

Title	外洋海水温の1浬距てた2点での時間的連続観測結果について
Author(s)	黒木, 敏郎; 梨本, 勝昭; 藤井, 武治
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 15(4), 243-259
Issue Date	1965-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23239
Туре	bulletin (article)
File Information	15(4)_P243-259.pdf



# 外洋海水温の1浬距てた2点での時間的連続観測結果について\*

### 黒木敏郎・梨本勝昭・藤井武治

#### (北海道大学水産学部 漁具物理学講座) (北海道大学練習船おしょろ丸)

The Fluctuations of Sea-water Temperature, Observed Continually during One Day at Two Points on the Ocean One Mile Apart

Toshiro KUROKI, Katsuaki NASHIMOTO and Takeji FUJII

#### Abstract

The data gotten through oceanographical observation by the usual method is valuable in itself, but it seems also that it may be not always useful for the scientific fisheries. For the purpose of getting useful data to analyze the relation between the ecology of fish and surrounding water-temperature, the authors observed continuously the fluctuations of sea-water temperature for about 24 hours at two points about 1800 m apart. On the one point directly under the ship, three thermo-elements (osmium thermister,  $1.0 \text{ mm } \phi$  bead type; thermal time constant, about 10 sec.) were hung in three layers of 25 m, 75 m and 150 m in depth respectively. On the other point at the extremity of 1800 m cable-set, the same number of thermo-elements were hung in the same layers (cf. Fig. 1). These two points were drifted naturally by wind (, affecting mainly the ship) and by sea current (, affecting mainly the 1800 m cable-set).

A preliminary experiment was carried out on the sea off Tomakomai, Hokkaido  $(42^{\circ}16.7'N, 141^{\circ}28'E \sim 42^{\circ}12.8'N, 141^{\circ}48.5'E;$  Dec. 18th,  $14^{\circ\circ} \sim$  Dec. 19th,  $14^{\circ\circ}, 1962$ ). Because of unexpected punctures (electric leakages), only two series of temperature were recorded continuously for 20 hours. Cf. Table 1, Fig. 2 and Fig. 3. The calculated velocities and directions of the sea-current are shown in Fig. 7.

A successful experiment was carried out on the Sea of Okhotsk (at the southwest point of Kamchatka Pen.;  $51^{\circ}45^{\circ}N$ ,  $154^{\circ}22^{\circ}E$ ; Aug. 12th,  $20^{s_0} \sim Aug$ . 13th,  $21^{\circ\circ}$ ; because the successful deciding of position was impossible by Rador, Loran and even by astronomical observation, no drift was measured.) The data of the observation and the records of the sea-water temperature are shown in Table 2, Fig. 4 and Fig. 6. The results of analyzation by the auto- or cross-correlation method about "Time-series" are shown in Fig. 8 and Fig. 9. From the consideration of these results, the authors were able to appreciate the structures of the boundary between two heterogeneous water masses (cf. Fig. 10) and to estimate their horizontal length scales. And, conclusively, they propose a method for observing useful factors in surroundings of fish at 2 or 3 points on the sea, simultaneously by one or more research vessels and continuously for several days.

### 赭 ] 言

### 水温は漁況を左右する要因のうちもっとも有力なものと考えられ従来もその表示や活用に大きな努

\* 昭和 38 年 4 月 3 日(於東京)昭和 39 年 4 月 2 日(於東京)それぞれ日本水産学会年会で講演発表

力が払われてきた。結果として現われる「漁況」という現象の裏面には対象魚群の生理生態の機序が 潜んでいる筈であって,これに関する実験や理論的解明はまた別になされるであろうが,それにして も現在行われている規模や方法での海洋測温結果が漁況の説明や予報に必らずしもうまく役立ってい るとは限らないので筆者等はつぎのように考え直してみた。「もちろん 海水温そのものも魚群の生理 生態に直接的な関係をもっているであろうが魚群の経てきた長時間の温度履歴や短時間内の温度変化 の感受などもまた重大な関連を持つに違いない。とすれば,現行測温法が微積分計算の利く測定法へ 移行発展する事によって数量化された関係が導き出され魚の生理生態と真に結びついた解釈が生じ, そして始めて漁況の判断や予報などの正確さが得られる事になるであろう。」例えば魚体内部の温度 は外界水温の変化に 10 数分の時間的遅れをもって指数函数的に追随するという知見がある<sup>1)</sup>。魚の 游泳速度は毎分約 150 m と見做されるから<sup>2)</sup>,魚が外界水温との差を刺戟として受けとることを前提 とすれば測温さるべき 2 点の空間距離は 2000 m 以下に(狭く)抑えられなければならない。本報で は約 1800 m 距たった 2 点 (各々 25 m, 75 m, 150 m 三水深層)での連続水温観測の結果とその解 析とに関して述べるものである。

本研究の実施に当っては、「漁況要因の微積分値表示とその応用」なる題名の下に昭和36・37 両年 度に受けた文部省試験研究費補助金の一部をその経費に充当し、継目なし 1800 m 6 芯キャプタイヤ ーコードは鹿児島大学水産学部よりこれを借用した。また試験船わかたか丸(84トン、東北区水産研 究所)・練習船おしょろ丸(1181トン、北大水産学部)両船関係者の誠意ある協力を得、測定装置の 仕立てには西山講師(北大漁業学講座)等の適切な助力を仰いだ。本論に入るに先立ち上記関係者各 位の御好意に対して深甚の謝意を表する次第である。

#### 測定方法と使用器材

本船下と 1800 m のコード先端の下と二点で測温するので,まず長さ 25 m, 75 m, 150 m 三本の 複芯電線を一組としそれぞれの下端にサーミスターをつけて薄く水密にした受感部を作り細紐を添わ せて 2kg の錘で海中に吊下する。1 組は本船舷外に直接おろし,他の1 組は 1800 m コード (外径 18 mm,6芯クロロプレーンシース,各芯全抵抗約 60.2)の先端で水密メタルコネクターをもって接 続しそこから垂直に吊す訳である。側温受感部として使用したサーミスターはオスミウム Os 製ビー ド型 (直径 1.0 mm, 25°C で 6 kΩ 定格,熱時定数約 10 秒,熱放散定数 1mW/°C,大泉製)6 筒で ある。コードは水平に 1800 mの距離にわたり展張するのであるが海面に置けば他船によって乗り切 られる惧れもあるので 5 m の浮ナワをつけ水深 5 m 以上の所に保ちコードへ直接張力が掛らぬよう に綱を添わせた。浮子は合成樹脂黒色球形 (1 箇の浮力 13 kg)のもので,50 m 間隔にこれをつけほ ぼ 300 m ごとに族を立てて目印とする。なお,夜間でも方位や展張具合を確認できるように 1800 m の先端と中間とに 2 本のレーダー反射板 (コーナーリフレクター)を立てた。Fig.1 に展開要領概略 を示す。

連続記録機としては6系統打点式電子管平衡型(各点間10秒,1系統60秒ごとに打点する富士電 機製 KES 618型)の器材を用いた。海上観測にとり掛る前,全装備の状態で陸上試験を行ない温度較 正曲線を作って置いたが電線とくに1800mコードの海中温度変化による指示フレも考えられたので さらに本船舷側で適時採水して従来法の測温結果と比べこれを check して正確を期した。船は錨泊す ることなく漂流しつつ24時間以上の連続記録をとるのであるから潮流と風向との関係如何では水に 対し船が流される形となり吊下電線が幾分かの傾角を生ずることもある。しかしこのような場合でも 本船側と先端側とでほぼ同程度の傾角状態になるものと思われるので,水深の絶対値で現象をとらえ ることにこだわらない限り水平かつ同時的な二点間水温差を論ずることは許されるであろう。

<sup>- 244 -</sup>



- 245 -

1965]

黒木タ4: 外洋水温の連続観測

g. 1 Schematic illustration of 1800 m cable-set for measuring temperature at two points Th<sub>1-6</sub>; thermisters, S<sub>1,2</sub>; 2 kg sinkers, C; cable (18 mm φ, 6 cores, chloroprene sheath, 1800 m length junctureless), T; tension cord, R<sub>1,2</sub>; reflectors for rador, F<sub>1-5</sub>; flags, W; 5 kg sinkers for buffering, B; ball-buoys (every ones bouyance 13 kg) V; research vessel, D; drum winding cable, M; measuring apparatus

Date (Dec. 1962)		Position		Wind		Cable-set		
		latitude N	longitude E	direction	velocity (m/sec.)	direction (from ship)	length (mile)	Remarks W.L.; water temperature a.t.; atomosph. temp.
l8th	1180~40	42°17.2′	141°25.7′	293°	7			[depth; 0, 25, 75, 150 (m) w.t.; 9.9, 10.96, 10.03, 10.03 (°C), a.t.; 6.1C°
	1400~	42°16.7′	141°28.6′	293°	6	259°	0.90	
	1900~	42°18.1′	141°31.0′	315°	6	315°	0.93	
	2200~	42°18.7′	141°35.0′	315°	5-6	326°	0.92	(at 20 <sup>50</sup> ) a.t.; 1.8°C, wind vel. (often)>10 m/s.
	2300~	42°18.4′	1 <b>41°36.5</b> ′	315°	3	<b>306°</b>	0.92	
19th	0145~	42°16.5′	141°39.8′	315°	4-5	306°	0.90	
	0406~	42°14.5′	141°43.0′	315°	4	306°	0.90	
	0600~	42°13.0′	141°45.0′	315°	3	281°	0.92	
	0800~	42°11.5′	141°48.0′	248°	4	259°	0.92	$\begin{bmatrix} depth; & 0, & 25, & 75, & 150 & (m) \\ w.t.; & 9.9, & 10.11, & 10.11, & 10.02 & (^{\circ}C), & a.t.; & 4.4^{\circ}C \end{bmatrix}$
	1200~	42°13.5′	141°47.5′	225°	3	214°	0.92	[w.t.; 10.07, 10.07, 10.06, 10.06 (°C), a.t.; 5.4°C
	14 <sup>50~</sup>	42°12.8′	141°48.5′	158°	8	<u> </u>	_	(at 13 <sup>50</sup> ) w.t.; 9.6, 10.20, 10.08, 9.23 (°C), a.t.; 5.3°C

Table 1 Data of the observation on Dec. 18th-19th, 1962

- 246 -

[XV, 4

#### 観測結果の概要

観測はまず 1962 年 12 月苫小牧南方海域で予備試験的におこなわれ, つぎに 1963 年 8 月カムチャツカ半島南端の西北方オホーツク海域で本格的に実施された。

### I. 苫小牧南方海域の場合

1962 年 12月 18日 14<sup>60</sup> より漂流をはじめ準備調整の後 18<sup>60</sup> より測定を開始,翌 19日 14<sup>50</sup> に不 連続線接近のため退避せざるを得なくなるまでの間続行した。試験はわかたか丸によって行なわれた のであるが, 船位は北緯 42°16.7′ 東経 141°28′ から北緯 42°12.8′ 東経 141°48.5′ の点まで移動し た。1 昼夜でほぼ 28 浬流されたことになる。この間の気温は 4.4~6.1°C の範囲で変化したが海の表 面水温は9.6~10.0°C程度であった。この回の関係資料をTable 1 に掲げ,船の動きとコード展開の 方向に風向を添えて Fig.2 に示す。Fig.3 は得られた3 水層の連続水温記録を転写したものである。 1800 m 先端側 25 m 水深層のサーミスター (図中 ④) は投入直後からパンク漏電したため記録を逸 し、本船下 75 m 水深のもの(図中 ②)も 19 日 0245 から故障した。測定開始より 1940 まで接触 不良であった先端側 75m 水深のもの(図中 ⑤)も一旦調子を恢復して記録し始めたが翌19日 08<sup>30</sup> から浸水し, さらにまた 150m 水深のサーミスター (図中 ⑥) も同じく 0950 から浸入を受けて記 録不能に陥った。結局 18 日 18<sup>00</sup> から翌 19 日 14<sup>80</sup> までを連続記録し得たのは本船下 25 m(①)と 150 m(③) との二水 深層の水温のみであった。新しく組立てた器材の初回の試用であったためこの ように故障も多くかつ測定温度の絶対値には大きな精度幅を許さざるを得ない結果ともなったが、時 間的に水温変化の少いと目される漂流測温結果でも Fig. 3 程度の変動があることを確認し得た訳で ある。同図を読めば α) 25 m・150 m 水深層における 20 時間内(潮汐の影響をも含むと思われる) 水温変動幅は 0.8°C におよび, β) 各水深層における不規則な (数分~数 10 分内におこる) 変動の 幅は 0.2~0.6℃ の程度であって、?)約1 浬離れた2 点間の同時的温度 差は 75 m 水深層で 0.3~ 0.4°C 程度, 150m 水深層で最大 0.3°C 程度である事が判った。

#### II. カムチャッカ西南海域の場合

1963 年 8 月 12 日 20<sup>30</sup> より同 13 日 21<sup>00</sup> までの 24.5 時間の間おしょろ丸によって行なわれた。 その推定位置は北緯 51°45′ 東経 154°22′ であるが, 距岸 100km 以上でレーターも利かず曇天のため 天測も不能で 24 時間の漂流がどのような跡を辿つたか具体的に示し得ないことを遺憾とする。各時 点で得られた位置以外の資料を Table 2 に掲げる。それを水温時間変化と対比関連し易いようにする ため横軸に時間経過をとってまとめたのが Fig. 4 である\*<sup>3</sup>。図中コード展開方向の矢印は船に対す る流れの方向を示すもので,これは観測当日には展開方位しか知り得なかったのが後述水温解析結果 を勘案して後日向きまで記入し得たものである事に注意されたい。1800 m キャプタイヤーコードの 展開状態をレーダー映像上で1時間おきに確認した資料のうち3時間等間隔の3例を Fig. 5 (写真) に示す。このようにしてコードの方位のみならず曲りや張り具合や先端迄の距離を知り船の対水的動 きを check できるのである。

水温の連続記録結果を Fig. 6 に掲げる。今回も 13 日 04<sup>49</sup> 頃コード先端側 75 m 水深層(図中 ⑤)のサーミスターが侵水を受けその後の記録を逸したけれどもその他の 5 点では 24 時間以上の連 続記録をとることができた。同図を判読すれば、この回の観測は偶然にも明瞭な潮境で行われたもの と思われる。すなわち 12 日の 23 時前後・13 日 04 時~05 時・同日 14 時前後の時刻頃それぞれ水温

1965]

<sup>\*)</sup> Fig. 4 のうち ビタミン  $B_{12}$  量は 試験研究の分担者として鹿児島大学水産学部柏田研一教授が Bioassay により微量測定したものである。海中のビタミン  $B_{12}$  分布などに関しては分担研究がなさ れ別途に発表されている。

Date (Aug. 1963)			Atomograhomia	Wi	ind	Cabl		
		Weather	temperature (°C)	direc- tion (°)	class	direc- tion (°)	length (mile)	wire- angle (°)
12th	20 <sup>20</sup>	cloudy	11.0	·	calm	-	0.85	
	<b>21</b> <sup>00</sup>					9	0.86	
	2200~25	· · · ·	10.9					7.5
	22 <sup>20</sup>	{cloudy	10.8		$\mathbf{calm}$	318	0.85	
	23 <sup>05</sup>	ditto	10.8		ditto	296	0.87	
13th	0000	ditto	10.8	SSE	1	290	0.88	
	0100	ditto	10.8	SSE	1	290	0.90	
	0105~22			· ·				20
	0200	{cloudy	10.8	_	calm	290	0.90	
	0300	ditto	10.8	S	1	290	0.89	
	0400	ditto	10.8	SE	1	281	0.88	
	0400~20							5
	0500	{cloudy	10.7	S	1	285	0.78	
	0600	ditto	10.7	S	2	281	0.84	
	0710					266	0.79	
	0725							5
	0800	{cloudy	10.7	S	2	234	0.88	
	0900	rainy	10.8	S	2	210	0.80	
	1000~12	ditto	10.7	S	2	· -	-	5
	1100	{cloudy	10.7	S	2	195	0.87	
	1200	ditto				219	0.90	
	1302	rainy	10.7	sw	1			
	1320~40					213	0.88	7
	14 <sup>80</sup>					234	0.83	
	1500	rainy	10.7	W	1	277	0.85	
	<b>16</b> 00	{cloudy	10.7	NW	2	310	0.86	
	1600~20	(at all						12
	1700	cloudy	10.3	NW	1		_	
	1724					331	0.85	
	1800	cloudy	10.3	NW	1	_	_	
	18 <sup>80</sup>					336	0.88	
	$18^{56} \sim 19^{10}$							10
	1900	cloudy	10.4	NW	1		·	
	1024	-				332	0.89	
	2027					325	0.88	
	20 <sup>80</sup>							
	2030~49							12

Table 2. Data of the observation

\*) Bioassayed by Prof. Dr. Kashiwada, Kagoshima University.

1

on Aug. 12th-13th, 1963

	Sampling water										
temperature (°C) at depths				dis	solved (n	$B_{12}$ $T_{12}$	W. temp. by Bathythermo. (°C)				
surface	25 m	75 m	150 m	25 m	25 m	150 m	surface	25 m	75 m	150 m	
10.9									1		
					0.50		11.2	6.7	2.4	2.1	
10.9	8.71	1.99	1.86	10.0	0.56	0.24					
10.8											
10.8	1	}								1	
10.0											
10.2	9.47	2.18	1.82	0.82	1.60	0.60					
10.2											
10.1	ĺ	1			1	1					
10.1	1									1	
	10.34	2.78	1.79	0.44	1.20	1.28					
9.8						Í					
10.1											
							11.0	7.5	1.3	1.3	
	8.16	2.02	1.87	1.08	1.44	1.20				1	
10.0					}						
9.9											
10.0	6.81	2.12	1.88	1.82	1.24	1.00			ļ		
10.0											
10.3											
	6.04	1 00	1 05		0.70	1.70					
s.	0,94	1.90	1.80	miss	0.76	4.(2					
10.7											
10.4			· ·								
10.1	11.20	1.92	1.83	0.24	1.00	2.80					
10.5											
		ĺ				ĺ				•	
10.6						ļ		-			
	9.10	2.03	1.85	1.08	0.88	0.96					
10.6											
							10.3	9.0	1.8	1.6	
	8.09	2.02	1.80	0.68	0.84	1.20					

1965]

--- 249 ---

北大水産業報







circle; water-temperature by bathythermograph

- 250 -



Aug. 12th 2100



Aug. 13th 0300

Aug. 13th 0000

Fig. 5 Examples of radar images for recognizing the cablet-set direction

-251 -

北大水産業報



[XV, 4

— 252 —

変動の現われ方に明らかな前後差が見受けられ、とくに13日14時の前と後とでは水温の安定度がま るで25m 水深層と75m 水深層とで逆転しているかのように見えて興味深い。

変動の周期については解析の章で述べる事にして、水温の変動幅という形の上だけで見た結果をま とめるとつぎのようになる。

 $\alpha$ ) 25m 水深層では安定な場合の水温は 10°C 内外であるが変動の激しい時には 4~10°C 間の大幅な変動を示す。

β) 75m 水深層では、安定な時の水温は 2°Q 内外であるが変動する時には 2.5~9.5°C 間の激しい 変化を示す。

7) 150m 水深層では 24 時間を通じて安定した水温を示し、その変動幅は 1.5°C を中心としてほ ぼ 1°C の範囲に収まっている。この 150m 層のフレの幅は前回の苫小牧南方海域の場合と殆んど属 程度のものである<sup>\*</sup>。

Table 2 と Fig. 4 とに掲げた Bathy-thermograph 判読結果も探水による水温値(常法により較 正済の値)もそれぞれ × 印と |--| 〇 印とで Fig. 6 中に記入してみた。本装置による吊下電線と 常用採水器ワイヤーとの水流吹かれの差による水深誤差が混入している事を勘定に入れても、連続測 温法と一時点測温法とがどの程度に差違のあるものか充分に理解できるであろう。

## 結果の解析と考察

#### I. 苫小牧南方海域の場合

初回試作装置であったため故障が多く,得られた結果は1浬距てた2点間の同時的水温を比較し得 ないものになってしまったが,それでもある水深での水温に潮汐影響と推定される約12時間周期の 変動を認め得るしそれを含む全変動幅は0.8°Cにおよぶことが判った以上,われわれは海洋の水温観 測に深い注意を払わねばならないであろう。ほとんど同一の水塊中に漂流している場合でも1地点1 水深層の測温は24時間中唯々1回なされただけでは不安であって,少くとも等時隔に4回は行われ るべきである事を知るのである。

さらにこの装置と方法では1浬の長いキャプタイヤー・コードを展開している難点を逆に利用し, 船の漂流した跡とコード展張方位とから潮流の方向と速度とをも推定計算できる事を Fig. 7 に示



Tomakomai (Dec. 18th~19th, 1962)

\*) Fig. 3 と Fig. 6 とでは縦軸の温度目盛りの刻みが違うから比較の際には注意を要する。

19657

## 北大水産業報

す\*)。当時苫小牧の高潮は18日19<sup>44</sup>, 19日08<sup>32</sup> であったが、同図で判るようにこの高潮の時隔間に は北東→南東(時計亟り)の方向に流速最高2ノット(平均1.58ノット)の潮汐流が存在した事に なる。

#### II. カムチャツカ西南海域の場合

この回の観測記録について考えれば、測定の空間点こそ不明に遷移しているけれども時間に関する 限り水温値の明確な連続系列である。現象が ergodic に生じているものと認められるならばこの時系 列を統計的に処理して水温変化母系列の特性を窺わんとする努力は許されてもよいであろう。Cybernetics<sup>3)</sup>の教えるところによれば処理されるべき変動資料は ergode 的でありかつ定常的な確率過程 であると認められるものでなければならない。Fig. 6 の水温 連続記録資料は前にも指摘したように ある時刻を境にして異質の水塊へ移ると言った過渡的な現象を抱き込んでいるように見える。そこで 「定常性」を確保するために一応この境界時刻の資料を避けて計算を進められるように3 ッの時間区分 を設定する\*\*)。すなわち12日22<sup>50</sup>~13日03<sup>50</sup>間をA区,13日04<sup>00</sup>~14<sup>60</sup>間をB区,同14<sup>50</sup>~20<sup>50</sup> 間をC区とし各時間区内での時系列解析を行なう事にする。面倒な自己相関々数・相互相関々数の計 算には北大水産学部航海運用講座所管のリレー式電気計算装置 FACOM 426型(単能3桁 digital型)



Marks A, B and C; three series of time-function, suffixes 1, 2, 3; 25m, 75m, 150m depths directly under the ship, 4, 5, 6; 25m, 75m, 150m depths at the extremity of 1800m cable-set, 11, 22, 44, 55; auto-correlograms, 41-14, 52-25; cross-correlograms

\*) この場合, 船は風に流されるが, 1800m キャプタイヤーコードの先端は 150m の電線と 2kg の 錘りとを吊下している事よりほとんど風の影響を受けず単に潮流の影響と船から(添え 綱経由) の直接張力とだけを受けているものと仮定して図式計算で求めた。

\*\*) 256 頁脚注 \*) 参照。



Fig. 82 Auto-correlograms and cross-correlogram Cf. remarks of Fig. 81

を活用してこれを行なった<sup>\*\*</sup>)。Fig. 8<sub>1</sub>・Fig. 8<sub>2</sub>には同時間区内等水深資料同志の自己相関と相互相 関との計算結果をならべ掲げた。図の横軸は母系列における時間刻み  $\tau$  (分単位) であるが,縦軸に は相関係数化されないいわゆる「生のまま」の共分散値  $\Re$  が温度の二乗次元で刻まれている。ただ し、比較に便利なように原点 ( $\tau$ =0) での値が図上でほぼ等しい高さとなるように画いた。これらの 自己相関々数図 (auto-correlogram) や相互相関々数図 (cross-correlogram) は各時間区内平均値か らのフレとしての水温変動値の特性を示すものであってそれぞれは色々な周期の変動を含んでいるも のと思われる。auto-correlogram についてスペクトル分割数 k を 60 にとり周期解析を行なった計 算結果が Fig. 9 の power-spectrum である<sup>4</sup>。同図の横軸は周波数 n (n=0, 1, 2, ...., k) であ り縦軸はパワー  $\mathfrak{P}$ を前図  $\mathfrak{R}$  と同じ二乗次元刻みでとったものである。Fig. 8<sub>1</sub>、8<sub>2</sub> & 9 のマークで A, B, C は前述時間区を表わし、添字の数字は本船下 25m, 75m, 150m 3 水深層の資料をそれぞれ 1, 2, 3 で示し、1800m コード先端倒 3 水深層のものを 4, 5, 6 で示してある。またこれらの添数字 の同じものの組合せはその点その水深での自己相関を表現し違った数字の組合せは本船下と先端との 二点間の等水深両資料の相互相関を表現している。

これらの解析計算から得られた結果はつぎのようにまとめられる。

α) B 時間区には 12 時間の,又C時間区には6時間(恐らくは 12時間も)の周期変動がそれぞ

--- 255 ---

<sup>\*\*</sup> 本計算に当っては同講座川島助教授の適切な助言を得た事また穿孔や操作など実際計算の労は葛 西潤子氏をわずらわした事をここに附記して深謝するものである。計算式の概要については文末 追補参照。

れ優勢に認められるので、 測定された海域は潮汐の影響を強く受けている事が判る\*<sup>3</sup>。(Fig.9 の B<sub>44</sub>, C<sub>22</sub> 参照)

- (3) A 時間区には短周期の変動が数多く含まれている。25m 水深層では2時間の周期を先端側で強く示しており、本船側先端側の両方で1時間、36分(~30分)、21分、17分などの短周期をも含んでいる。(Fig. 9の A<sub>44</sub>, A<sub>11</sub>)。75m 水深層では両方の側で40分(優勢)、17分の短周期を含むほか本船側では1.5時間の、先端側では2時間・1時間ならびに20分の周期も強く含んでいる。(Fig. 9の A<sub>55</sub>, A<sub>22</sub>)
- \*) 先端側 75m 水深層の受感部族障 によりB時間区では⑤の資料がない 事や 75m・150m 水深共に水温変 動の少い事などを考えて、B区では 25m 水深の資料しか扱わなかったが とくに両方の側で3時間周期が強く 現われている。短いものとしては26 分前後の周期が著しい。(Fig. 8<sub>2</sub>の B<sub>44</sub>, B<sub>11</sub> ならびに Fig. 9 の B<sub>44</sub>, B<sub>11</sub>)
- δ) C時間区では例として本船側75m 水深層資料だけをとって図示した。 6 時間周期や 40 分の周期変動が強 く含まれているが、A区・B区と違 うところは長期傾向を含む(n=0で の £ 値が高い)事であってこれに は潮汐のような 12~24 時間の周期 も含まれているであろうが Fig. 6 の水温図C時間区②を見ても明らか なように長期低減の傾向が含まれて いる事と符合するところと思われ る。(Fig. 8 ならびに Fig. 9 の C<sub>22</sub>)
- E) 位相解析の結果として、crosscorrelogram を眺めるにA時間区で は水深 25m 層の場合(Fig. 81 の A<sub>41</sub>-A<sub>14</sub>)でも 75m 層の場合(同じ く A<sub>52</sub>-A<sub>25</sub>)でも、本船側変動の位



相がコード先端での変動位相よりも 35 分進んでいる事を知る。また B時間区水深 25m の場合 (Fig. 8<sub>2</sub> の  $B_{41}$ - $B_{14}$ )では位相が逆に 37 分遅れている事が認められる。つまり潮は船に対し(同 位相水塊が相対的にという意味で) A時間区ではコード先端へ向いて流れておりB時間区では先

\*) 水塊間境界層の出現も大空間内では ergode 性の中に没するものと考えれば,24 時間以上の定常 的な確率過程を把えたものだとして全時間長にわたった1連の資料で解析を行なう事も許される 筈であって,そのような計算の結果には24時間や48時間の周期も優勢に出て来るであろう。しか し本論文ではこの計算を行なっていない。

- 256 --

端側から船へ向いて流れていた事になる。前にも触れたように Fig. 4 のコード方向 欄につけ た矢印は潮の方向を船に対して画いたものであって、コードが張ったり弛んだりしている 状況 (同図 © 欄)をよく説明し得るであろう。

さてこれらの解析結果を基礎に置いてさらに考察を進めてみよう。A時間区にあってはコードの展 張平均距離(長さ)が Fig. 4 の©より約 0.88 浬と算出されるので、祠相の水温変化が船からコー ド先端へ向いてこの距離を 35 分で通った事となり、同相温度水塊がコードに沿って辷る速さは約 1.5 ノット(2.8 km/hr)と推算される訳である。祠様に B時間区では展張平均距離 0.84 浬を 37 分で、 つまり 1.86 ノット(2.5 km/hr)の速さで、水温同相のものが逆にコード先端から船の方へ向いて辷 っている事になる。ここで「辷る」と称しているのは、水平投影面上で水温同相線がコードと交る点

を考え、これがコード線上を船から先端 へ(または先端から船へ)移る状態を指 すのである。このように考えれば、解析 結果の水温変動周期はキャプタイヤー・ コード方向に切られた面での水塊の直径 または水脈(山脈の形を想像する言葉で の水脈)の幅を示すものであると推定し てよいであろう。すなわちコード方向で のみ考えて、A時間区にあっては 25m 水深層では水塊境界が3~5km 幅の脈を 打つており、その脈面に 1~1.5km の小 水塊または山脈のヒダにたとえられるよ うな小水脈が散在している形を想定でき るし, 75m 水深層でも 5~9km の大幅 脈の面に 1.9km や 0.8~0.9km のシワ が脈打つている(または小水塊が混在す る) けれども、150m 水深では均一にな った水温の層が形成されているだけであ ると言うような傾斜有限厚みの境界混合 **層「しおざかい」を想定できる。B時間** 区では、150m 水深層のみならず 75m 水 深層まで均一水温帯をなし 25m 水深層 だけが潮境混合層を示し、その斜面構造 は 4~7km の大幅脈の面に 1.1km の小 脈(または小水塊)があるといった形況 を考え得る。さらにC時間区になれば、 25m 水深層には均一温暖な水温層が形



Fig. 10 Schematic illustrations of the boundary layer appreciated

Parallel-lined zone; warm water, dotted zone; mixed layer, plain zone; cold water, S; ship, C; cable-set extremity, 6 black-circles; thermister elements in depths respectively

成されており 150m 水深層は今までとほぼ等質の均一な冷水層であっても 75m 水深の辺に潮境(その垂直厚みは 50m 以下の推定)が脈打っているような水界へ船やコードが吹き流されて行った事に なる。以上のような想定に基ずき潮境の模式図を(尺度にはこだわらずに)画いたものが Fig. 10 で ある。その右半は上から眺めた平面図, 左の3 図はそれぞれ A・B・C の時間頃に右半図を垂直に切 った断面図であって本文中の A 時間区・B 時間区・C 時間区の水温変動特性を理解するのに何等矛盾

-257 -

水温記録原図を細かに調べると例えば A 水界と B 水界との境目の現われる時刻が本船側と先端側 とで 7~8 分の差を生じている事に気がつく。このような事を上述(辷り時間 85 分)の結果と結び合 わせればこの境界線の方向は水平的に見てコード展開方位とほぼ 9~16°を成す事などが推算できる。 するとこの時刻の潮境の方向はほぼ 270°つまり大略東西の方位に伸びていた事を知る。各時刻での 船位や船の遷移方向や速さなどが判っておれば、苫小牧沖の場合と同様海潮流の方向も速さも算出し 得るし、ひいては潮境の水深方向への傾斜角や混合不安定層の厚みの消長まで計算推定する事ができ たであろう。残念なことに前にも触れたようにレーダー・天測・ローラン等による観測がことごとく 不能で当時の船位遷移の資料が全く得られなかったので資料解析による情報掘り起しの作業もこの程 度の例示にとどめる次第である。

#### 結 び

以上2回にわたる海洋での近接2点連続測温の結果を述べたが、いずれも故障や天候に災いされて 完璧な資料を得たものとはいい難い。このように本方法の研究実施には困難が伴うし、1800mものキ ャプタイヤー・コードを海面(下5m水深)に展張して24時間以上も漂流する事は作業自体も大変で ある上に、所要器材や作業日時の大きな浪費であるかの如く思われ勝ちであろう。しかし、このよう に海潮流の方向や速さを知りつつ水温を測り得る事、とくに潮目や潮境では km 規模の「脈打ち」や 50m 程度の垂直厚みといったミクロな構造 や質的移動情況まで推定できる利点などを考えれば、大 きな諸損失や測温精度の低下のような諸欠点を補って余りある研究方向というべきではなかろうか。

水産学・漁業学がその対象に生物資源をおきその最終目的に有効漁獲をおくものであるとするなら は、水産学側から提唱されるべき漁場海洋の剥り方があって然るべきである。従来の海洋学的観測法 やそれによる観測結果も重要であり有用である事に異論はないが、水産学的観測法も同じ程度の有用 さと重用さとの認識の上に確立されなければならないものと信ずるのである。試案としてここに提唱 させて貰うならば;1 隻または複数隻の船で近接2点乃至3点の同時連続観測を行う事である。これ を1組とする作業団がさらに一定の空間および時間を距てて各海洋各漁場で数多くの観測を実施して 行くならば水産海洋学はまた格段の本質的な進歩を遂げるであろう。潮境や潮目にしても、潮境でな いような漁場にしても、そのような時空間環境と漁業資源生態との間を結びつける要因を解明するた めにはこの程度のミクロさが要求される筈であると確信して上記観測法を提唱し不完全ながらここに 1 実例を報告する次第である。

## 文 献

- 1) 黒木敏郎 (未発表). [「おやしお」(1964), 156, 1~12 に一部掲載]
- 2) 黒木敏郎 (1959). 魚群の移動と出現状況との関係. 鹿大水産紀要, 7,87~101.
- WIENER, N. (1948). Cybernetics (France), 邦訳 池原・弥永・室賀共著 サイバネティク (1957) 岩波.
- (1962). 不規則振動のスペクトル解析. 統計数理研究所テキスト, 61~143.

## 違 補

Fig. 8<sub>1,2</sub> と Fig. 9 との横軸縦軸の数値的関係を明確にするため計算式の概要をつぎに掲げて参考 とする。

-258 -

本船下 ①, ②, ③ 点と 1800m コード先端下 ④, ⑤, ⑥ 点とで測られた水温の各時間区 A, B, C 内平均値からの任意時刻 tにおけるフレ値をそれぞれ x(t), y(t) として ( $\Delta t=3$ 分, Tの値は A, B, C それぞれで T=5, 10, 6 時間に選んである。)

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{2T} \sum_{i=-T}^{T-\tau} x(t+\tau)x(t)\Delta t \quad , \quad R_{yy}(\tau) = \frac{1}{2T} \sum_{i=-T}^{T-\tau} y(t+\tau)y(t)\Delta t$$
$$R_{yx}(\tau) = \frac{1}{2T} \sum_{i=-T}^{T-\tau} y(t+\tau)x(t)\Delta t \quad , \quad R_{xy}(\tau) = \frac{1}{2T} \sum_{i=-T}^{T-\tau} x(t+\tau)y(t)\Delta t$$

Fig.  $8_{1,2}$  では添字 x に ①, ② を添字 y に ④, ③ を選んで A, B, C 時間区別に例示してある。 power-spectrum では,

$$\overline{P} = \Delta t \Big\{ R_{xx}(0) + 2 \sum_{l=1}^{k-1} R_{xx}(l \cdot \Delta t) \cos\left(2\pi \cdot \frac{n}{2k}l\right) + (-1)^n R_{xx}(k\Delta t) \Big\}, \quad n = 0, 1, 2, \ldots, k$$

Fig. 9 では k=60 にとって hamming 処理を施した P 値として面いてある。(T ならびに  $\Delta T$  の 値は図中に示した。)強いスペクトル (山) に附記した時間 (h) や分 () は周期 2T/n の値を示す。