域での水温は海況解析データ（気象庁）、気象庁海洋観測資料 No86-89、気圧は世界気象資料（気象庁）および太平洋の水位はハワイ大学水位センター⁵⁾、日本海洋データ

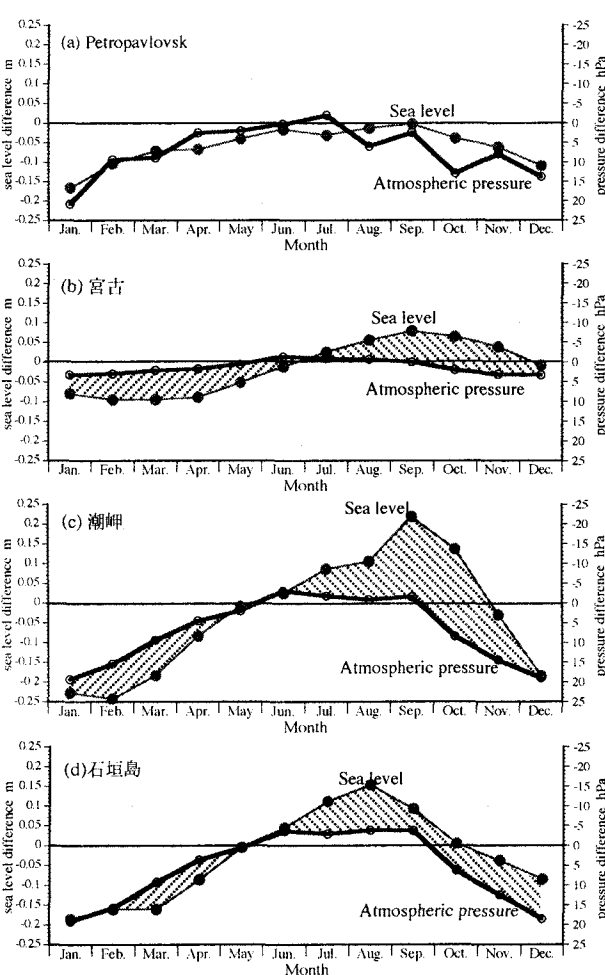


図-7 根室を基準としたときの水位勾配と気圧勾配の関係

センター⁶⁾ ホームページから入手している。

参考文献

- 1) 日比野忠史, 豊田政史, 深和岳人: 大船渡湾での貧酸素水塊の形成と消滅機構, 水工学論文集第43巻, pp.1073-1078, 1999.
- 2) 岡田知也, 中山恵介, 細川恭史, 古川恵太, 日比野忠史: 大船渡湾における底層 DO 濃度の変動に及ぼす湾外の影響, 海岸工学論文集第47巻(2), pp.1041-1045, 2000.
- 3) 例えば, 関根義彦: 北太平洋の親潮及び亜寒帯循環の異常南下, 海の研究 Vol.1, No4, pp.153-165, 1992.
- 4) 杉ノ原伸夫: 北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際研究計画(SAGE)-計画の背景と概要-, 月刊海洋 Vol.31, No11, pp.671-675, 1999.
- 5) University of Hawaii Sea Level Center, <http://uhslc.soest.hawaii.edu/uhslc/data1.html>.
- 6) 日本海洋データセンター, 海洋データオンライン提供サービス(JDOSS), http://www.jodc.jhd.go.jp/online_hydro_j.html
- 7) HIBINO, T, FURUKAWA, K: Preliminary Use of Global Meteorological Information as an Indicator for Long Term Water Exchange in an Estuary - Development of Aleutian Low and Ocean Current-, ICCE2000, 2000 (in printing).

(2000.10.2 受付)