東対馬水道の海況変動について*

南日俊夫** 藤木明光**

Secular Variation of Hydrographic Conditions in the East Tsushima Strait

Tosio NAN-NITI and Akimitsu FUJIKI

Abstract: The mean values of water temperatures and salinities in the East Tsushima Strait were computed from the monthly observations extending for about 40 years, and the periodicities of temperatures were estimated to be 2, 7 and 8 years.

The heavy snow cover on the coast of the Japan Sea seems to have more relation to the low air temperature than the sea water temperature.

1. ま え が き

福岡県福岡水産試験場は 1913 年から毎月 1 回の東対馬水道の定線観測を続けてきている。本報告はそのうち 1952 年までの約 40 年にわたる資料の解析を試みたものである。

2. 月 平 均 値

海洋観測資料¹⁾は厳原～玄界島間に 7 定点を選び (Fig. 1) 毎月 1 回観測したものである。その観測日時は一様でないが、毎月上旬に行なわれたものが多く (Table 1), その観測時間も玄海島沖 (St. 1) は午前 8 時頃、厳原沖 (St. 7) が午後 5 時頃となっている。

今観測日時の不同を問わず、各月平均値を求めると Fig. 2 を得る。これから 3 月が最低、8 月が最高の温度を示しているのがみられる。また最大の時間的变化は、気温は 1 か月で 4°C 、表面水温は 1 か月で 3°C 、50 m 層水温は 1 か月で 1.5°C も異なってくる。それ故たとえば観測日の 5 日のずれは気温で 0.7°C 、表面水温で 0.5°C 程度の補正を要することもあり得ると考えられるが、実際の

その日の時間変化率はどうか知るすべもないから日時の補正は行なわない。

一方これらの月別標準偏差の最大値は、気温 3.0°C (1 月)、表面水温 2.1°C (9 月)、25 m 層水温 2.0°C (9 月) である (Table 2)。

Table 1 からわかるように観測日の不同が多く、5 日程度のずれは相当な数になり、もしこの観測日時が一定して行なわれてきたのであれば標準偏差も今少し小さい値になったであろう。

年平均値の標準偏差は Table 2 に示すように気温 0.7°C 、表面水温 0.4°C 、25 m 層水温 0.3°C 、である。

以上述べたように観測日時不同の資料を算術平均したものを Fig. 1 に示す。12～3 月はよく上下混合した冬型、6～10 月は成層をなす夏型である。

これらの図より対馬暖流は Sts. 5, 6 あたりに流軸があるように考えられる。また 6 月から急激に塩分濃度が減じ、8 月には極小になる。これは陸水の影響、すなわち黄海冷水の流入と考えられる。

Fig. 3 に示すように 2, 3, 4 月は上下均一の $\sigma_t=25.9$ の水塊を示しているが、次第に水温が上昇すると共に塩分は減じ、6, 7, 8, 9, 10 月は底層 100 m 層はいずれも塩分 34.30‰ 程度 ($\sigma_t=24.9$)

* 1967 年 5 月 31 日受理

1967 年 4 月 9 日 日本海洋学会春季大会にて講演

** 気象研究所 Meteorological Research Institute

Fig. 1. Monthly vertical sections of temperature in degrees centigrade ($T^{\circ}\text{C}$ thin line) salinity in parts per mille ($S\%$ dotted line) in the Tsushima Strait.

Table 1. Frequency distributions of date of observations.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Date	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %	N %
1	- -	1 3	2 6	2 7	2 6	2 6	- -	5 17	3 9	1 3	1 3	5 15	24 6.3
2	- -	4 13	4 13	2 7	5 16	- -	4 13	2 7	2 6	4 11	2 7	4 12	33 8.6
3	- -	1 3	2 6	- -	2 6	1 3	6 19	3 10	5 15	5 15	4 13	2 6	31 8.1
4	- -	1 3	3 10	1 3	5 16	2 6	1 3	2 7	7 21	2 6	6 20	5 15	35 9.2
5	2 7	4 13	2 6	1 3	1 3	10 31	- -	2 7	- -	5 15	2 7	- -	29 7.6
6	- -	4 13	1 3	2 7	2 6	3 9	3 9	2 7	2 6	2 6	1 3	3 9	25 6.5
7	5 17	- -	4 13	- -	3 9	2 6	2 6	3 10	2 6	3 9	3 10	1 3	28 7.3
8	- -	3 9	1 3	3 10	1 3	2 6	3 9	1 3	2 6	1 3	1 3	3 9	21 5.5
9	1 3	- -	5 16	- -	4 13	- -	3 9	2 7	1 3	2 6	- -	- -	18 4.7
10	3 10	- -	- -	1 3	2 6	3 9	1 3	1 3	1 6	1 3	1 3	2 6	17 4.5
11	4 13	- -	1 3	- -	- -	- -	2 6	1 3	- -	2 6	1 3	1 3	12 3.1
12	3 10	2 6	- -	2 7	1 3	- -	- -	- -	- -	2 6	2 7	1 3	13 3.4
13	- -	4 13	1 3	2 7	- -	1 3	- -	- -	1 3	- -	3 10	1 3	13 3.4
14	3 10	1 3	1 3	2 7	- -	- -	1 3	1 3	1 3	- -	- -	1 3	11 2.9
15	2 7	- -	1 3	1 3	- -	1 3	- -	- -	- -	1 3	- -	- -	6 1.6
16	3 10	1 3	- -	3 10	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 3	9 2.4
17	- -	1 3	1 3	2 7	- -	1 3	1 3	1 3	- -	- -	- -	- -	7 1.8
18	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 3	- -	- -	1 3	- -	1 3	3 0.8
19	1 3	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	1 3	1 3	1 3	1 3	- -	6 1.6
20	- -	1 3	- -	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	2 0.5
21	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 3	2 0.5
22	- -	- -	- -	- -	- -	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 0.3
23	1 3	- -	- -	- -	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	2 0.5
24	- -	- -	1 3	- -	- -	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	2 0.5
25	- -	- -	- -	2 7	- -	- -	1 3	- -	1 3	- -	- -	- -	4 1.0
26	- -	1 3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 0.3
27	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0 0.0
28	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 3	- -	- -	- -	1 0.3
29	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0 0.0
30	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0 0.0
31	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0 0.0
The date unknown	1 3	2 6	1 3	3 10	2 6	2 6	3 9	3 10	3 9	2 6	2 7	2 6	26 6.8
Total	30	32	31	30	32	32	32	30	34	35	30	34	382

Table 2. Mean monthly water and air temperature ($T^{\circ}\text{C}$), and their standard deviations (σ) during the period 1913-1952.

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual mean
St. 1 T_0	13.1	11.6	11.6	13.5	16.3	19.8	22.8	26.0	24.9	22.6	19.3	16.1	0.41
σ_0	0.96	1.05	1.13	2.66	1.03	1.00	1.43	1.48	2.06	0.98	0.80	1.21	
T_{25}	13.2	11.7	11.4	13.4	16.1	19.2	21.7	25.0	24.8	22.8	19.5	16.3	0.33
σ_{25}	0.86	0.91	0.76	0.73	0.90	0.87	0.96	1.04	1.98	1.27	0.55	2.10	
T_a	8.1	7.3	9.0	13.1	17.6	20.9	25.0	27.9	25.4	19.8	15.3	10.3	0.66
σ_a	2.47	2.62	2.87	2.01	2.40	2.42	2.44	1.41	2.05	1.47	2.25	2.77	
St. 4 T_0	15.7	14.1	13.9	15.1	17.2	20.0	23.5	27.2	26.3	23.7	21.1	18.2	0.35
σ_0	1.11	0.93	0.97	1.04	1.14	0.93	1.45	1.50	1.82	0.96	0.95	1.39	
T_{25}	16.0	14.5	13.9	14.7	16.6	19.1	21.6	24.8	25.3	23.3	21.0	18.6	0.31
σ_{25}	0.72	0.86	0.78	0.74	0.99	0.76	1.24	1.50	1.96	1.10	0.87	0.82	
T_a	9.1	8.2	10.9	15.4	19.1	22.3	25.5	29.1	26.3	22.6	17.9	13.1	0.70
σ_a	2.86	3.43	2.11	2.39	2.26	1.60	2.20	2.30	2.08	2.29	2.69	2.50	
St. 6 T_0	15.7	14.3	14.2	15.3	17.5	20.5	23.3	27.6	26.4	23.7	21.2	18.0	0.36
σ_0	1.03	0.84	0.85	0.87	1.27	1.45	1.31	1.71	1.75	0.97	1.07	1.33	
T_{25}	16.1	14.7	14.3	15.1	16.6	18.9	21.6	24.0	25.2	23.3	21.0	18.6	0.37
σ_{25}	0.75	0.89	0.56	0.68	0.81	1.16	1.17	2.62	2.15	0.87	1.27	0.76	
T_a	9.0	8.2	10.8	14.8	18.9	21.8	25.0	28.0	26.0	22.2	17.5	12.6	0.74
σ_a	3.04	3.52	2.65	2.02	2.12	1.56	1.97	2.87	1.94	2.62	2.72	2.90

Fig. 2. Annual variation of mean water temperature at St. 6.

程度)であるが上層の塩分は各月大いに異なる。

いま水平及び鉛直方向の拡散を次式で表現されとする

$$\frac{\partial S}{\partial t} = v \cdot \frac{\partial S}{\partial y} + K_h \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (2)$$

ここに x は流れの方向, y はこれに直角, z は鉛直下方にとり, v は y 方向の流速, S は塩分, T

は水温, K_h , K_z はそれぞれ水平及び鉛直拡散係数とする。

そこで (1) 式について $v \approx 1 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$, $\frac{\partial S}{\partial t} \approx 3 \times 10^{-7} \text{ ‰} \cdot \text{sec}^{-1}$ (Fig. 3 より), $\frac{\partial S}{\partial y} \approx 0.8 \times 10^{-7} \text{ ‰} \cdot \text{cm}^{-1}$, $\frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \approx 4 \times 10^{-14} \text{ ‰} \cdot \text{cm}^{-2}$ (Fig. 2 より) 等を代入すると, $K_h \approx 5 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ となる。

次に (2) 式について表面水温を

$T = a_1 \cos(\sigma t - \alpha_1) + a_2 \cos(2\sigma t - \alpha_2)$ とおくと 1 年及び半年周期の振幅, 位相差, 拡散係数²⁾はそれぞれ Table 3 の如くなる。

以上の如く $K_h \approx 5 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ (運動量拡散係数), $K_z \approx 1 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ (熱拡散係数) はその現象のスケールから言って普通求められている値であり, また水平拡散現象のうずの寿命時間は 10 日程度と考えられる³⁾。

透明度については観測値は大変変動が大きい。

Sts. 5, 6 は透明度がよく 7~9 月で 18m, 3~5 月で 12m 程度, St. 1 では 8 月が 12.9m, その他の月は 9m 程度である。

3. 気温・水温の変動

Sts. 1, 4, 6 における気温, 水温の月偏差図を

Fig. 3. T - S diagram of Sts. 3 and 6.

Table 3. Harmonic constants of the annual and semi-annual variations and eddy diffusion coefficients of water temperature.

Depth (m)	Annual variation			Semi-annual variation		
	$a(^{\circ}\text{C})$	$\alpha(^{\circ})$	$K_{z1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$	$a(^{\circ}\text{C})$	$\alpha(^{\circ})$	$K_{z2} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$
0	6.3	227	10	0.7	75	10
50	3.8	295		0.4	134	
100	2.0	281	4	0.1	169	3

Fig. 4. Monthly anomalies of air and water temperature at Sts. 1, 4 and 6.

Fig. 4 に示す。これらお互いの間に割とよい平行した変動がみられるのは当然である。その偏差の最大値は気温で1か月で 6°C 、時には 14°C にも達する変動を示すこともあるが、おおよそ 4°C の幅をもって変動し、水温は最大 4°C /月、おおよそ 2°C の幅をもって変動する。

これらの水温の偏差値を MERIAC-I-F⁴⁾ によって周期分析し、エネルギースペクトルを求めると、たとえば Fig. 5 が得られるが、有意な周期はみられない。すなわち、1 年以下の短周期については有意水準が低く、また2年以上の長周期については資料が短期間のため、分析器の分解能が低下して、確かな周期の存在を指摘することは困難である。

福岡⁵⁾ が厳原の沿岸水温の変動調査において指摘した6か月および1年の卓越周期の存在は、資料整理の過程と有意性の判別において誤りがあると思われる。すなわち、Fig. 5 の右肩に示すよう

に a が b を越えるのでなければ有意の周期性を認め難い。

次に St. 6 の水温月偏差量について自己相関係数を求めた (Fig. 6)。ただし、この計算においては連続した資料が必要であるが、資料のない月についてはそれぞれの月平均値を用いた。これによると、有意水準 (5%) を超える値として、正の係数で 20, 25, 27, 41, (49) か月、負の係数で 12, 15, 35, 37, (48) か月がみられる。ただし () は解析期間 180 月の $1/4$ を越えるため有意性に疑問があることを示す。コログラムの周期性から 20, 25, 27 か月、すなわち2年前後の周期の存在は確かなようで、その振幅も他の周期のものより大きいものと思われる。

次に長周期変動をみるため、水温の年平均値を Fig. 7 に示す。St. 1 及び St. 4 では7年と9年、St. 6 では9年の周期が卓越している。

St. 6 について、100 m 層までみると、いずれの

Fig. 5. Energy spectrum of surface water temperature at St. 1.

層にも9年の周期があり、その振幅は深層の方が大きい。

また、この表面水温の長周期変動を季節別にみ

ると、Fig. 8にみるように、夏季(7~9月の平均値)は8年の周期が卓越し、振幅は一番大きい。冬季(12~2月の平均値)は5年及び更に長い周期がみえるが、その振幅は小さい。春季(3~5月の平均値)は9年、秋季(10~11月の平均値)には2年と14~16年位の長周期があるようである。

これらの資料のコレログラムを求めてみると、Fig. 9(a)になる。St. 6では50m層の7年、100m層の4, 5年(負の係数)等は有意であるが、表層の4, 7, 9年、50m層の2, 9年、100m層の6, 9年等は有意水準(5%)に達せずこれらの周期の存在は確かでない。したがって50m層からの7年の周期のみが確からしい。

また季節別では(Fig. 9(b)), 夏季の8年, 秋季の2, 6年に負の係数が有意であるが、4, 12年等の周期は認められない。

また、気温については厳原測候所の月平均気温について、自己相関係数を求めた。それによると3, 7, 9年の周期がみられる(Fig. 10)。

以上をまとめるとTable 4のようになり、有意な周期として、水温では2年前後, 7, 8年, 気温では3, 7, 9年と考えられる。しかし現今までの水温の連続観測は40年程度であるので、7, 8年の周期を確認するには後40年程の観測を続ける必要がある。

日高・鈴木⁶⁾は対馬暖流の流速に7年の周期を認め、FUKUOKA⁷⁾は禄剛埼(能登半島)の水温について2, 9, 11, 15年の周期を認めている。そ

Fig. 6. Correlogram of surface water temperature at St. 6. Double circle shows the significant value at the 5% level.

Table 4. Periods of air and water temperatures at Sts. 1, 4 and 6.

	Period			
	Position	Arithmetic moving average	Serial correlation coefficient	cf. the following figures
Surface	St. 1	7 9	Month 20*, 25*, 27*. 4, 7, 9	Figs .6, 7, 9 (a)
	St. 4	7 9		
	St. 6	9		
Depth : 25 m	St. 6	9	2, 7*, 9	Fig. 9 (a)
	50 m	9		
	100 m	9		
Winter (Dec Feb)	St. 6	5	1. 2, 6 7, 11 2, 8*, 9 2*, 9, 11	Figs. 8, 9 (b)
Spring (Mar May)	St. 6	9		
Summer (Jul Sep)	St. 6	8		
Autumn (Oct Nob)	St. 6	2, 14, 16		
Monthly mean of air temperature	Izuhara		3*, 7*, 9*	Fig. 10

*: Significant at the 5 % level

Fig. 7. Variations of annual mean of water temperature at Sts. 1, 4 and 6.

Fig. 8. Variations of mean surface water temperature in four seasons at St. 6.

Fig. 9. Correlogram of water temperature at St. 6.
(a) in each layer, (b) in four seasons.

Fig. 10. Correlogram of air temperature
at Izuohara.

の他黒潮について 4.5 年⁸⁾や 9 年⁹⁾の周期等著明であるが、これらのことについては福岡¹⁰⁾の総説がある。

4. 気温・水温・降雪量との関連

表面水温とその上層の気温との相関係数を求め

た。1~4 月と 10~12 月は 0.5 またはそれ以下、5~9 月は 0.50~0.65, 7 月が最も大きく 0.73 である。気温と 25 m 層水温との相関係数はいずれも 0.5, 多くは 0.3 以下である。また表面水温と雲量との相関係数は ± 0.16 程度である。

次に北陸地方の降雪は日本海からの水蒸気と熱の供給によるから、これと水温、気温との関連を調べた。Fig. 11 は福井、伏木、柏崎における里雪の月最深積雪量¹¹⁾の平均値、1 月及び 2 月の福井¹²⁾・厳原¹³⁾のそれぞれ平均気温、Sts. 3, 4, 5 の平均表面水温、平均水温と気温との差、平均水温と厳原の気温との差等を示す。これから降雪量(里雪)と福井、厳原の気温との相関が大きく、気温が低い時、積雪量が大きいたことがみられる。宇田¹⁴⁾は水温と気温の差が積雪量と 0.27 及び 0.35 の相関を認め、対馬暖流の消長と裏日本の雪量との関係を推しているが、われわれはこれは気温が雪量に大きく影響し、水温は影響が少ないと考える。すなわち、水温または水温と気温の差は積雪量とあまり相関がみられない。これをよりよく示すため Fig. 12 は横軸に厳原の気温、縦軸に Sts. 3, 4, 5 の平均表面水温と厳原の気温の差をとり、その時上述の平均積雪量を 1 m 以上と 40 cm 以下及び 40~100 cm にわけて図示した。

これより気温—水温差に関係なく、1 m 以上の積雪(図中◎で示す)は厳原の気温が 4.5°C 以下であることが必要のようである。

蒸発量は $E=3.7(\bar{e}_w-\bar{e}_a)\bar{u}$ ²⁾なる式で与えられる。ここに $\bar{e}_w$, $\bar{e}_a$ は海面及び空気の平均蒸気圧, $\bar{u}$ は平均風速であるから, E は水温と気温の差に比例する。一般に水温変動は夏季に大きく、冬季には小さいから E はもっぱら気温に支配されることになる。すなわち水と熱の供給源たる海況の変動は小さいのであるがそれを受け入れる大気の温度が低い時、大雪になることを示している。

さて福井北西海域での蒸発量を見積ってみると

$$E = \frac{Q_s - Q_b + Q_v + Q_\theta}{L(1+R)}$$

なる式で与えられる²⁾。

ここに E : 蒸発量

Fig. 11. Variations of depth of snow cover, air temperature, water temperature, and their differences.

Table 5. Total incoming radiation (Q_s), back radiation (Q_b), advection of heat (Q_v), local heat change (Q_θ) and evaporation (E).

	Q_s	$(\text{g}\cdot\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1})$ Q_b	Q_v	Q_θ	R	$(\text{mm}\cdot\text{day}^{-1})$ E
Average year	0.351	0.058	0.729	-0.372	0.7	11.3

Fig. 12. Relationship between air temperature at Izuhara, temperature difference of water and air and depth of snow cover.

Q_s : 太陽と天空からの放射の吸収熱量
 Q_b : 海表面からの逆放射量
 Q_v : 海流によって運ばれる熱量
 Q_θ : 海水温を高める熱量
 L : 蒸発の潜熱
 R : Bowen ratio

である。

$$Q_v = C_p \rho \int_0^{100} u \frac{\partial \theta}{\partial x} dz$$

$$Q_\theta = C_p \rho \int_0^{100} \frac{\partial \theta}{\partial t} dz$$

で、ここに C_p は定圧比熱、 ρ は密度、 θ は水温、 u は x 方向の流速で 100 m まで積分する。

福井北西海域の水温鉛直分布が 100 m の深さまでほとんど同一の温度であること、及び平年時 1 月は 12.6°C、2 月は 11.0°C 及び対馬海峡 1 月の平均値 16.0°C を用いると

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta x} = \frac{16.0 - 12.6 (^\circ\text{C})}{700 (\text{km})} = 4.86 \times 10^{-8} (^\circ\text{C}\cdot\text{cm}^{-1})$$

$$u = 25 \text{ cm/sec}$$

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = [12.6 - 11.0] (^\circ\text{C}) / 1 (\text{月}) = 6.17 \times 10^{-7} (^\circ\text{C}\cdot\text{sec}^{-1})$$

となる。

これより Table 5 を得るが、藤田・本多¹⁵⁾は 1 月の平年時蒸発量は 8 mm·day⁻¹、豪雪時の蒸発量は平年時の 1.5~2 倍の 12~14 mm·day⁻¹ であると見積っている。われわれの平年時の値 $E = 11.3 \text{ mm}\cdot\text{day}^{-1}$ は彼等の豪雪時の値に近い。

この不一致は両者の算出の方式が異なるためであろうか。

5. 結 論

過去 40 年に亘る東対馬水道の連続海洋観測値を用い、同水道の各月平均水温、塩分図を求めた。また水温の変動から 2, 7, 8 年の有意の周期を求めた。

水温と北陸豪雪の関係を調べたが、水温の変動幅が小さいので、これはむしろ気温の高低に左右され、たとえば厳原の 1, 2 月の平均気温が 4.5°C 以下の時に豪雪を見るようである。

MERIAC-I-F による周期分析について降旗常雄氏、種々御助言をいただいた森安茂雄博士、藤田敏夫氏に感謝する。

文 献

- 1) 福岡県福岡水産試験場 (1953): 東対馬水道海洋観測資料——自大正 2 年 9 月至昭和 27 年 2 月。
- 2) SVERDRUP, Harald U. Martin W. JOHNSON and Richard H. FLEMING (1942): The Oceans. Prentice-Hall, New York.
- 3) NAN-NITI Tosio (1964): Oceanic turbulence. Oceanogr. Mag., 16 (1~2), 35-45.

- 4) 降簇常雄 (1959): 新しい自動データ処理機械 MERIAC-I-F について. 気象と統計, **10** (1), 23-31.
- 5) 福岡二郎 (1965): 海況異常変動の実例について. 日本海洋学会誌, **21** (5), 221-223.
- 6) 日高孝次・鈴木篁 (1950): 対馬海流の永年変化について. 日本海洋学会誌, **6** (1), 28-31.
- 7) FUKUOKA Jiro (1957): On the variation of oceanic conditions in the sea adjacent to Japan. Oceanogr. Mag., **9** (1), 95-106.
- 8) 川合英夫 (1955): 東北海区における極前線とその変動について (第1報). 東北海区水産研究所研究報告, 第4号.
- 9) 畑中正吉 (1952): 海況の変動に関する漁業生物学的研究. 東北海区水産研究所研究報告, 創刊号.
- 10) 福岡二郎 (1959): 海況の周期性について. 海と空, **35** (1), 13-20.
- 11) 気象庁 (1963): 積雪量累年気候表 (34 版).
- 12) 福井地方気象台 (1963): 福井県の気象.
- 13) 長崎海洋気象台 (1962): 長崎県の気象.
- 14) 宇田道隆 (1936): 雪量と海水温度との関係. 天気と気候, **3** (8), 349-350.
- 15) 藤田敏夫・本多庸浩 (1965): 冬期の日本海からの蒸発量及び顕熱放出量の推定. 天気, **12** (6), 204-213.