

対馬海峡から日本海へ流入する海水の 水温・塩分の季節変化*

小 川 嘉 彦**

Seasonal Changes in Temperature and Salinity of Water Flowing into the Japan Sea through the Tsushima Straits

Yoshihiko OGAWA

Abstract

This paper aims at furnishing authentic information concerning seasonal changes in water characteristics, temperature and salinity, of water flowing into the Japan Sea through the Tsushima Straits, the southwestern entrance of the sea. Data used here were based on 124 hydrographic observations carried out from January 1964 through December 1980 along a section across the Tsushima Straits between Kawaziri, Japan and Ulsan, Korea. Statistical treatments of the data provided sections of monthly mean temperature, salinity and standard deviations of them. The sections show considerable seasonal changes in both temperature and salinity, and even in the standard deviations; high-temperature and low-salinity water masses flow into the Japan Sea during summer and autumn, while low-temperature and high-salinity water masses appear during winter and spring. Thus, the highest temperature above 27°C and the lowest salinity below 31.75‰ occur at the surface in September, while the lowest temperature around 13°C in March and the highest salinity above 34.7‰ in April. Even in the core of the high-salinity water below the seasonal halocline, core salinities show a seasonal change ranging from about 34.7‰ in April to about 34.4‰ in October. Profiles of the standard deviations indicate that variations are great at the surface and in the upper thermo- and haloclines. Great standard deviations of temperature also occur at the bottom implying intermittent occurrences of the cold water at the bottom. Without those layers, large parts of the sections show small standard deviations (about 1°C in temperature and 0.2‰ in salinity), suggesting little year-to-year changes in the characteristics of the Tsushima Current Water.

1. 緒 言

対馬海峡を通過して日本海に流入する海水—対馬海流水—の水温・塩分には、明瞭な季節変化の存在することが指摘されている。例えば西田 (1953) は、1932年から1940年までの9年間、旧朝鮮総督府水産試験場と山口県水産試験場が、日本側の川尻岬と韓国側の蔚山の間で行なった対馬海峡横断海洋観測の結果に基づき、また南日・藤木 (1967) は、福岡県水産試験場が対馬厳原と福岡県

玄界島との間の対馬海峡東水道で1913年から1952年までの40年間実施した海洋観測結果に基づき、それぞれの横断面での各月水温・塩分累年平均値の断面分布図を提示している。南日・藤木 (1967) の扱った資料は40年にもわたる膨大なものである反面、対馬海峡の東水道のみに限られ、対馬海峡を横断する全断面をカバーしていないうらみがある。西田 (1953) の提示した図は対馬海峡を横断する全断面で累年平均水温・塩分の分布を示した唯一のもので貴重な情報である。ただ、この図はガリ版印刷で配布されており、現在では入手することが容易でないという難点がある。また、西田 (1953) の扱った資料は戦前のものに限られている。

* 1983年4月4日受理

** 山口県外海水産試験場
Yamaguchi Prefectural Open-Sea Fisheries Experimental Station, Nagato 759-41, Japan

戦前の、とりわけ地方庁水産試験場が行なった海洋観測から得られた資料についてみると、(1) 調査船の航海計器がきわめて不十分であったために、測点位置決定の精度が悪いこと、(2) 北原式採水器による一層ごとの観測であり、水温の測定精度も高くないこと、(3) 採水試料の塩分は比重から換算されている場合が多いことなどから一般に測定値の精度には疑問が多い。因みに、山口県外海水産試験場がナンゼン採水器とリヒター・ウィーゼ型転倒寒暖計を用いるようになったのは、“対馬暖流開発調査”の始まった1953年以降のことであり、レーダー・ロランなどの航海計器とともに電動測深儀が調査船に装備されたのは、実に1961年のことである。

その後山口県外海水産試験場では1963年の“異常冷水対策水産資源調査”とそれに続く“漁況海況予報事業”の中で川尻～蔚山間の海洋観測を再開し、現在に至っている。ここではこれらの観測から得られた新しい資料を、基礎的情報として水温・塩分の断面分布図のかたちで一般に供することを目的に整理した結果を報告する。特に本報では、従来提示されなかった水温・塩分の累年平均値に対する標準偏差についても併せて断面分布図を提示し、その特徴について考察する。

2. 資料と方法

用いた資料は1964年1月から1980年12月までの間山口県外海水産試験場が川尻～蔚山間の7測点 (Fig. 1) で行なった海洋観測結果のうち、ナンゼン観測によって得られた各基準深度における水温・塩分の測定値である。観測には、1975年5月までの間は山口県外海水産試験場

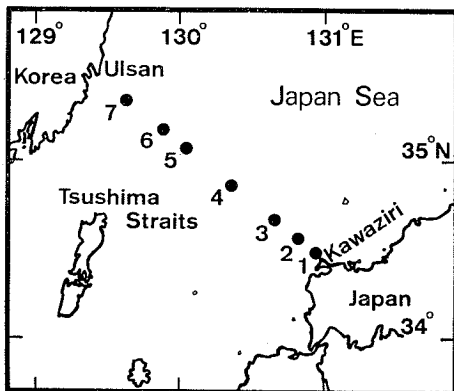


Fig. 1. Locations of hydrographic stations along a section across the Tsushima Straits, the southwestern entrance of the Japan Sea.

所属調査船黒潮丸 (205.87噸) が、それ以後は2代目黒潮丸 (149.28噸) が当っている。これらの調査船で横断観測に要する時間は約12時間で、通常 Stn. 7 から Stn. 1 に向かって観測が行なわれている。これらの観測から得られた資料は各年または各年度毎に、水産庁発行の「水産試験研究機関海洋観測資料」または山口県外海水産試験場発行の「漁況海況予報事業結果報告書」に記載されているが、ミスプリント等による誤りを避けるため、全て観測資料原簿によった。

1964年から1971年までの間は原則として月1回の頻度で観測が行なわれているが、1972年以降の観測回数は年3~6回にとどまっている (Table 1)。17年間に延124回の観測が行なわれたが、観測回数は一従って平均年数は一月によって異なり、“7月”の6回から“5月”の16回まで変動している。また、漁況海況予報事業初期の3年間、すなわち、1964年1月から1966年3月の間については Stn. 6 および Stn. 7 での観測は行なわれていない。

採水試料の塩分検定は1964年1月から1966年3月までの間はモールの銀滴定法により行なわれた。1966年4月から1972年3月までは鶴見精機社製 TS-E2 型サリノメーターが、それ以後はオートラヴ社製サリノメーターがそれぞれ使用された。なお、1969年12月の観測ではウツリョウ島南東海域を北上中思いがけぬ荒天に見舞われ、採水試料・採水瓶を流失し、この月の塩分資料を欠く。

観測を行なう月には各月とも1日に出港することを原則としているが、荒天のため出港日のおくれることの方がむしろ多い。通常は上旬のうちに観測を完了しているが、観測日が中旬にずれこんだ事例は124回のうち17回であった (Table 1)。観測日の5日のずれは、例えば表面水温で0.5°C程度程度の補正を要することもあり得と考えられている (南日・藤木, 1967)。けれども、それぞれの観測月の各観測点、各基準深度での水温・塩分の時間変化がどうであったかは、現実には知ることができない。それゆえ測定値の観測日時による補正は、ここでは行なわなかった。ここでは、観測日時、観測回数不同の資料を月別に累年平均したものをも“平均値”として示す。

3. 結果と考察

(1) 月別累年平均水温断面分布

対馬海峡を通過して日本海に流入する海水の水温は著しい季節変化を示す (Fig. 2, A)。冬1~3月の水温はこの断面では表層から底層までほぼ均質となり、日本側

対馬海峡から日本海へ流入する海水の水温・塩分の季節変化

Table 1. List of data used. Numerals indicate the date when hydrographic observations were carried out. No data was available for Stns. 6 & 7 (Fig. 1) from January 1964 through March 1966 and no salinity data in December 1969.

Year	Month & Date	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1964		10-11	4-5	11-12	12	6	1	5	1, 5	6-7	7	8	4
1965		7	16	2	3	7	2	3	2	5	2	2	3
1966		8	2	10	5	7	3-4	4-5	—	2	4-5	1	5
1967		7	1	—	7	3	10	4	—	7	6	1	6
1968		10	6	—	1	2	4	—	6	4-5	7	2	6
1969		10	11	—	2	1-2	7	4	8	6	—	8	5
1970		20	7	—	10	2	5	—	19	2	6-7	5	16
1971		11	19	—	13-14	7	—	8	13	7-8	1	1-2	2, 16
1972		8	13	—	—	4-5	4	—	4	—	—	3, 7	—
1973		—	—	5	—	12	6	—	4	—	—	13	—
1974		—	—	7-8	—	11-12	—	—	4	—	—	7	—
1975		—	—	4	—	8-9	—	—	—	2	—	—	—
1976		—	—	3-4	—	—	—	—	11	—	—	9	—
1977		—	—	9	—	12	—	—	3	—	—	—	6-7
1978		—	—	6	—	10	—	—	10	—	4	8	—
1979		—	—	7	—	3	—	—	3	—	10	2	—
1980		—	—	3	—	9	—	—	12	—	—	6	—
No. of Obs.		9	9	11	8	16	9	6	14	9	9	15	9

の川尻寄りでは3月に年間最低水温 13°C 台にまで低下する。韓国側蔚山寄りの Stn. 6~7 の底層には 10°C の相対的に低温な水が認められる。2~3月のこの低温水の水温は春~秋のそれに比較するといくぶん高くなっている。

水温は4月頃から徐々に昇温し始め、9月まで昇温が続く。6月頃から躍層の形成が認められ、夏の季節躍層が8~9月を中心に発達する。表層では年間最高水温は9月に現われ、日本側では 27°C 台に達する。等温線は韓国側蔚山寄りでは浅く、日本側川尻寄りでは深い分布構造を示す。蔚山寄りの Stn. 6~7 の底層では7~9月の間水温 7°C 以下の低温水がみられる。このため、特に8~9月の間 Stn. 6~7 の間で等温線の傾きが大きくなっている。Stn. 6~7 の間程ではないが、等温線の傾きは川尻寄りの Stn. 1~3 ないしは Stn. 1~4 の間でも相対的に大きくなっている。その中間の Stn. 4~5 の間では特に7~9月にかけて日本側に向かって等温線が浅くなる逆の傾きを示し、夏の付近に反流の発達し得ることが示唆される。実際この付近に反流の形成されることは、須田(1938)によってすでに指摘されている。

表面付近では9月に年間最高水温を示すが、その頃から躍層が浅い表層等温層の厚さは深度を増し始める。表層等温層の厚さは10月には 30~50 m 深に達し、12月に

は日本側ではほぼ底層まで等温層が形成される。韓国側の Stn. 7 の底層には依然低温水が存在し、Stn. 6~7 の間では等温線の傾きが大きい。しかし、日本側では等温層の発達と共に水温水平傾度は小さくなり、12月になると水温傾度はほとんど認められなくなる。そして水温はそのまま3月まで下降の一途を辿り、再び水温最低期を迎える。2~3月には Stn. 7 付近の底層の低温水も春~秋に比べるとはっきりしなくなり、韓国寄りの水温傾度も相対的に不明瞭なものとなる。

韓国側蔚山寄りの底層に出現する低温水は、西田(1927)が日本海下層冷水塊の南出現象として指摘したものである。この水は時に水温 3°C 以下、塩分 34.10‰ 以下の値を示すが、必ずしも常に日本海下層冷水と同一の海水特性を示すとは限らない。一般には、水温・塩分ともに日本海下層冷水のそれよりは高い値を示す場合の方が多い。

(2) 月別累年平均塩分断面分布

日本海に流入する海水の塩分もまた顕著な季節変化を示す (Fig. 2, B)。2~5月にかけては1年の内で最も高塩水が日本海へ流入する時期に当る。年間最高塩分を示す水は4月に現われ、高塩水のコアの塩分は 34.7‰ 以上を示す。この時期には断面のほとんど全域が塩分 34.6‰ 以上の水におおわれている。ただ蔚山寄りの Stn.

7底層の前述の低温水の塩分は相対的に低く、この傾向は周年認められる。

季節的に夏の水温躍層が発達しはじめる6月に入ると、日本海に流入する海水の塩分は次第に低下しはじめる。7月に入ると表層 20~30 m 以浅には 34.0‰ 以下の低塩水が出現する。この低塩水は従来“対馬海流表層水”の名で呼ばれている(例えば宮崎, 1953)ものである。表層低塩水の出現は時間的には夏の水温躍層の発達にはほぼ対応しているが、暖水の分布の中心が川尻寄りにあるのに対して、低塩水の分布の中心はむしろ蔚山寄りである。このことは、東シナ海を東西に横切る観測断面内では、暖水の分布の中心は九州寄りの東側にあるのに対して、低塩水の分布の中心は中国大陸寄りの西側にある(赤松他, 1978)ことに対応している。このように、低塩水の分布は厳密に温度躍層の構造に対応しているのではない。年間最低塩分を示す水は年間最高水温の起時と同じ9月に出現し、その値は 31.75‰ 以下になっている。

秋に入り水温の季節躍層が消滅してゆくに従って、低塩水も次第にみられなくなり、12月にはほぼ全断面にわたって 34.25‰ 内外の水が分布する。塩分 34‰ 以上を示す高塩水のコアは、ほぼ周年日本寄りに認められるが、12月だけは例外になっている。つまり、12月には韓国寄りの Stn. 7 の 100 m 深を中心に 34.5‰ 以上の水が認められているのが他の月と比較して特徴的である。後で示す(Fig. 3, D)ように、この時期、この測点のこの深度での塩分の標準偏差は、他の時期、他の測点、他の深度でのそれに比較して決して大きなものではない。このことは、この特徴的パターンが、特異な年の特異な塩分分布によって出現しているのではないことを示している。1月に入ると、水温断面分布のウォーム・コアにほぼ対応する型で再び日本寄りに 34.5‰ 以上の水が広く認められるようになり、そのまま 2~5 月の年間最高塩期を迎える。高塩水のコアの塩分も季節変化を示し、4月の 34.7‰ 台から10月の 34.4‰ 台まで変化する。高塩水のコアの年間最低塩分の起時は表層より1ヶ月おそい。

(3) 過去の結果との比較検討

平均水温および平均塩分の断面分布(Fig. 2, A & B)を西田(1953)が提示したそれらと対比してみると、水温・塩分の平均値およびその断面内での分布パターンとも両者はきわめてよく類似している。ただ、今回の結果では年間最高水温と年間最低塩分の起時が9月であるのに対して、西田(1953)の結果では、それらはいずれも8

月に起っていて、みかけ上1カ月の“ズレ”のある点が違っている。この“ズレ”は主として観測日の違いによるものと考えられる。すなわち、今回用いた9月の資料は上旬に行なわれた観測に基づいている(Table 1)のに対して西田(1953)の用いた資料は中旬以降に行なわれた観測に基づくものを少なからず含んでいる(農林省水産試験場, 1922-1940)ことによる、と思われる。

もう一点、西田(1953)の示した表層での最低塩分出現時(8月)の塩分断面分布図では、表層低塩水の中心が韓国寄りにみられるのに対して、今回の結果(9月)のそれは、ほぼ韓国と日本の中間付近に出現している点でも両者は異なっている。もっとも、他の月についてみると低塩水の分布の中心は韓国寄りにあり、西田(1953)の結果と傾向としては一致していると言える。なぜこの時期にだけこのように相違がみられるのかはわからないが、後述するように塩分躍層以浅では累年平均値に対する標準偏差の値は大きい(Fig. 3, D)。事実、夏の表層低塩水についてはその塩分、低塩水のコアの出現位置ともに年変動が大きい(OGAWA, NAKAHARA and TANAKA, 1977)。両者の差はこうしたことに大きく依存しているものと思われる。

他方、塩分 34.1‰ 以上の高塩水のコアは12月を除き周年日本寄りに出現している事実(Fig. 2, B)はずで指摘したが、西田(1953)の12月の平均塩分断面分布にも、韓国寄りに高塩水のコアが描き出されている。ただ、西田(1953)のこの図には、それと同時に断面中央部付近から日本寄りの中層に深にもうひとつの高塩水のコアが示されており、その点で今回の結果とはやや異なっている。高塩水のコアがなぜ12月に限り韓国寄りに出現するのか、その理由は扱った資料の範囲内ではわからない。しかし、平均水温断面分布図(Fig. 2, A)からは日本寄りでバロクリニックに流れが丁度この時期に消滅していることが示唆される。この事実から判断すると、この時期日本寄りでは一時的に高塩水の流入量が低下する可能性が考えられる。

次に南日・藤木(1967)が対馬海峡東水道の厳原~女界島間の横断面について示した平均水温および平均塩分の断面分布と今回の結果(Fig. 2)、ならびに西田(1953)の結果とを相互に比較してみる。水温・塩分とも季節変化のパターンは3者に共通して類似の傾向を示す。ただ、年間最低水温は東水道で 1°C 程度高く、また、年間最高塩分も 34.8‰ 以上と約 0.1‰ 東水道で高い。反面、夏表層に出現する低塩水についてみると、年間最低塩分は、東水道断面では 32.0‰ 内外であるのに対し

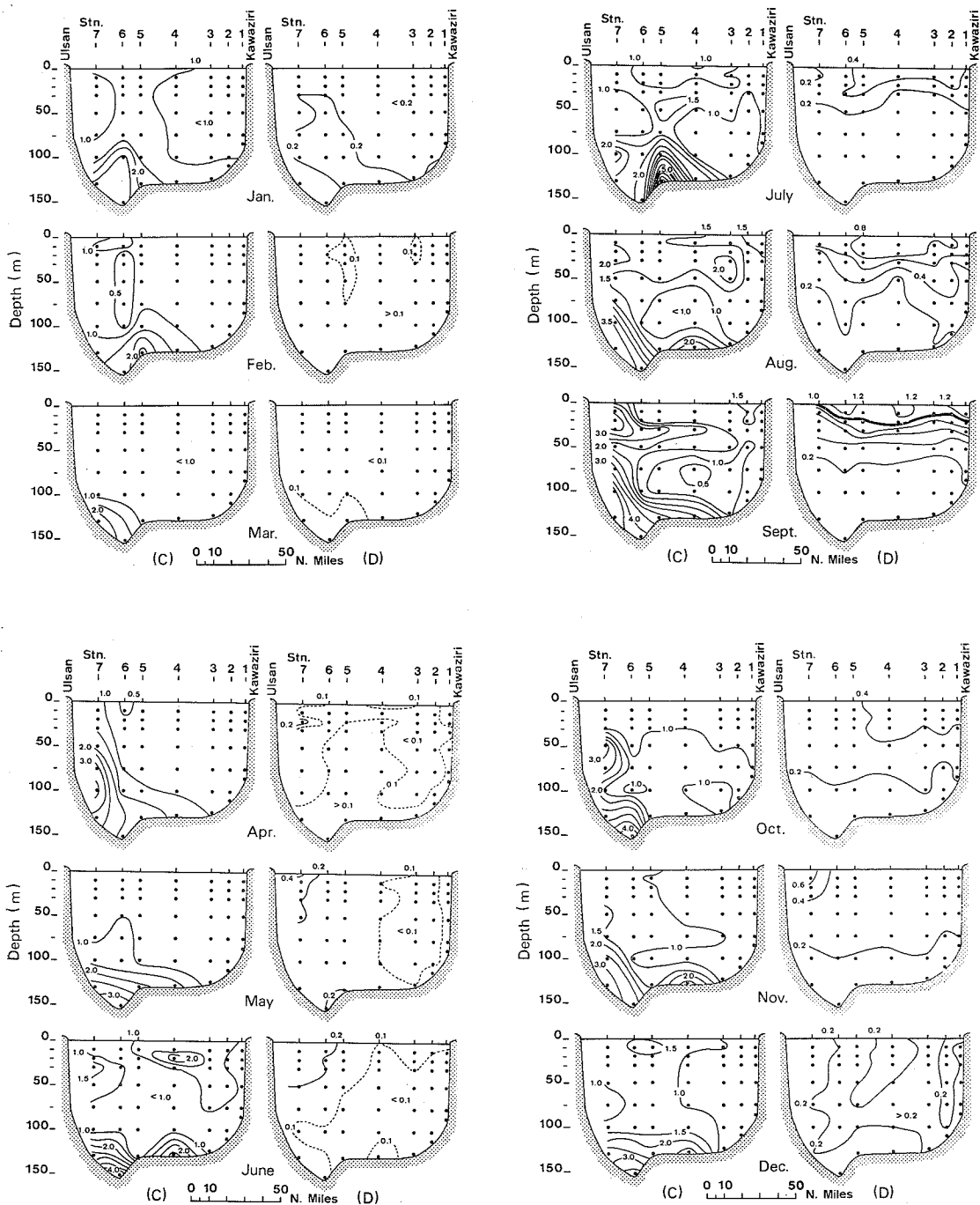


Fig. 3. Monthly standard deviations of temperature (C) and salinity (D) along a section across the Tsushima Straits shown in Fig. 1.

て川尻～蔚山断面では 31.75‰ 内外と、むしろ北東に位置する断面で低い。この低塩水の流入に伴う年間最低塩分の起時は東水道でも 9 月である。この点では今回の結果と一致しているが、年間最高水温は東水道断面では川尻～蔚山断面より 1 カ月早い 8 月に現われ、その値も 28°C 台で約 1°C 高い。

さらに、高塩水のコアの塩分値を月毎に比較しながら追跡してみると、東水道断面では 7 月以降 12 月までの間、34.4‰ を超える高塩水がほとんどみられないのに対して、川尻～蔚山断面では、この期間でも 34.4‰ 以上の水塊が認められている。特に、川尻～蔚山間では、この高塩水のコアが日本寄りに出現している事実 (Fig. 2, B) は、この水が対馬海峡の東水道を通過してきたことを予想させる。けれども、相対的に北東側に位置する川尻～蔚山断面での塩分値が高くなっている。その反面、前述したように、東水道における年間最高塩分の値は 34.8‰ を超えている。この値自体も平均値としてのものであることを考えると、対馬海流水の塩分としてはいくらか高すぎるように思われる。因みに今回扱った資料の範囲内では、塩分 34.8‰ を超える高塩水は 1967 年、1968 年および 1975 年に観測されているにすぎない。こうした差はひとつには資料の統計期間の長さの違いや、比較した断面の地理的な差異にも依存していると思われる。しかし、戦前の資料を基にした西田 (1953) の結果も今回の結果とよく一致していることを考えると、東水道から得られた採水試料の塩分測定精度には疑問なしとしたい。

(4) 平均水温に対する標準偏差の断面分布

水温累年平均値 (Fig. 2, A) に対する標準偏差の値 (Fig. 3, C) をみると、季節的には冬に小さく夏に大きくなるという傾向が認められる。とりわけ、夏の季節躍層付近で標準偏差の値は大きくなる傾向を示す。また、同じ躍層付近では蔚山寄りの Stn. 7 付近で特に大きい。しかし、標準偏差の最も大きい値は、しばしば Stn. 4～Stn. 7 の底層で認められる。特に 7 月の Stn. 5 の底層における標準偏差は 6.5°C にも達している。Stn. 4～Stn. 7 の底層水温の標準偏差が大きくなるのは、(1) Stn. 4～5 付近では年によって底層に低温水が出現したりしなかったりするために水温の年による変動が激しいこと、また (2) Stn. 6～7 のように底層低温水が毎年みられる場所でも、出現する低温水の水温値は年によって変動が大きいことによる。Stn. 4 の底層で時に観測される低温水は、Stn. 7 の底層に出現する低温水とは、少なくともこの断面内では連続しておらず、むしろ島根沖冷水の前線の縁辺部 (小川, 1976) であることの方が多

い。

以上述べたように大きな変化を示す Stn. 4～Stn. 7 の底層付近と夏の季節躍層付近を除くと、水温の標準偏差の値は 1°C 内外で決して大きくはなく、むしろ年による水温の変動は相対的に小さいと言える。統計処理した元の資料の観測日時が“不揃い”であることを考慮すると、なおさらそうである。対馬海流水の中心的水塊の水温累年平均値に対する標準偏差が小さいというこの事実は、日本海に流入する対馬海流水の水温の年変動が小さいことを示すと同時に、前項 (1) で述べた水温の季節変化のパターンが安定したものであることを示していると考えられる。

(5) 平均塩分に対する標準偏差の断面分布

塩分累年平均値 (Fig. 2, B) に対する標準偏差の値 (Fig. 3, D) にも季節変化が認められる。1 年のうち最も高塩な水が出現する 2～5 月からさらに 6 月にかけての標準偏差は、蔚山寄りの Stn. 7 を除けば小さく、0.1‰ 内外にとどまっている。しかし、表層に低塩水の出現する 7 月以降、この低塩水の標準偏差は著しく大きくなり、年間で最も低塩な水の出現する 9 月の表層付近での標準偏差は 1.0‰ 以上、場所によっては 1.2‰ 以上に達している。他方、表層低塩水の底層にある高塩水一特に 34.25‰ 以上の水一についてみると、夏といえどもその標準偏差の値はさほど大きなものではなく、0.2‰ を超えない。先にみたように、累年平均水温に対する標準偏差の断面分布 (Fig. 3, C) では、Stn. 4～Stn. 7 の底層でしばしば大きな値が認められている。けれども、そうした場所でも累年平均塩分に対する標準偏差の値はさほど大きくはない。10 月以降、表層の低塩水の流入がなくなるにつれて標準偏差の値も小さくなり、12 月には全般に 0.2‰ 内外の値を示すに過ぎなくなる。

以上要約すると、夏表層から日本海に流入する低塩水の塩分は年によってかなり大きく変動するのに対して、対馬海流水の中心的水塊としての高塩水の塩分の年変動は相対的に小さい、と言える。このように、夏の躍層以浅の水と、底層に出現する低温水を除いて考えると、水温・塩分ともに累年平均値に対する標準偏差は、水温で 1°C、塩分で 0.2‰ を大きくは超えない。(1) 夏の季節躍層以浅の水は主として大陸河川系の淡水の影響を強く受けた水であること、また、(2) 底層に出現する低温水はむしろ日本海系水の影響を受けた水であることを考慮しつつこの事実をみると、対馬海流水の主要な部分の海水特性の年々の変動は、季節を通じて小さいとみなすことができる。すなわち、日本海に流入する対馬海流水の

中心的部分を成す海水の水温・塩分の年々の変動は小さく、Fig. 2 に示した海水特性の季節変化のパターンは安定して毎年くり返されているとみなすことができる。

4. 要 約

対馬海流水についての基礎的情報を提供する目的で、対馬海峡の川尻～蔚山の横断面を通して日本海に流入する海水の水温・塩分の2特性の季節変化を最新(1963～1980年)の海洋観測資料を用いて調べた。対馬海峡を通して日本海に流入する海水は水温・塩分ともに明瞭な季節変化を示す。すなわち、水温は3月の13°C台から9月の表層の27°C台まで、塩分では9月の表層の31.7‰台から4月の34.7‰台まで変化する。今回得られた結果を過去の研究結果と対比検討すると、季節変化の大きな傾向は過去の結果と一致するが、細部については相違がみられる。相違の原因は部分的には資料の統計期間の相違、相互に比較した断面の地理的位置の相違にも求められるが、戦前の観測の実施状況、特に塩分検定の精度の差に依ると思われるところも少なくない。従来検討されていなかったこの断面での水温・塩分の累年平均値に対する標準偏差をみると、夏の季節躍層以浅と、時に日本海系水の影響を受ける韓国寄りの底層部を除けば、水温で1°C、塩分で0.2‰を大きくは超えない程度で周年安定していることが明らかとなった。このことは、日本海に流入する対馬海流水の中心的部分の水温・塩分の年による変動は小さく、季節変化のパターンは安定したものであることを示しているものと解釈できる。

謝 辞

御指導と御校閲の労を賜った京都大学教授川合英夫博士に心から感謝申し上げる。また、提示した諸図の製図については全面的に谷野弘枝嬢の無償の御好意に負っていることを明記して深謝の印としたい。

文 献

- 赤松英雄・半沢洋一・前田吉祐・松崎正夫(1978): 東シナ海の海況. 長崎海洋気象台100年のあゆみ, 109-133.
- 宮崎道夫(1953): 日本海の水塊に就て(海況予想の研究Ⅱ). 北海道区水研報, 7, 1-65.
- 南日俊夫・藤木明光(1967): 対馬東水道の海況変動について. 日本海洋学会誌, 23, 201-212.
- 西田敬三(1927): 朝鮮近海海潮流調査報告(第一報). 朝鮮総督府水産試験場海洋調査報告, 2, 1-168.
- 西田敬三(1953): 日本海入口蔚崎～川尻岬間横断観測成績(1932～'40年, 各月平均). 1. 水温, 塩分, 透明度及水色. 日本海及其の隣接海域の海洋調査成績, 23 pp. 広島大学水産学部ガリ版印刷資料.
- 農林省水産試験場(1922-1940): 海洋調査要報, No. 50-No. 66.
- 小川嘉彦(1976): 島根沖冷水の変動とブリ漁況—『定置網ブリ漁況予報のための簡単な試み』の再検討—水産海洋研究会報, 29, 1-6.
- OGAWA, Y., T. NAKAHARA, and R. TANAKA (1977): Hydrographic nature of coastal fishing ground in the southwestern Japan Sea. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 50, 73-126.
- 須田院次(1938): 対馬海流の変化に就て. 陸水学雑誌, 8, 205-216.