

海流勢力の消長に就て (1)

宇田道隆

一つの系統の海流の勢力消長、例へば暖流が強勢とか寒流が微弱とか、吾々が平生實地海洋學の上から定性的に海況を表現してゐるものを定量的に取扱へるものにならうといふ試みが本稿の目的である。

今或る水域に於ける一海流系内の断面(面積 B)に於ける平均流速を \bar{v} とし、水平流は断面 ($y-z$ 平面) に直角に (y, z) 點で x -方向に速度 v を以て流れてゐるとする。 y -方向は海流を横切る方向に、 z -方向は鉛直下方に向つて採る。茲に上昇流下降流は水平流に比較して微弱で無視し得るものとする。

然る時は流量 Q は次式で與へられる。

$$Q = \int^{(B)} v dy dz, \dots\dots\dots (1)$$

$$= \bar{v} B \dots\dots\dots (1)'$$

\bar{v} の大小は勿論海流の強弱を示すものであるが、一海流系の勢力の消長を示すには、断面面積 B の一定を條件とする故、充分でない。 \bar{v} も B も時間 t の函数であり、従つて Q は時間 t の函数である。一海流系が x -方向に一筋に連続してゐるものならば、 Q は其の間を通じて「保存される量」であるから、 Q を引續いて計測することはその海流系の勢力消長を示すのにより適當であらう。(1), (1)' により、直接 Q を求めるには v を横断面上各點各層で實測し之から算出するのであるが、現在の處この實際作業は容易でなく、且過去の連続した資料を用ひて對照することが出来ない。

又水溫 θ 鹽分 S を實測して、力學的計算から間接法に依り v を求めることは出来るが無流層に相當する深度(日本海では 300⁽¹⁾—400 m, 太平洋中部以南では 800—1000 m) までの觀測のないものは採用し難く、且算出に相當手數のかゝる缺點がある。兎も角も普通の場合のやうに鹽分の變化を水溫の變化に對して小さいものとして取除き得る場合には⁽¹⁾

$$v \left(\infty \int \alpha dp \right) \propto \int \theta dz \dots\dots\dots (2)$$

即ち流速を鉛直積算溫度に比例する量として求め得る。然しこれは季節等の異なる場合の海流の變動を簡便に求め、或は水深の淺い海での計算には餘り適當なものではない。

今海流の運ぶスカラー量 M に着目すると、運搬總量 P は

$$P = \iint v \cdot M dB dt = \bar{v} \cdot M \cdot B \cdot t \dots\dots\dots (3)$$

(1) 山下馨: 垂直積算平均水溫の導入と其の應用例, 水路要報, 第 20 年第 2 號, 太平洋北部, 日本海, オホーツク海等は此の程度として取扱ひ得る。

若し断面積 B を一定と考へ得れば、上式より

$$\rho c M \cdot \bar{v} \cdot t \dots\dots\dots (3)'$$

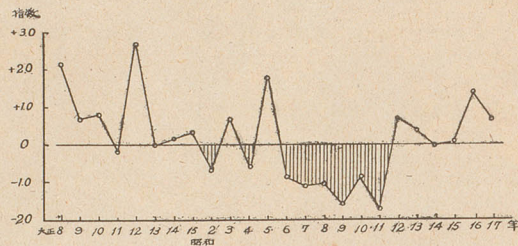
以下に M の指標を水温にした場合と海流瓶にした場合との實際的な取扱ひを吟味する。

(I) (i) 先づ對馬東水道の對馬巖原～福岡玄界島間に引いた線に於ける對馬暖流の断面に現はれた 5 月の水温分布を見やう。

$$p\theta = \sum^{(B)} \theta_k \text{ の 平 年 値 よ り の 偏 差 } \Delta\theta_k \text{ を 問 題 に す る なら ば}$$

$$\Delta p\theta = \sum^{(B)} \Delta\theta_k \dots\dots\dots (4)$$

今 0, 10, 25, 50 m, 海底の順序に間隔 9 哩の 7 測點につき福岡縣水産試験場によつて観測された水温の平年値からの偏差を 50m 以浅の水層に於て略近的に積算して、求めた年々の $\Delta p\theta$ を第 1 圖に示すならば、吾々は對馬水道を通じて日本海に流入する對馬暖流勢力の消長を概察し得るであらう。



第 1 圖 對馬東水道断面内 50 m 層以浅 5 月
合熱量指数年々變化
(對馬巖原, 福岡玄海島間福岡水産試験場観測に據る)

(ii) 次に平面的に或る廣い海

區に於ける海流勢力の消長を數量的に指示する方法を求めやう。今観測せられた主要海流の勢力消長を察するに適當な水域 A を區劃し、其の中での熱量の積算を行へば

$$Q' = \int^{(A)} \theta dA \dots\dots\dots (5)$$

Q' を水深 Z 以内の各層について積算すれば

$$Q'' = \int^{(Z)} Q' dz = \int^{(Z)} \int^{(A)} \theta dA dz \dots\dots\dots (6)$$

第 1 表及び第 2 圖は東北海區に於て所定の水域 A を 43°～35°N 140°～160°E の區域に採り、8 月の表面水温分布圖から

經緯度 1° 柵目の格子點に於ける水温値を求め、これを緯度線上に平均し、全體點につき平均したのものにつき昭和 8 年～16 年の間の變化を示したものであつて、 Q' に比例する量の變化を示したものである。實際は表面水温だけでなく、50, 100 m などの各層水温分布に基いて Q'' を計算しなければならない。更に平年値よりの水温偏差を平面圖に描いたものにつき $\Delta\theta > 0$, $\Delta\theta < 0$ の區域に就てそれぞれ積算し、年々の變動を圖示すれば寒暖兩流の混合する區域にあつても兩者の勢力を表

	昭和 8 年
43°N	16.4
42°N	19.9
41°N	21.7
40°N	22.6
39°N	23.3
38°N	24.5
37°N	24.9
36°N	26.2
35°N	26.3
海區平均	22.9
38°～43°平均	23.5

はすのに適當で

(II) 海流瓶

くなされてを

拾上の成績から

を推算出来る。

點にあつても同

瓶が遅れて漂着

て拾上られるも

で流速の推算は

も早く拾上げら

て行ふのが適當

の瓶によつて漂

れを掛けば第

如くである。

(i) 第 3 圖

れ) 曲線より求め

の曲線の形の比

道附近及び津輕

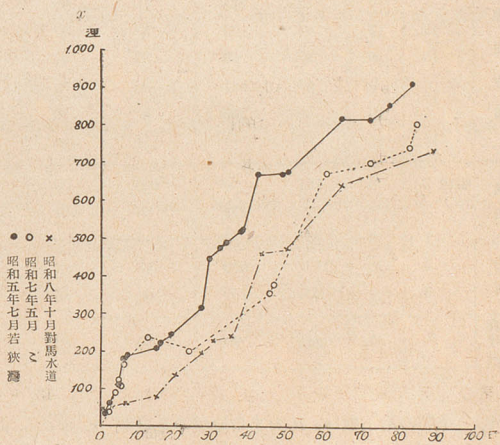
は 10 哩/日 即

第 1 表 東北海区 8 月表面水温 緯度線上及全海区平均

	昭和 8 年	9 年	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年
43°N	16.4°C	13.2	14.8	15.7	16.7	16.5	17.8	16.5	12.6	
42°N	19.9	15.4	16.6	16.8	20.6	18.6	19.9	19.1	15.3	
41°N	21.7	16.5	18.3	17.6	22.4	19.9	20.6	20.3	16.2	
40°N	22.6	18.1	20.0	19.5	23.0	20.7	21.7	21.5	16.5	
39°N	23.3	19.9	21.5	20.6	23.6	21.7	22.8	21.7	19.7	(省 略)
38°N	24.5	21.3	22.3	21.8	24.9	23.3	23.2	22.3	20.5	
37°N	24.9	22.1	23.0	23.2	25.4	24.2	23.8	23.7	22.3	
36°N	26.2	24.1	25.1	24.9	26.4	25.8	24.7	24.9	24.9	
35°N	26.3	25.0	25.4	25.9	26.7	25.9	25.4	25.3	26.0	
海区 平均	22.9	19.5	20.8	20.7	23.3	21.8	22.2	21.7	19.3	22.5
38°~43° 平均	23.5	19.8	21.3	20.6	23.8	21.9	22.6	21.8	18.9	23.8

はすのに適當であらう。實例に就ての研究結果は後日に譲る。

(II) 海流瓶が水塊と流動を共にすると考へ得るならば、海流瓶の漂着に對し發見拾上が遅れな
くなされてをるならば、海流瓶
拾上の成績から海流勢力の消長
を推算出來る。實際上は同一地
點にあつても同一時に投入した
瓶が遅れて漂着するもの、遅れ
て拾上られるものが多くあるの
で流速の推算はそれらの中で最
も早く拾上げられたものについ
て行ふのが適當である。これら
の瓶によつて漂流經過曲線 (x,
t) を描けば第 3 圖の示す例の
如くである。



第 3 圖 海流瓶漂流 (v-t) 曲線
(日本海一齊調査成績に據る)

(i) 第 3 圖に例示した (x,
t) 曲線より求めた流速 v はこ
の曲線の形の比較と併せて海流の強弱を判定するに有用な資料である。即ち第 3 圖によれば對馬水
道附近及び津輕海峽附近の流速の大きい所では 1 哩/時 をこえるが全體を通じての對馬暖流の速さ
は 10 哩/日 即ち 0.5 哩/時 程度であり、昭和 5 年 7 月の勢力は旺盛で昭和 7 年 5 月、昭和 8 年

10月に於ける兩者は似通つてゐるが前者より弱勢であると見られる。

(ii) 海流瓶の最遠達點 x_0 は海流勢力の強弱に對する一指標となる。 $x_0 = \bar{v}t_0$ であるから、M, B一定なる場合は (3) より

$$P \propto x_0 \dots\dots\dots (7)$$

しかし實際の場合海流瓶の x_0 附近に於ける漂着数は甚はだ僅少であるから、この方法は誤差が多い。

$x_0 \geq x \geq x_1$ なる末流區域の漂着瓶の x を平均した \bar{x}_0 は遙かに適當な指標である。(第2表参照)。

第2表 海流瓶漂流要素の變動

投入海區	年	月	\bar{x}_0 (哩)		瓶數比率 (%)		最遠達點 x_0 (哩)		$\frac{G}{100} = \frac{n}{n_0} \times \bar{x}_0$	
			太平洋側	日本海側	c_1 太平洋側	c_2 日本海側	太平洋側	日本海側		
青森權現岬西	大正10	3	60	170	77	23	80	148	46.2	39.1
		9	56	205	64	36	58	233	35.8	73.8
	11	8	28	119	67	33	314	390	18.6	39.3
		10	132	221	11	89	212	280	14.5	196.7
	12	12	14	33	13	87	16	37	1.8	28.7
	13	10	27	63	53	47	48	72	14.3	29.6
秋田土崎西	昭和2	5	35	181	30	70	55	429	10.5	126.7
		10	70	203	50	50	74	90	35.0	101.5
	15	11	43	41	14	86	72	55	6.0	35.3
青森權現岬西	昭和2	8	187	0	100	0	530	370	187.0	0
		3	100	274	20	80	160	370	20.0	219.2
		4	157	0	100	0	520	0	157.0	0
		5	192	520	88	12	530	650	169.0	62.4
		6	204	180	64	36	340	320	130.6	64.8
青森權現岬西	16	5	242	80	83	13	510	80	200.9	13.6

(iii) 全體の拾上數 n_0 に對する流域の某區間 $x_0 \geq x \geq x_1$ に於ける拾上數 n の % と x の關係曲線が作る面積 G は

$$G = \int_{x_1}^{x_0} 100 \frac{n}{n_0} dx \dots\dots\dots (8)$$

G は P に比例すると見られる。今對馬暖流が津輕海峽西方で分岐して津輕暖流に乗つて日本海側から太平洋側に流出する海流量 c_1 と、北海道西岸を北上する海流量 c_2 となる場合を考察すると、

青森權現岬西
以内に投入せる

を計算すると第
このやうな調

以上 (I) (II)
と考へるが、實
なる時期に於て

的計算による v
2表にあらはれ

も研究せねばな
後註: (1). Q

とは運動量に著
(2) 流速を力

G. Wüst

G. Wüst

K. SUDA

中央氣象臺

所載對馬

(2) 北海道水産

(3) 水産試験場

青森権現崎西 100 哩以内に投入せる北海道⁽²⁾ 及青森縣水産試験場の海流瓶⁽³⁾ 及秋田土崎西 100 哩以内に投入せる秋田縣水産試験場⁽³⁾ の海流瓶拾上資料につき $x_1=0$ として G 及び

$$c_1 = \sum_{x_1}^{x_0} \frac{n}{n_0} \times 100, \quad c_2 = \sum_{x_1}^{x_0} \frac{n_2}{n_0} \times 100$$

を計算すると第 2 表に示すやうになる。

このやうな調査を多數徹底的に行へば、海流の年々及季節的變動は著しく明かになるであらう。

結 び

以上 (I) (II) に述べた試みは一海流系の勢力消長を推算する上にそれぞれの意味で價値あるものと考へるが、實際上はこの海流系の諸部分に於ける計算、各横斷線上に投入せられたる海流瓶、異なる時期に於て投入せられたる海流瓶に就て詳細に行つた調査結果更に實測による v の消長と力學的計算による v の消長の成果とを綜合して決定する必要がある。之等の事柄及び第 1~3 圖、第 1、2 表にあらはれた成績に就ては更に改めて論議せられる筈である。尙諸海流系勢力消長の相互關係も研究せねばならない。

後註: (1). Q に海水密度 ρ を乗すれば「運動量」となるから、海流勢力の目安に Q を用ひることは運動量に著眼すると同じである。

(2) 流速を力學的に算出して海流の勢力を調査した論文は

G. Wüst の灣流について、須田皖次博士の黒潮及び對馬暖流に就て出されたものがある。

G. Wüst: Kuroshio und Golfstrom. Veröff. d. Inst. f. Meeresk. Hf. 29. 1936.

K. SUDA: On the Var. of the Oceanogr. State of Kurosiwo in the Original Region. (中央氣象臺歐文彙報 11, 4. 1938) 及陸水學雜誌 (田中阿歌磨會長祝賀記念號) 8 (3, 4), 1937.

所載對馬暖流季節的消長に關する論文。

$\frac{n}{n_0} \times x_0$	
2	39.1
8	73.8
6	39.3
5	196.7
8	28.7
3	29.6
5	126.7
0	101.5
0	35.3
0	0
0	219.2
0	0
0	62.4
6	64.8
9	13.6

と x の關係

(8)

乗つて日本海を考察すると、

(2) 北海道水産試験場、水産調査報告第 38 册附録、海流瓶成績表 昭和 11 年 3 月。

(3) 水産試験場、海洋調査要報。