

海流の内湾域水質に及ぼす影響 —三陸沿岸域を中心として—

Consequences of ocean currents for estuarine water quality along the Sanriku coast

日比野忠史

Tadashi Hibino

正会員 工博 運輸省港湾技術研究所主任研究官 海洋環境部 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1)

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 Tsushima warm currents. The Kuroshio, Oyashio and Tsugaru warm currents meet offshore from the Sanriku. Therefore, the water quality in bays along Sanriku coast can change with these three ocean current conditions. In this investigation, it was found that ① for an average year, the coast southern limit of Tsugaru warm current (summer) and northern limit of Kuroshio current (winter) are about 40° N (Miyako), ② Kuroshio waters intruded into Onahama are affected by the Kuroshio route at Hachijyojima (33.1° N, 139.78° E), ③ from the middle of September to January, yearly water temperature deviation is small.

Key Words: Kuroshio, Oyashio, Tsugaru Warm Current, Sea level, Water temperature

1. はじめに

内湾域の水環境に対する海洋運動の影響, さらには, 気候の変動や温暖化など地球規模の現象による変化の程度をどう考えていくか, 沿岸環境保全のために, どれだけ自然力を利用することが可能であるか, これらの問題は内湾域での現象のみで明らかにすることは不可能であり, 外洋と内湾域での海水の流出入を考えることが必要である。外洋から内湾域にいつ, どのような性質の海水が流入し, これらによって内湾域での生態系にどのような影響を与えているかを知ることが重要となる。本論文では気象庁海洋観測資料・海況解析データおよび岩手県沿岸海域調査データを用いて海流の本州東沿岸内湾域への影響について検討を行っている。

日本は西にアジア大陸, 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。日本周辺沿岸域では, 次に示す気候・気象(気圧場の変動)に応じた様々な変化が起こっている。

①日本周辺では, 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, 東西方向に気圧勾配が形成される。寒候期になるとアジア大陸でシベリア気団(高気圧)が卓越し, 暖候期とは全く逆の気圧配置となる。

②黒潮域(29° N, 135° E)水深100mでの水温は $19\sim 22^{\circ}$ C(5月頃～11月頃まで成層)の範囲で変化する。黒潮内での水温は2月に低く, 8月に高いのに対し, 津軽暖流域($37^{\circ} 55'$ N, $134^{\circ} 33'$ E)では水温のピークの特定は難しく(気象変動等による数週間～数ヶ月の変動(約 5° C)が大きい), 短周期の変動を除くと $8\sim 13^{\circ}$ C変化がある。本州南岸の沿岸域に現れる黒潮系水塊の塩分は34.5程度で, 黒潮の内側での塩分は34.7以上ある¹⁾。

③日本沿岸域では冬季に向かって水位が低下(西日本で低下量大)する。日本海では9月頃からの水位低下に伴って対馬海峡から高塩分の海水が流入する²⁾。

④夏季, 三陸沖には北から親潮, 南からは黒潮系水塊の勢力が及び, さらに三陸の沿岸沿いに津軽暖流が南下する³⁾。

2. 黒潮・親潮域沿岸の水位・水温変動

(1) 日本沿岸域での水温の年較差

Fig. 1 には 1990～1997 年の月毎に平均された日本沿岸の海面（水深 100m）水温の年較差（11 月と 5 月の差, 100m 水深の水温は日本沿岸域では 11 月頃高く, 5 月頃低い）および本解析で用いた水位・水温の観測地点（上段には 11 月と 5 月の同年間の平均海面水温）が示されている。水温較差では色の濃い範囲（黒い範囲は負）が水温差が大きい海域を示している。水温較差の大きい海域（濃い範囲）と海流流路との対応が良い。すなわち, 黒潮（約 3-4℃）, 津軽暖流（4-8℃）, 三陸沿岸の親潮域（約 7℃）, 日本沿岸の対馬暖流（3-6℃）では水温の年較差が大きく, これらの海流の影響を受ける沿岸域（内湾）では外洋水塊の季節変動の影響が強いことが予想される。

(2) 八丈島の水位・水温変化と黒潮流路

Fig. 2 には 1987～1996 年までの八丈島における日平均水位と日水温が示されている。図上段の太実線は 10 年間の平均値, 太破線は上限値, 下限値を表している。黒潮が八丈島の北側を通ると水位が上昇, 南側を通ると水位が低下するため, 上限値と下限値は約 1 m の幅で変化している。水温の変動幅も大きく, 7℃以上の

差が生じる場合もある。1991 年は 8 月まで水位および水温とも低い状態が継続している（黒潮が蛇行し, 八丈島の南側を通るときには, 八丈島は本州南岸の冷水塊域に入っているために水位・水温が低い, Fig. 6(a)）。

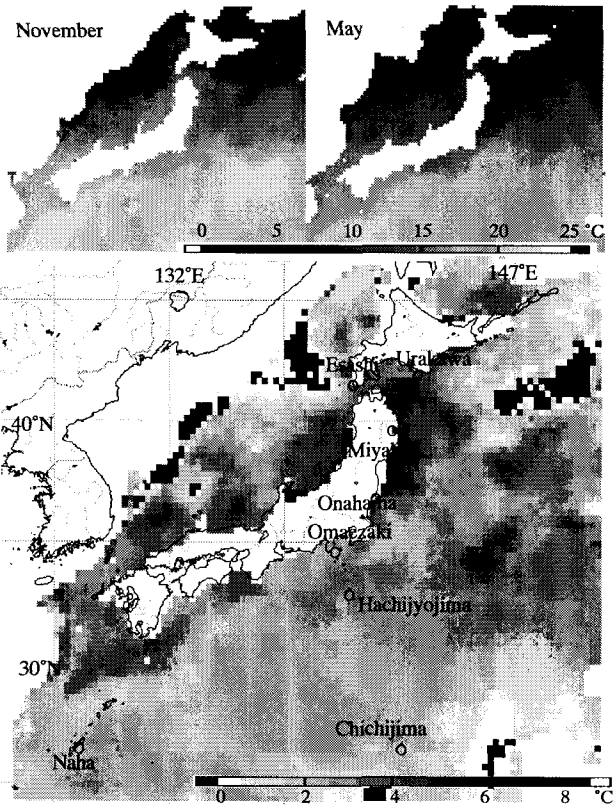


Fig.1 Range of sea subsurface temperature distribution around Japan (average from 1990 to 1997, JMA)

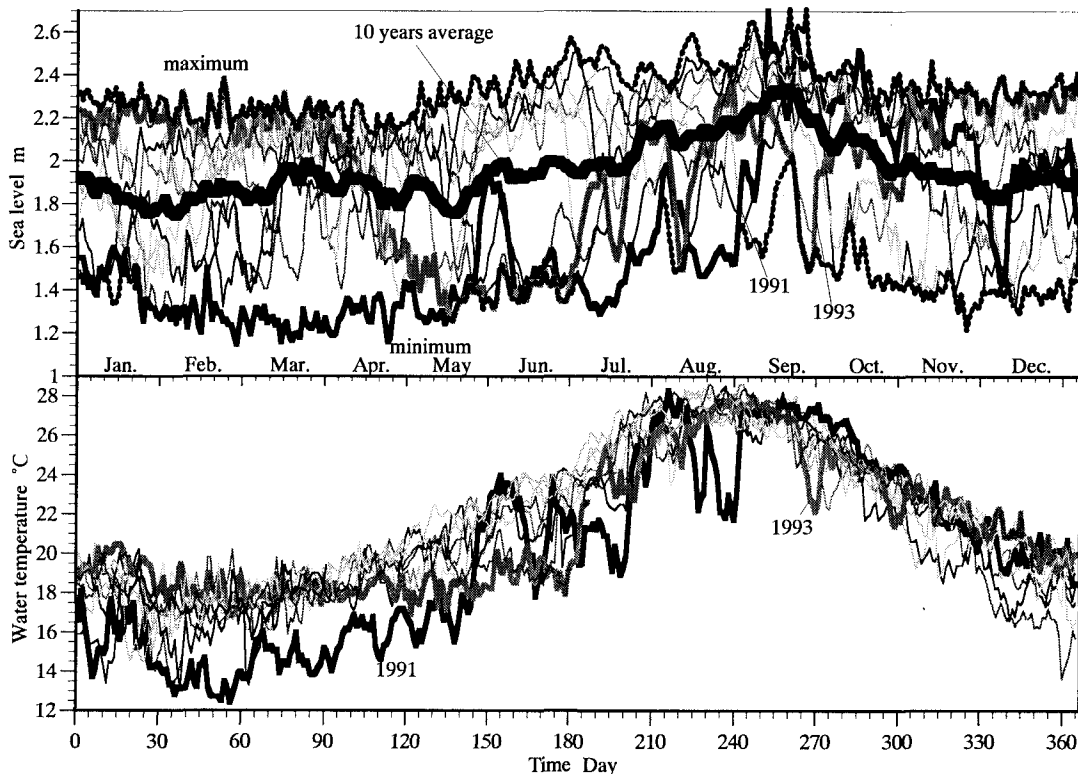


Fig.2 Seasonal change of sea level and water temperature at Hachijojima (1987-1996, JMA)

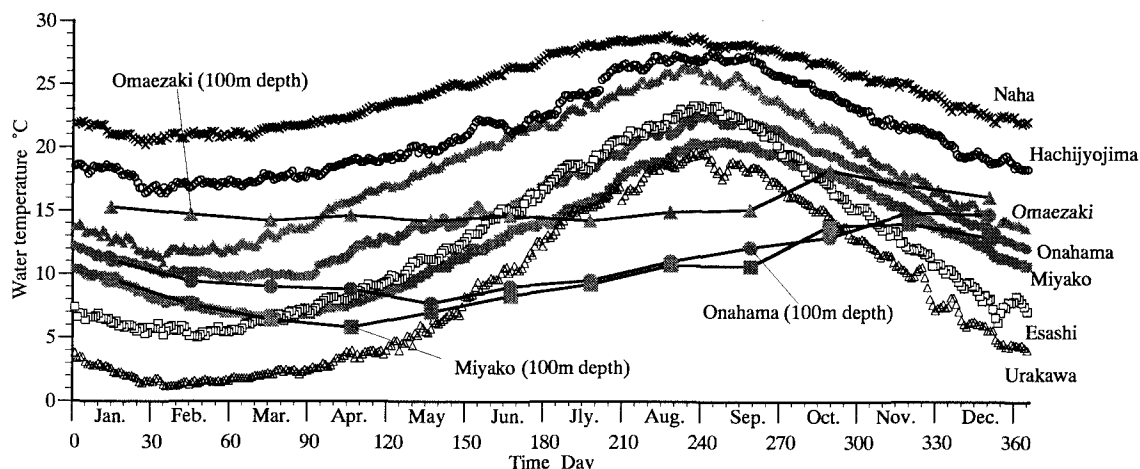


Fig.3 9 year average water temperature at Hokkaido (Esashi, Urakawa), Miyako, Onahama, Omaezaki, Hachijyojima and Naha

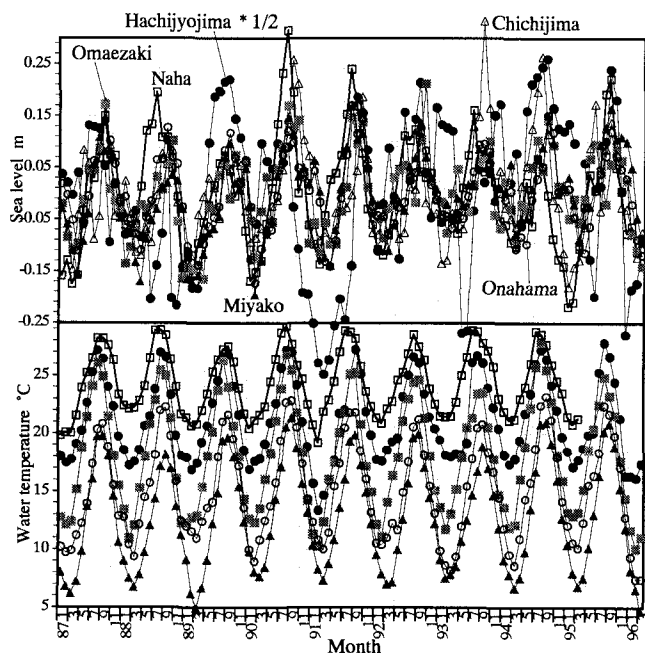


Fig.4 Average monthly sea level and water temperature at Naha, Omaezaki, Hachijyojima, Chichijima, Onahama and Miyako

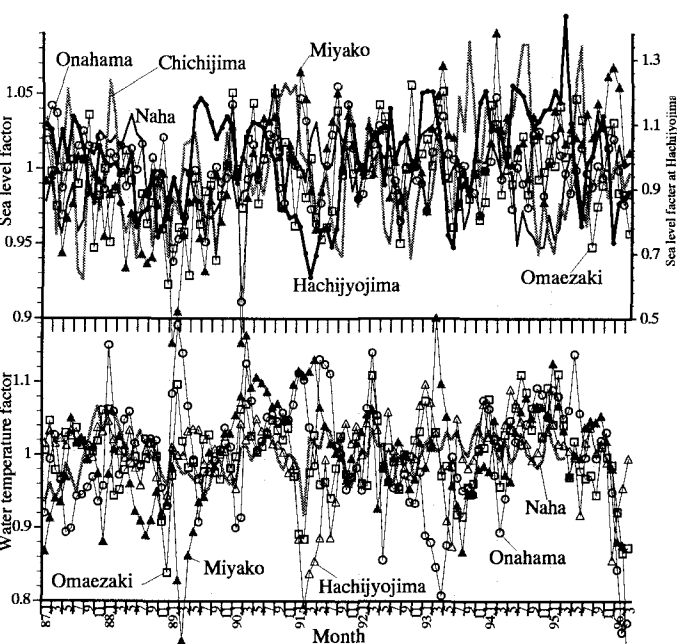


Fig.5 Sea level and water temperature factor (Average monthly sea level divided by long term average from 1987 to 1996)

なお、1987～1996 年では、黒潮は八丈島の北側を流れる頻度が多く、八丈島の 10 年間の水温変化は黒潮域の水温に近い値を示している。

(3) 太平洋沿岸域（日本）の水温変動と海流

Fig. 3 には北海道（江差（日本海側）、浦河（太平洋側））、本州東岸（宮古、小名浜）、八丈島、御前崎、那覇における表層の 1987～1995 年の同日の平均水温および宮古、小名浜、御前崎での 100m 水深の 1990～1997 年の平均水温の経時変化が示されている。

水温の年較差は①江差、浦河（北海道）で大きく（約 17.5℃）、②那覇（約 8℃）、八丈島（約 10℃）で小さい。③八丈島では 3～5 月、浦河、江差で 5～8 月、宮古、小名浜では 4～10 月に八丈島との水温差が小

さくなる。④浦河の水温と宮古の水温は 7～8 月頃に等しくなっている。⑤江差の水温は浦河の水温よりも高く、5 月頃最大（水温差約 5℃）、11 月下旬に最小（約 2℃）となる。⑥宮古、小名浜、御前崎の水温変化は類似しており、水温差は 10～1 月に小さくなる。これらの水温変化（①～⑥）は海流との関係が強いと考えられる。①、⑤で江差の水温が小名浜より高くなるのは対馬暖流、津軽暖流によって暖水が北海道南岸に運ばれるためである。津軽暖流は夏季に津軽海峡通過後、一部が三陸沿岸沿いに南下するため、浦河での水温上昇勾配が大きくなり、宮古での水温と等しくなると考えられる（④）。三陸沿岸～御前崎の水温変化（⑥）は黒潮、親潮に関係していると考えられる。2

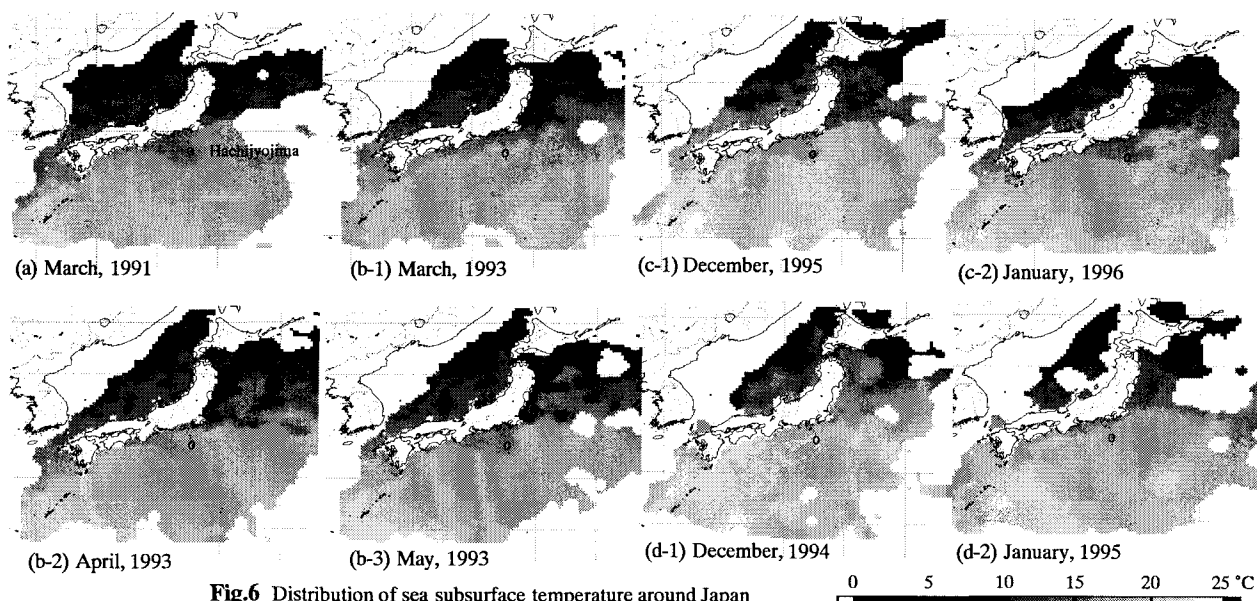


Fig.6 Distribution of sea subsurface temperature around Japan

月頃から三陸沖に親潮が南下し始めると、親潮が北上する9月頃まで宮古と小名浜に水温差が生じている。御前崎では12~2月頃まで100m水深の水温が高く、表層水温は小名浜に近い値が観測されており、親潮系の冷水塊が駿河湾に流入しているものと考えられる。

(4) 海面水位と水温変動

Fig. 4には1993~1996年までの宮古、小名浜、八丈島（水位は縮尺1/2）、父島、御前崎および那覇の月平均水位と月平均水温、Fig. 5には月平均水位の10年間の平均値（水位・水温、1987~1996年）との比の経月変化が示されている。Fig. 4と5から①八丈島と他の沿岸域との水位変化の関係は、1989と1994年以外は比較的対応がよいこと、②1989、91、93、96年に宮古、小名浜での水温変動が大きいこと、③②の変動は宮古で水温が低く、小名浜で高い(1989)、その逆(1993)、宮古、小名浜で高い(1991)、両地点で低い(1996)場合があることがわかる。さらに、八丈島と本州沿岸での水位変動の対応が良いことから、④黒潮流路が本州沿岸域での水温に影響を与えていることが示唆される。

(5) 黒潮蛇行と本州東岸での水温変動

Fig. 6に宮古、小名浜で水温変動に特徴のある（上記③）(a)1991.3、(b)1993.3-5、(c)1995.12-96.1の日本周辺100m水深の水温分布（水深100m）を示した。(d)1994.12-95.1は(c)との比較のために示している。図から八丈島での低水位・低水温状態（Fig. 5）と黒潮蛇行との関係が大きいことがわかる。1991年は八丈島の南側で黒潮が蛇行し、黒潮系暖水塊が鹿島灘に接岸

している。小名浜での水温上昇は黒潮系暖水塊の影響を受けていることが予想できる。1993年は2月から八丈島で水位が低下し始め、5月には約30%水位低下しており、黒潮が蛇行する過程と対応している。小名浜での水温低下は4月に最大で5月には水温は上昇している。これは黒潮が八丈島の西側で蛇行したためであり、黒潮がこの流路をとる場合には黒潮系暖水塊は房総半島の西側に着岸する。また、1991、93年とも宮古では水温の上昇が観測されているが、Fig. 6からは黒潮流路との直接の関連は小さいと考えられる（津軽暖流との関連を次章で述べる）。

1995/96年冬はPNA（太平洋／北米）型の大気変動パターンが現れており、北日本と東日本の各沿岸域では平年に比較して約5%の水位上昇がみられている。PNA型の大気変動パターンが現れると親潮の異常南下が観測され⁴⁾、三陸沿岸にある大船渡湾（39°N）では冬季に低塩分状態が観測されている²⁾。Fig. 6(c)と(d)を比較すると1995/96年冬には親潮系水塊が鹿島灘以西に達している（宮古、小名浜、御前崎水温が並年に比べ約3℃低い、Fig. 4）ことがわかる。御前崎の水温は相模湾（本州南岸）の冷水塊の影響が強いが、親潮の異常南下時には、親潮系の冷水塊が御前崎まで達していると考えられる。

3. 三陸沿岸での海流の挙動

(1) 三陸沖（39-40°N）での水温分布

Fig. 7に40°N, 141°59'E（黒崎）~143°03'Eと39°

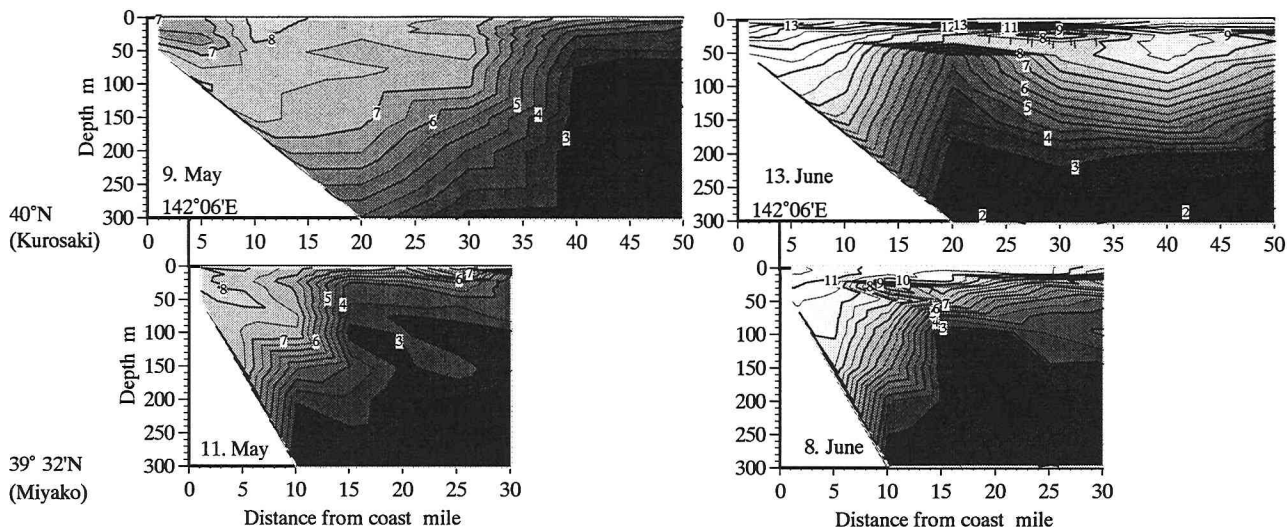


Fig.7 Water temperature distribution at 40°N, 141° 59'E - 143° 03'E and 39° 32'N, 142° 06'E - 142° 45'E (1989)

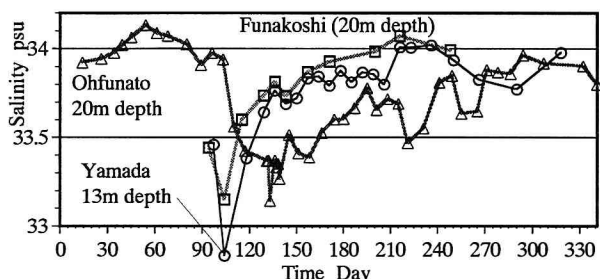


Fig.8 Salinity variation at Sanriku (1989)

32°N, 142° 06'E (宮古) ~142° 45'E において 1989 年 5 月と 6 月上旬に観測された水温分布, Fig. 8 に三陸の山田湾(39° 29'N), 船越湾(39° 29'N), 大船渡湾(黒崎)での塩分の経時変化を示した(岩手県水産試験場³⁾). Fig. 7 と 8 から 4 月には親潮系の冷水塊(5℃以下)が三陸沖に南下しており(4 月初旬には黒崎沖 15mile, 宮古沖 10mile に親潮³⁾), 黒崎より緯度の低い宮古沿岸に接近しているのがわかる. また, 5 月上旬に宮古沿岸(0-5mile)で水温が高く, 黒崎で低くなっているが, 6 月上旬には逆転している. これは津軽暖流が 5 月下旬以降, 黒崎以南に流下したためと考えられる. Fig. 3 で示したように津軽暖流は 4 月頃から浦河に着岸し始めており, 8 月では江差, 浦河, 宮古を結ぶ海域で水温が高くなっている (Fig. 1).

Fig. 8 から高緯度の山田湾, 船越湾では低緯度の山田湾よりも約半月早く塩分が低下し, 約 2 ヶ月早く塩分が上昇していることがわかる. 1989 年は 4 月上旬には親潮系水塊(塩分 33.5 以下)が三陸沿岸(黒崎, 宮古, 山田)に達しており, 4 月中旬頃には大船渡湾まで到達している. 4 月下旬には津軽暖流系水塊が山田湾に流入しているが, 大船渡湾への影響は確認でき

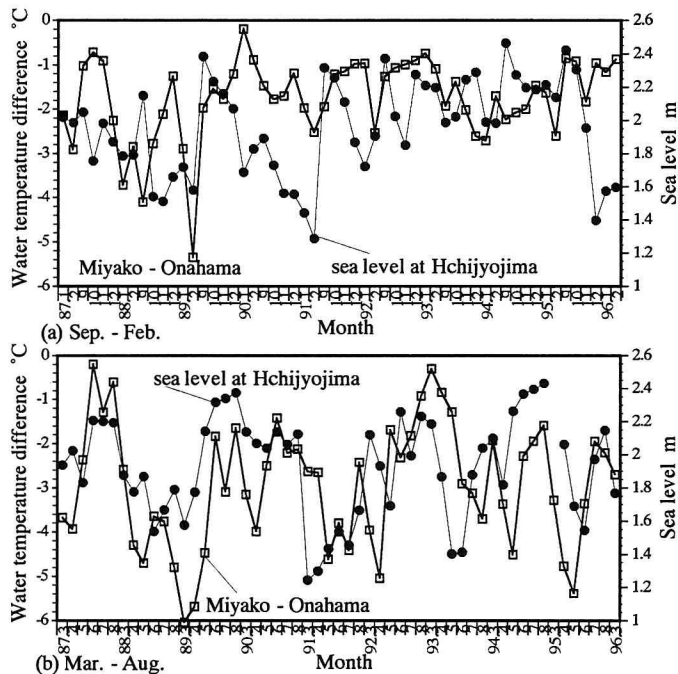


Fig.9 Relationship between water temperature difference (Miyako - Onahama) and sea level at Hachijojima

ない(到達していない). 1989 年 4 月以前の親潮の宮古沿岸への接岸, 約半月後の大船渡付近への南下, 同時期の津軽暖流の宮古沿岸までの南下があったことが推測できる. これらのことは, 三陸沿岸内湾域では湾内水の水質が接近する海流の水質に依存している(影響が大きい)ことを示している.

(2) 黒潮流路と三陸沿岸の内湾域での水温変化

Fig. 9 には 1987~1996 年までの宮古と小名浜との月平均水温差と八丈島の月平均水位の経時変化 (a) 9~2 月, (b) 3~8 月) が示されている. 図から親潮が三陸沖に南下する 3~8 月に宮古と小名浜との月平均水温差と八丈島の月平均水位は良い対応関係にあること

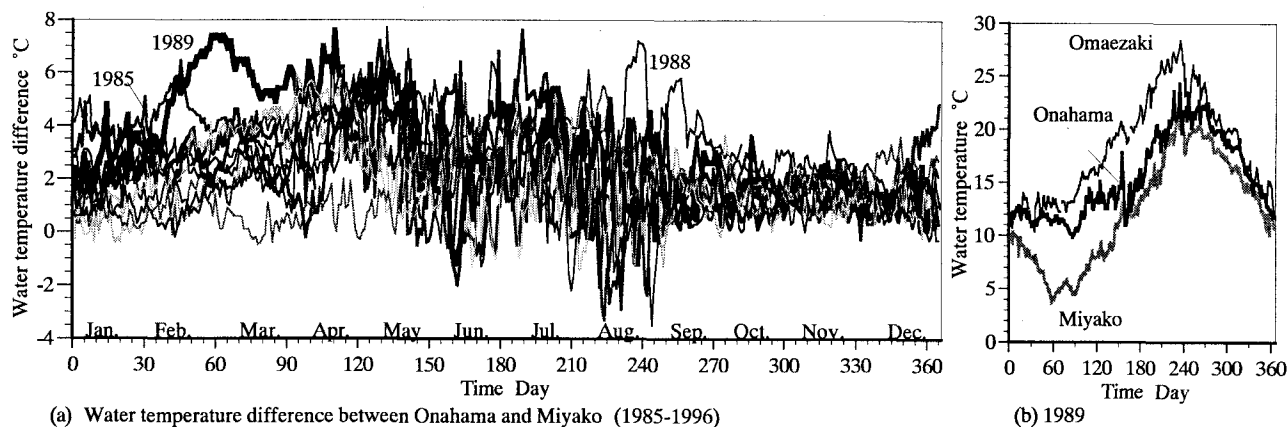


Fig.10 Seasonal change of water temperature

がわかる。宮古と小名浜に水温差が生じる主因として親潮の南下状態が考えられる。黒潮が八丈島の北側を通過する（高水位）時には水温差が小さく、南側を通過する（低水位）時には大きい。これらは北側を通過する場合には小名浜への黒潮系水塊が流入が小さく、南側を通過（蛇行）する場合には小名浜への黒潮系水塊が流入が大きくなることを示している (Fig.6(a),(b))。

(3)海面水位と三陸沿岸の内湾域での水温変化

親潮が北上する9～2月では八丈島の水位に関わらず、宮古、小名浜の水温差は小さくなっている (Fig. 9)。87～89年は宮古、小名浜の水位差が大きく（約10cm）、宮古で水温が低くなる頻度が高い。Fig. 5から87～89年は並年に比較して太平洋沿岸域で約5%水位が低くなっていることがわかる。宮古での水温の低下は親潮系水塊の影響によるものと考えられ、太平洋沿岸の水位低下と親潮の南下の関連は大きいことが予想される。ちなみに、95/96年11～2月はPNA型の大気変動パターンが現れた（親潮の異常南下）結果、宮古、小名浜とも水温が低下し、水温差が小さくなっているため、87～89年の水温低下とは異なる。

(4)三陸沿岸の内湾域における開境界の考え方

Fig.10には(a)1987～1996年までの宮古と小名浜との水温差、(b)1989年の宮古、小名浜、御前崎での水温の経時変化が示されている。約10年間の観測において9月中旬～1月は約2℃の幅で変動しているのに対し、5～9月中旬の水温変動幅は約6℃ある。

本州東岸沿岸域（宮古～小名浜）の内湾における水温の開境界条件として、9月中旬～1月では並年の水温変動を与えることができるが、他の月は親潮や津軽暖流水塊が三陸沖に流下し、年々の変動量が大きいため、太平洋沿岸の海面水位、黒潮流路、大気変動パターン等の

効果を考慮する必要がある。

4. おわりに

- (1) 本州沿岸の内湾域では海流の流路によって湾内に流入する水塊特性が異なる。親潮は3月頃宮古付近に接近し、4月頃には大船渡付近にまで南下する。津軽暖流の影響は5月頃宮古付近まで南下するが大船渡へは小さい。冬季には親潮の影響を受けた水塊は駿河湾にも現れる。
- (2) 親潮が三陸沖に南下する3～8月頃に黒潮が八丈島の北側を通過する場合には小名浜への黒潮系水塊が流入が小さく、南側を通過（蛇行）する場合には小名浜への黒潮系水塊が流入が大きくなる。
- (3) 9月中旬～1月の親潮が北上している期間は、三陸沿岸域（宮古～小名浜）では並年の水温を与えることができるが、親潮や津軽暖流水塊が三陸沖に南下する期間は、太平洋沿岸の海面水位、黒潮流路、大気変動パターン等の効果を考慮する必要がある。

謝辞：大船渡湾の水温、塩分、溶存酸素のデータは岩手県水産技術センターから提供を受けている。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 を用いている。ここに記して謝意を表すものである。

参考文献

- 1) 気象庁海洋気象部：気象庁海洋汚染観測速報
- 2) 日比野ほか：海面水位の変動が内湾域の水環境に及ぼす影響-大船渡湾での貧酸素水塊の形成と消滅機構-、港研報告 Vol.38, No.3, pp.3-36, 1999.
- 3) 岩手県水産試験場：平成元年度赤潮防止対策事業、岩手県沿岸海域、1990.
- 4) 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.

(1999.9.30 受付)