

九州西方五島西沖における海況の 季節及びその変動特性

松村 靖治

Oceanographic Characteristics in Western Waters Goto Islands off the West of Kyusyu

Yasuharu Matsumura

Based on the data of oceanographic observation in 1967~1988, we examined the characteristics of waters west to the Goto Islands from the points of average water temperature and salinity, and standard deviation. The results obtained by the analysis of these data are summarized as follows.

1. Remarkable changes in time and in space, are found in the waters West to the Goto Islands. "Winter Sea" is seen in February which is a convective period with low temperature and high salinity, "Spring Sea" in May, seasonal thermocline formation, "Summer Sea" in August, dominant stratification with high temperature and low salinity, "Autumn water" in November, the post-stratification. These are the fundamental patterns of a year cycle of oceanic conditions in the sea.

2. Offshore west to the Goto Islands, almost all the year round, Korean coastal water with low temperature and low salinity is distributed on Korean side and Tsushima warm water system with high temperature and high salinity on Goto side. A remarkable oceanic front is formed between them (Stn. 6~8). But its strength and the place to form are different according to a season and a year. Korean coastal water was found to have great influence on the oceanic fluctuations. Comparing the actual front and the results of current flow obtained with current data, these two are almost corresponding to each other and it is possible to infer a pattern of flow from geostrophic current to some extent.

3. Judging oceanic fluctuation from temperature and salinity, seasonally it is small in winter at the period of convection, and big in summer and autumn, from the period of thermocline formation to the decline of it caused by the vertical oscillation of thermocline. Regionally the oceanic fluctuation of Korean side is more than that of Goto side.

4. In order to monitor oceanic conditions for a long term oceanic forecasting, we are required to consider the characteristics of oceanic fluctuation. That is, Stn. 4 should be a key station in Tsushima warm water system, Stn. 7 in the front changes and Stn. 8 in Korean coastal water, while from the point of time, the survey should be conducted in early summer and autumn when a periodical changes is big.

五島西方海域は、アジ、サバ、イワシ等重要漁業資源の漁場形成や再生産の場として極めて重要

な海域である。当海域には水塊の特性が大きく異なる対馬暖流系水（高温・高塩：五島側）と韓国

南岸沿岸水（低温・低塩：韓国側）が分布する。これらは時空的に激しく変動し、これが漁況変動に大きく関与している¹⁻³⁾。従って、漁況変動特性の解明にはこれらの生息海域の海洋環境を明らかにしておくことが必要である。

これに対して、長崎県水産試験場は五島周辺海域における海況変動を把握することを目的に、1963年から漁海況予報事業の一環として、月を単位とした沿岸定線観測を実施している。しかし、実態は観測結果の現況報告に留まっており、海洋環境の基本となる海況の季節的及びその変動特性また空間の代表性などをこれらの資料を用いて明確にした報告は少ない⁴⁾。そこで上記の海況変動をモニターしている五島西沖の観測線を研究対象に選び、約20年にわたって蓄積された資料を用いて、海況の特性を検討し知見を得たので報告する。

表1 海洋観測の実施状況

Table 1. List of data used. Numbers indicate the date when oceanographic observation were carried out.

Year	Month and Date	Feb.	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.
1967		6-7	3-4	3	6	20	3
1968		12-13	4-5	5-6	—	4-5	4-5
1969		8	7-8	4-5	3-4	3	2
1970		4	5-6	4	4	2-3	10
1971		11-12	15-16	2	20-21	15	2
1972		6	10	6	8-9	—	—
1973		—	6	8	9-10	5	9
1974		14	15,19	8	7	3	9
1975		5	10	May, 29	19	—	—
1976		—	7-8	6-7	1-2	6-7	—
1977		—	8	1	3	6	—
1978		—	9	2	8	17	—
1979		7-8	6	—	21	4	—
1980		8	8-9	4-5	Jul. 31-1	—	—
1981		3	7-8	2-3	4	—	—
1982		3	13-14	15-16	5-6	—	—
1983		5	9	15	2	—	—
1984		11	17	—	24	—	—
1985		7	9	4	7-6	—	—
1986		5	12	3	—	—	—
1987		6	8	3	4-5	—	—
1988		2	10	1	2	—	—
No. of Obs.		18	22	20	20	11	7

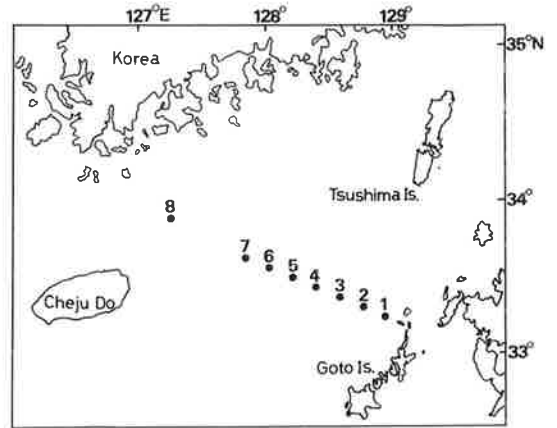


図1 五島西沖における海洋観測の位置

Fig. 1. Locations of oceanographic observation stations in Western Waters of Goto Islands.

資料及び方法

図1に観測点の配置を示す。ここでは長崎県水産試験場が観測したStn. 1~7に、韓国振興院が観測したStn. 8も加えて検討する。表1に1967~1988年にかけて、長崎県水産試験場が行った観測の実施状況を示す。本研究では水温、塩分の月別平均値、標準偏差、平均密度(σ_t)を、また地衡流速を力学計算⁵⁾により求め、これらを用いて解析した。なお、表1をみてもわかるように、月によっては観測回数が異なる(Stn. 8は無欠測)。特に、1975年からは12月の観測が、1980年からは10月の観測が中止されたため、両月の資料数は少ない。試しにStn. 4の10m深における2~8月の各月の平均値を、1979年以前と以降に分けて求めると、両者で有意差(1%水準)は認められなかった。従って、ここでは資料数の違いから生ずる誤差は、以下の論議に何ら支障を及ぼすものではないと判断して取り扱った。

結 果

季節特性 水温、塩分及び密度の各月別平均値を用いて、海況の季節特性について述べる。まず、これらの断面分布を図2に示す。

季節的な特徴をみると、冬季2月は水温が最低(12~15℃台)、塩分は最高(34.4~34.6台)を示し、かつ表層から下層までほぼ均一となる対流期である。海域でみると韓国側に低温・低塩(韓国南岸沿岸水)な、五島側に高温・高塩(対馬暖流水)な水塊が分布し、密度(σ_t)も水温・塩分のパターンに対応する。両者の境界(Stn. 7~8)には、季節を通して最もはっきりとした前線が、表層から下層の100m深付近にまで形成され、その深度は最も深い。これらは冬季の際立った特徴の一つである。2月にみられた主な特徴は、4月の早春季までおおむね続くが、この季節になると、沖合には水温季節躍層の形成がうかがわれる。初夏の6月になると、韓国側の表層には低温・低塩な沿岸水が張り出し、表層と低層(100m)とで水温及び塩分の差が大きくなり、成層の発達期となる。躍層は水温の場合、低温な韓国側で浅く(10~30m)、五島側で深い(40~70m)。一方、

塩分は低塩分水の卓越する韓国側で深く(中心：約40m)、高塩水側の五島側で浅い(中心：約20m)。その鉛直傾度は水温、塩分ともに韓国側で大きく五島側で小さい。このような東西方向における躍層の相違やその鉛直傾度の違いは、韓国側と五島側の海洋構造の相違に起因するものである。このような地理的な躍層の相違は、成層後期から衰退期の10月まで際立った特徴として挙げられる。この特徴は密度躍層の分布にも表れ、とりわけ水温分布に対応した形となる。なお、昇温期の6月には温度前線よりも塩分前線として、Stn. 7~8に明瞭に識別される。夏季8月は表層水温が年間最高の25~27℃台に、表面塩分が最低の33以下となり、冬季とは対照的に高温・低塩な水が表層全域に卓越する成層盛期となる。50m以浅に水温躍層が、これとは幾分浅層(10~30m)に、塩分躍層がそれぞれ発達する。この時期は年間を通して上・下層間において最も安定した時期であり、密度分布もこれを反映して、層重状態を示す。密度躍層は水温と同様に韓国側では浅く(中心：50m層)、五島側では暖水層が厚いため約30m深くなる。他の季節にみられる韓国側と五島側での水温の差異は、夏季の場合極めて小さく、五島~韓国側までほぼ一様となり、水温分布からの判断による前線の検出は困難となる。塩分は33以下の低塩水(対馬暖流表層水)が広く覆い、やはり前線の識別は不鮮明となるが、水温よりは明瞭であり、むしろ塩分前線として認められる。なお、密度からの前線の識別は、それが水温に依存する割合が大きいため、水温と同様不明瞭である。成層後期の10月になると、表層部の冷却によって、混合が始まり躍層は衰退期となる。混合層は対馬暖流水においては、50m深付近にまで達する。塩分の分布形状は、6月と同様東高西低となる。低塩分水の分布は、韓国側表層から再び50m深くなり、明瞭な前線を形成する。次いで、躍層の衰退から消滅期となる12月は、混合層がさらに深くなり、対馬暖流水では約75mまで均一層となる。この期の塩分は増加するが、秋期(10月)と同様に韓国側から低塩分水の張り出しが認められ、Stn. 1~7に分布する34.4以上の高塩分水との間に顕著な前線(Stn. 7~8)を形成する。この前

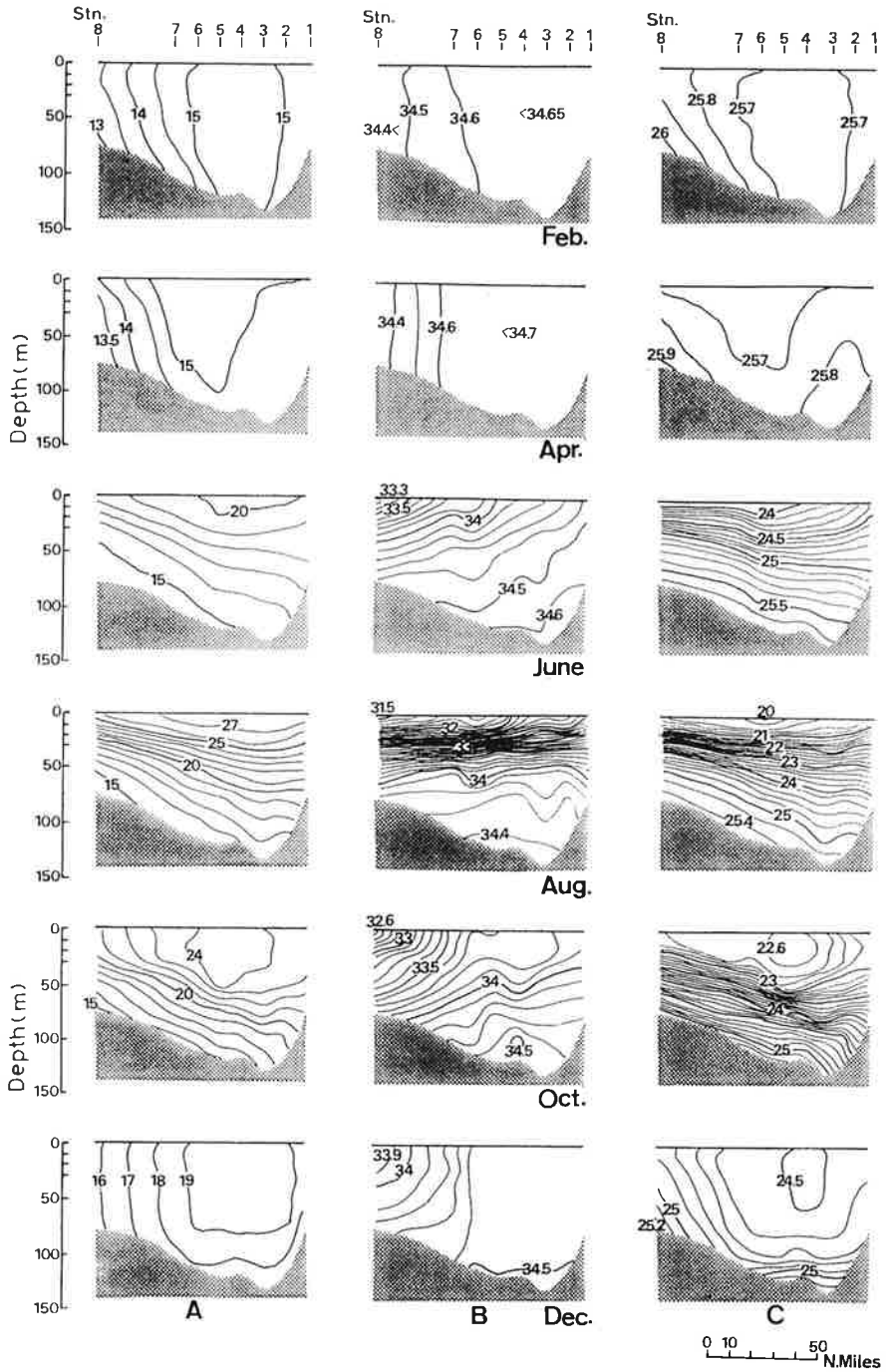


図2 五島西沖における水温 (A), 塩分 (B) 及び密度 (C) の月別平均値
 Fig. 2. Monthly mean temperature(A), salinity (B) and σ_t (C) in western waters of Goto islands.

線は混合層の下層75m深にまで及び、密度、水温場からも明瞭に識別される。前線の強度（例えば水平傾度）は冬季（12～2月）に最も強く、その形成層は最も深く（約100m）なるので、その識別も容易となる。

当海域の100m以浅における水温の変化は、4～8月の昇温期、10～2月の降温期に大別され、そのうち顕著な昇温期は、対馬暖流系水側（Stn. 4）及び変動の著しい前線付近は（Stn. 7）ともに7～8月（4℃以上/月）に、一方顕著な降温期は両海域ともに10月にみられる⁴⁾。

このように当断面には、ほぼ周年韓国側に低温・低塩分で特徴づけられる韓国南岸沿岸水が、一方、五島側には高温・高塩分対馬暖流水がそれぞれ分布し、両者の境界には顕著な海洋前線が形成し、それらが季節的に大きく変化することが明らかになった。とりわけ、韓国南岸沿岸水の年々の張り出しの程度が当海域の海況変動、なかでも前線の形成位置やその強度に深く関与しているも

のと考えられる。

変動特性 前項では、平均場から季節的な海況特性について検討した。際立った特徴の1つは、Stn. 6～8間にはほぼ周年顕著な前線が形成されることである。しかし、平均場からの取り扱いでは、鉛直方向（躍層）や水平方向（前線）における変動が表現されないので、本項においてこの変動の実態を、標準偏差を用いて平均場と対比しながら検討する。

水温及び塩分の標準偏差の季節変化を図3に示す。冬季2月は、表層部での変動が水温・塩分共に四季を通して最も小さい。この期は対流期のため、鉛直方向の変動よりも、むしろ水平方向のそれが大きく、水温の場合 Stn. 6 付近が境界となる。その振れは韓国側で大きく（1℃以上）、五島側では1℃以下と小さく、後者で安定しており、これは塩分とも対応する。つまり、塩分の標準偏差はほぼ全域で0.2以下と年間で最も安定し、また、水平的には韓国側で大きい値となる。この期

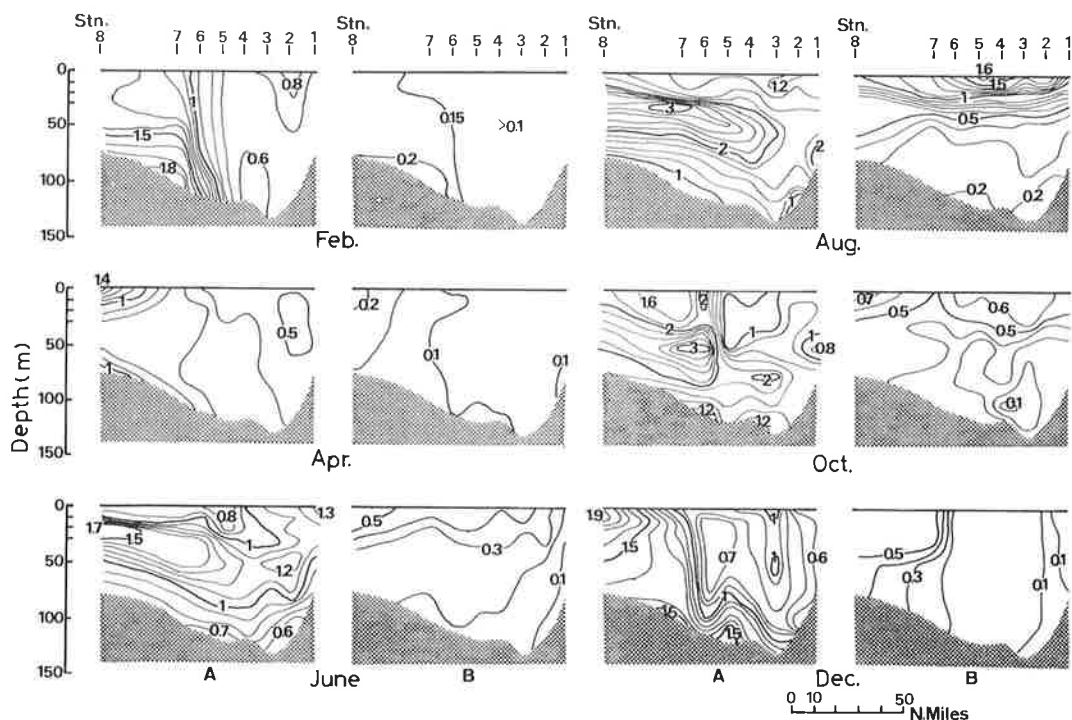


図3 五島西沖における水温（A）及び塩分（B）の標準偏差の月別平均値

Fig. 3. Monthly standard deviations of temperature (A) and salinity (B) in western waters of Goto Islands.

における温度前線の位置は、主に水温の変動から Stn. 5 付近にまで東に片寄ることも読み取れる。大きな変動が及ぶ深度は、水温の分布と対応して、年間を通して最も深く、他の季節にはみられない表層から100m層にまで達す。前線は通常これ以西に形成されるが、恒常的に定まった位置はなく、Stn. 6 付近から西でその変動が大きいことを示す。韓国側から韓国南岸沿岸水が表層に張り出し始める4月になると、前線の形成位置は Stn. 7 以西とかなり西に片寄る。従って、この断面においては、変動の小さい海域が2月よりも広がる。寒候期から暖候期に変わる春季は、年間を通して変動は最も小さい。極く表層に分布する韓国南岸沿岸水の張り出しは、韓国側の一部海域に留まる。6月以降成層の発達に伴い、標準偏差は急激に大きくなる。これまでの前線の位置の変動に加えて、躍層を中心とした鉛直方向への変動の違いも目立つようになる。この傾向は8月になると、一段と強まり10月まで続く。夏季の変動は何れの海域も年最高を示し、変動の大きい海域は東部域にまで広がり、場所によってはそれが3℃以上にも達する。この期の水平方向の変動は極めて小さい。従って、これは平均場でも指摘したように、夏季には明瞭な前線を形成しにくいことを示す。2℃以上の大きな変動は平均値(図2)で示した水温躍層とほぼ対応し、韓国側で浅く(30~50m)、五島側で深い(40~80m)。この期の変動を大きくする要因としては、韓国南岸沿岸水の東方への張り出しの年々の変動及び対馬暖流系水の変動に関連する水温躍層の上下方向への振動によるものと考えられる。

塩分においても、6月は低塩分水が張り出す Stn. 5 以西で大きな値を示し、その形状は水温と同様に鉛直方向における変化が大きくなる。8月には躍層以浅のほぼ表層全域で大きく、とりわけ Stn. 5 の表層で、1.6以上と年間最大値を示す。これには降水量の変動が反映されているものと思われる。次いで鉛直混合が始まる躍層衰退期の10月になると、対馬暖流と韓国南岸沿岸水との境界が、温度前線として明瞭に識別でき、その位置は傾向として1年を通して、最も東寄り(Stn. 5)となる。さらに水温躍層の衰退期を経て、消滅期

に対応する12月には、前線域(Stn. 7)及び躍層付近(Stn. 2~6の下層)は1℃以上の変動を示すが、その程度は小さくなる傾向を示す。塩分も10月になると小さくなり、水温と同様前線域で相対的に大きな値となるが、変動は小さく安定となる。これらの形状は前記の2月に似た形となり、水平方向の変動は境界が2月と同様、表層から100m深の下層まで Stn. 6 付近で明瞭となる。

考 察

平均場 平均値を用いて五島西沖における海況特性について検討を行った結果、季節的にも空間的にも顕著な変動が認められた。五島周辺海域においてこの季節変動を中村⁴⁾は海洋暦としてまとめているが、ここでもその整理方法に従ってまとめると次のようになる。

まず、低温・高塩で特徴づけられる対流期の“冬の家”は2月に、韓国南岸沿岸水が張り出し始める成層形成期の4月を経て、成層前期の5月に“春の家”が、6月の成層発達期を経て高温・低塩水が張り出し、成層盛期の“夏の家”は8月に、鉛直混合の促進による躍層衰退期の10月と、その消滅期の12月に挟まれた成層後期の“秋の家”は11月にそれぞれみられる。これが、当海域の季節変化の基本型となる。

また、水平的に際だった特徴の1つに韓国南岸沿岸水と対馬暖流系水の境界には顕著な海洋前線を形成することが挙げられる。これによれば、当断面には韓国南岸沿岸水と対馬暖流系水との前線が、夏季には幾分不明瞭となるものの、ほぼ周年 Stn. 6~8 間に形成される。そこでこの特徴を、流れの観点から地衡流(図4)の特徴を用いて検討する。地衡流近似に当たっては、算出に用いた資料が図2に対応する平均によること、また流れの構造として、当海域は潮汐流が発達することなどにより、解釈には一定の限界を伴うので、ここでは図4の理解を、図2に対応させた流れのパターンの指摘に留めておく。これによると、相対的に大きな値は沖合では周年北流が、沿岸側では南流を示す傾向が認められる。つまり、北流成分域は対馬暖流域に相当する。既に図2や図3で指摘したその主流域に該当すると考えられる沖合域

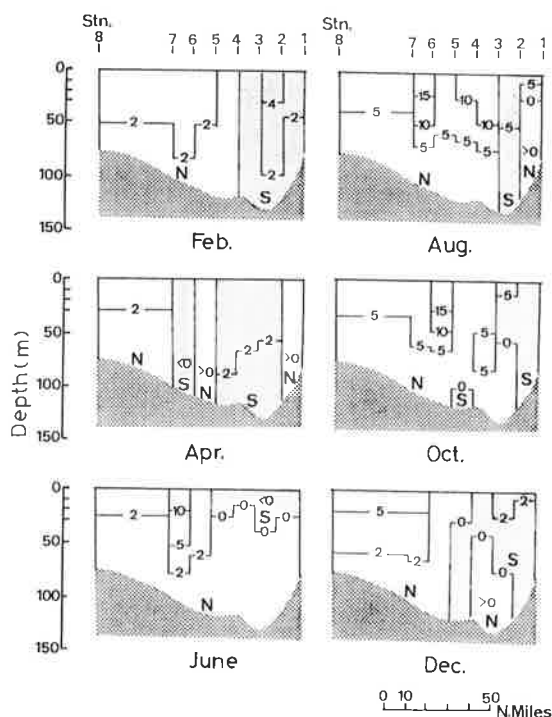


図4 五島西沖における地衡流速の月別平均値
N：北向き成分
S：南向き成分

Fig. 4. Monthly mean geostrophic current velocity in cm/sec in Western Waters of Goto Islands.
N : Nothwards transport
S : Southwards transport

は、定置測流⁶⁾や漂流板の追跡調査⁷⁾等の実測流からも、Stn. 7 付近が北流の強流域として認められる。従って、平均場に対応した地衡流も流れのパターンの推測には可能である。

変動場 標準偏差から海況の変動特性について検討した結果、季節的には水温・塩分とも対流期の冬季に小さく、躍層の上下振動に関連して夏季～秋季に大きい。とりわけ躍層の上下振動が激しい夏季～秋季のその付近で、年最高の変動を示す。一方、水平的には韓国側と五島側では、周年を通して韓国側が大きい。これは韓国南岸沿岸水の年々の張り出しの程度が、対馬暖流系水に比べて大きいことを示しているものと考えられる。このことは当海域とは水系が大きく異なり、ほぼ対馬暖流系水のみで占められる対馬東水道（厳原～玄

海島⁸⁾との対比からも推測できる。すなわち、五島西沖（図3）と対馬東水道においては、例えば水温、塩分の最高・最低値の起時の一致で示されるように、海況の季節変化のパターンは、両者で類似の傾向を示す。しかし、変動の指標となる標準偏差（図4）は、五島西沖断面の方が水温躍層付近で相対的に大きい。これは既に指摘したように、当海域には通常対馬東水道には分布しにくい韓国南岸沿岸水が存在し、この変動が図4の値を下流域に位置する対馬東水道よりも大きくしているものと考えられる。

夏季～秋季に示される大きな変動は、年々の変化の他に1ヶ月以内の、いわゆる短期の変動が含まれていることを十分考慮する必要がある。このことに関して、海域（相模湾）は異なるが、中村⁹⁾は変動の大きい50m深を取り挙げて、日々の観測値（20年間）を用いて、月間変動と年変動の関係を検討し、月1回観測値の信頼限界について考察した。これによれば、巨視的には月間変動と年変動は相似するが、躍層周辺の観測値の取り扱いには、月間変動を取り扱う必要性を具体的事例で指摘している。

今後の予測変動に係わる海況モニターに当たっては、これらの季節特性や変動特性を考慮にいと、空間はもとより時間変動も考慮にいたした観測が必要である。当海域を例に挙げるなら、対馬暖流系水の代表測点として Stn. 4、前線変動にともなう変動海域として Stn. 7 及び韓国南岸沿岸水の代表測点として Stn. 8 がそれぞれ Key Station となる。時間的には、顕著な昇温期（7～8月）及び顕著な降温期（10月）においては、とりわけ短期変動が卓越するので、初夏～秋季の重点観測が望まれる。

一方、海洋前線は流れの視点から卵稚仔輸送に深く関与し、再生産変動の重要な因子ともなるので、前線周辺の構造をとくに流動場から検証することが重要である¹⁰⁾。

終わりに、本文の御校閲を賜った西海区水産研究所中村保昭博士に感謝の意を表する。

要 約

1967～1988年の海洋観測資料を用いて、水温及

び塩分の平均値並びに標準偏差等から、五島西方海域の海況特性について検討し、以下の知見を得た。

- 1) 五島西方海域における海況は、時・空間的に顕著な変化が認められる。これを海洋暦としてみると、低温・高塩で特徴づけられる対流期の“冬の海”は2月に、成層前期の“春の海”は5月に、高温・低塩水が張り出す成層盛期の“夏の海”は8月に、躍層衰退期(10月)とその消滅期(12月)に挟まれた成層後期の“秋の海”は11月にそれぞれみられる。
- 2) 五島西沖には、ほぼ周年にわたり韓国側に低温・低塩な韓国南岸沿岸水が、五島側に高温・高塩な対馬暖流系水が分布し、両者の境界(Stn. 6~8)には顕著な海洋前線が形成される。しかし、その強度及び形成位置は、季節や年によって大きく変化し、なかでも、韓国南岸沿岸水の張り出しの程度が当海域の海況変動に大きく関わっていることが判明した。また、前線と既往の実測流による流動の知見と対比すると、両者はほぼ対応し地衡流から流れのパターンの推測には可能である。
- 3) 水温・塩分からみた海況変動は、季節的には対流期の冬季に小さく、躍層の上下振動に起因した躍層形成期~衰退期の夏季~秋季に大きい。海域的には韓国南岸沿岸水の張り出しの変動が、対馬暖流系水に比べて大きいことにより、変動は周年韓国側が五島側よりも大きい。
- 4) 今後の長期海況予測に係わる海況のモニターに当たっては、海況の変動特性を考慮にいたした観測が必要である。すなわち、各水系の代表点として、対馬暖流系水ではStn. 4が、前線変

動にともなう変動海域としてはStn. 7が、及び韓国南岸沿岸水ではStn. 8が各Key Stationとなる。一方、時間的には変動の大きい初夏~秋季の重点観測が望まれる。

文 献

- 1) 近藤正人：東シナ海・黄海漁場の海況に関する研究-1, 西水研報, **62**, 19-66 (1985).
- 2) 森 勇：東シナ海のみき網漁場について, 日本水誌, **28**, 405~408 (1962).
- 3) 森 勇：長崎県の海況と漁況, 対馬暖流開発報告書, **1**, 98-114 (1958).
- 4) 中村保昭：五島列島周辺海域 II - 物理, 続・日本全国沿岸海洋誌, 東海大学出版会, 685-709 (1990).
- 5) 気象庁：海洋観測指針, 第3版, 日本気象協会, 東京, 1970, pp. 91-101.
- 6) 三井田恒博：定置測流からみた流れ, 水産海洋研究会報, **28**, 33-58 (1976).
- 7) 井上尚文：東シナ海および対馬暖流域における海況特性, 長崎県生物学会, 29-72 (1981).
- 8) 高橋実：対馬東水道における水温・塩分の季節変化, 昭和60年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 1-14 (1987).
- 9) 中村保昭：水産海洋学的見地からの駒河湾の海洋構造について, 静岡水試研報, **17**, 1-153 (1982).
- 10) Y. Nakamura, K. Miyaji, K. Tamai, and Y. zheng: On the characteristics of oceanic front in the East China Sea from the view point of oceanic currents. Proc. Japan China Joint Sympos. of the Coop. study on the Kuroshio, 84-98.