

南極洋における海流と西偏循環転流

熊 凝 武 晴*

SOUTHERN OCEAN CURRENTS AND RECURVATURE CURRENT

Takeharu KUMAGORI*

Abstract

Of the surface ocean currents in the Antarctic seas, there are found the eastward-flowing current running east in the water Lat. 50° – 60° S and the westward-flowing current more or less circling Antarctica in the water.

South of Lat. 60° S, the latter being drifted by east wind.

The first Antarctic expedition by the UMITAKA-MARU in 1957 discovered a recurvature current

occurring in the water south of Lat. 60° – 65° S between these two currents, as the result of differential speed of east-drifting wind and the eastward-flowing current, and the recurvature current flowing in the direction, southeast, south, southwest, southeast.

The present survey confirmed the existence of this current through the observation conducted in the water of Long. 80° E—Long. 20° W.

船舶の常用航路より南方の海流観測は極めて少ない。西経 20 度の南大洋と南大西洋の海流に関する Discovery 号の調査報告書、または表面海流、亜表面海流 (Sub-surface current) に関して行なわれた Bellings-hausen 海に関する報告書と海鷹丸第 1 次南極観測航海 (1956—7 年) の途次に行なわれた東経 20 度から東経 50 度に至る南大洋の表面海流調査の外 1, 2 あるのみである。

南大洋の卓越した偏西風の影響のもとに、だいたい偏東流がこの海域の大部分を通過し、地球を回り流れている。その自転の影響によって、その平均流向は主として東から北方に偏している。

大洋の最も南の部分、すなわち南極大陸に接近した部分は卓越した偏東風の海域である。そのため Southern ocean current の南方は西方へ向かう逆の吹送流となる。この海流は偏東風に影響されるので、平均気圧の低い区域の南部、すなわち約南緯 58 度以南の偏東風区域にあるのである。この海流は完全ではないが、ほとんど連続して大陸を回って Weddell 海まで来たのち、Grahamland の東海岸に妨げられて北東方に転じ、南大洋の偏東海流に流れ込んでいる。しかし Palmer 半島の内側では、南西流が観測されたり、または Bellings-hausen 海ではいろいろ変化した海流が生じている。

* 東京水産大学. Tokyo University of Fisheries.

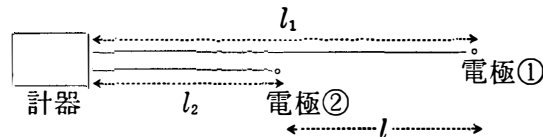
この Southern ocean current の偏東流から、西進沿岸流にかわる境においてはいろいろの方向をたどる海流があるが、主流として水の転流 (recurvature) がなければならぬという仮説が立たなければならぬ。1957 年の海鷹丸の調査では、極めて少ない資料によるものであるが、南緯 55—60 度間において循環転流のあることを認めたのである。本航海では更に延長して東経 100 度—西経 30 度までの南緯 40 度以南の南大洋において再調査することにした。なお南大洋、特に南極洋における海水の移動を確認するために、自記電磁海流計を用い、毎日 2 回の表面流の観測を行なうことにした。

1. 調査方法

毎正午における天体観測によって求めた船位と、風圧流を加減して日誌推算法によって計算された推測船位との差を、ほぼ近似の海流による差異とみなし、浬/時に換算して海流の平均流速として使用した。これと同時に毎日船内地方平時の 0800 および 1800 の 2 回ずつ科研式海流計 (自記電磁海流計) (G. E. K) を使用して海流を測定し、その時の平均流速 0.4—0.6 浬/時に近い流程を有する流向を 2, 3 補助的に採用した。この流向、流程には μ 印を付してある。その間に Table 1 にあるように nil になった日があるが、これはおそらく推測要素が不適當であったか、あるいは外のいろいろの原因によるものと考えられるので省略することにした。

[科研式海流計 (自記電磁気海流計)]

2 本の長さの違う電極付電線を船尾より流して曳航すると電線は船の進路に直角なる方向に分速度 V で流されている。よって 2 つの電線の長さの方向にはフラデーの法則により



$$l = l_1 - l_2 \quad E = \text{電位差}$$

$$E_1 = \frac{1}{20} H v l_1 \quad E_2 = \frac{1}{20} H v l_2$$

となる電位差を生ずる。

この両電極の間の回路を考えると

$$\begin{aligned} \text{電位差} &= \Delta E = E_1 - E_2 \\ &= \frac{1}{20} V l_1 v - \frac{1}{20} V l_2 v \\ &= \frac{1}{20} V (l_1 - l_2) v \\ &= \frac{1}{20} V l v \end{aligned}$$

$V = \text{地磁垂直分力}$

ここで電子管式電位差計によって ΔE を読み取ることができるから、 l を一定としておけば

その場所の地磁気の垂直分力 V とこの電位差 ΔE によって、進行方向に直角な方向の海流分速を知りベクトルの合成によって実際の海流の流向、流速を求める。

2. 調 査

1) Southern ocean current は Drake 海峡を抜け、北方分流は Falkland 海流を作り、その主流は非常に広くなり、その北の部分は Falkland の南岸を過ぎて、南大西洋の東部ではほとんど南緯 39 度の緯度線に達しているが、北方限界を正確には定められない。インド洋南部においては、その北限がオーストラリアの南端に、インド洋中部では南緯 38 度の緯度線に達している。

1961 年 12—1962 年 1 月にわたる観測によっても、Southern ocean current は決して一定ではなく、偏西流を含んだあらゆる方向の流向が生じている。Discovery 号の報告によると、この海流は Drake 海峡およびそれから東方へ西経 50 度までは最も強い。この区域でさえ、海流の半分以下は種々方向で 2 ノットに達することがときどきあるとされている。

大西洋の西経 50 度より東方へ 0 度、更にインド洋西部では Fig. 1, Fig. 2 のように 0.6 ノット

Table 1. Date of the set and drift of southern ocean current.

Date	Position		The most freq. wind from noon to noon		Current		Remarks	
	Lat.	Long.	direction	duration	set	rate		
1961 Dec. 4	◎	34°25.0'S	111°45.0'E	S/W	5	NE/N	0.7	◎ Obtained by obs. and D. R. position at noon
5	"	37 11.5	107 49.5	S/W	3	NNE	0.4	
6	"	39 51.5	104 9.5	SW	4	ENE	0.3	
7	"	42 27.0	100 24.5	W	5	ENE	0.4	
8	"	45 4.0	96 43.5	WSW	9	E/N	0.8	
9	"	47 32.0	93 11.8	NNW	8	SE/E	0.7	
10	"	50 10.5	89 36.0	W/S	8	E/N	0.7	
11	"	53 11.5	87 38.5	W/S	4	NE	0.6	
12	"	56 36.0	86 3.5	W/S	5	NE	0.3	
13	"	59 29.5	85 54.0	W	4	SSE	0.3	
14	"	60 9.0	82 1.0	Var.		nil		
15	"	61 57.7	77 10.5	W/S	3	ENE	0.2	
16	"	63 3.0	72 5.0	Var.		nil		
17	"	62 26.5	66 8.5	N/W	3	S/W	0.2	
	G.E.K	62 13.3	64 24.5			210°	0.4	
18	◎	61 57.0	60 29.0	NW/W	4	SE/E	0.3	
19	"	62 6.0	54 37.5	WNW	3	SE/E	0.2	
	G.E.K	62 30.4	52 23.0			295	0.4	
20	◎	63 20.0	48 14.0	W	3	E/S	0.1	
21	G.E.K	64 18.5	42 14.0			275	0.2	
	"	64 49.0	38 52.3			290	0.1	
25	"	61 18.8	33 55.6			280	0.5	
26	"	60 30.0	29 2.5			283	0.5	

Date	Position			The most freq. wind from noon to noon		Current		Remarks	
		Lat	Long.	direction	duration	set	rate		
1961 Dec.	◎	59°32.0'S	28°46.5'E	WSW	3	E	0.2		
27	"	59 49.0	21 54.0	ENE	5	SW/W	0.2		
28	"	58 18.0	17 57.5	Var.		nil			
29	"	57 3.3	12 51.5	W	6	SE/E	0.2		
30	"	55 30.0	8 24.5	W	8	E/N	0.5		
31	"	53 22.5	5 15.8	W	5	E/N	0.5		
1962 Jan.	1	"	52 36.0	0 10.2	W	6	E	0.5	
2	"	52 34.5	3 45.0W	W/N	4	E/S	0.3		
3	"	52 12.5	7 44.5	SW	5	NE	0.3		
4	"	51 32.5	12 18.0	SW	5	N/E	0.5		
5	"	50 52.0	17 1.5	W/S	2	ENE	0.4		
6	"	50 42.2	22 32.0	NW	5	E/S	0.2		
7	"	51 2.2	27 29.2	WNW	3	SE	0.4		
8	"	52 50.0	31 15.0	NW	3	SE	0.3		
15	"	56 29.0	32 55.8	NW	2	SE/S	0.2		
16	"	58 56.2	28 53.0	NW	6	W/S	0.4		
17	"	59 33.6	21 39.0	WSW	7	ENE	0.5		
18	"	58 53.5	15 20.5	WNW	4	SE/S	0.2		
19	"	59 27.7	8 53.1	W	6	E	0.4		
20	"	59 29.9	3 21.3	W	6	E	0.4		
21	"	59 31.8	3 30.0E	N	5	SSW	0.4		
22	"	59 34.1	10 23.0	N	3	SW/S	0.2		
23	"	57 0.2	12 31.5	WNW	4	SE/E	0.2		
24	"	54 11.3	13 12.5	NW/N	8	SSE	0.3		
25	"	50 32.0	15 9.4	W/N	3	E/S	0.4		
26	"	46 24.0	16 3.0	W	3	E/N	0.3		
27	"	42 48.7	16 41.0			E	0.5		
28	"	39 43.3	15 59.0			ESE	0.7		
29	"	36 18.5	16 11.0			NW	0.5		

ットを越えるものはまれで、1.0ノットを越すものはほとんど無かった。測定の結果によると、一昼夜の平均流向は、東経40—110度のインド洋南部では北東を中心として北あるいは東に偏したものが多く、Southern ocean currentは南緯40度から南緯60度に達している。したがって、Southern ocean currentの北限は判然としないが、南緯38度位と考えられ、南限は南緯63度位と推定することができる。

異なった緯度で東進流を保ち続けるための偏西風の相対的な影響は、Discovery号、Discovery II号、William Scoresby号の観測報告書で、流程は平均風力と度数の積によって与えられることが実証されているが、だいたい一致するものである。

東進流は南緯45—50度の緯度線間で最も強さを現わし、偏東風は少なくとも63度以南にお

いて急に大きくなるものと考えられた。本年の暴風圏は南緯 53—58 度迄で弱勢ながら顕著であった。

2) 偏西流は南極大陸沿岸近くでは海岸線に沿って西方へ流れることは 1956 年海鷹丸第 1 次観測 (水産大学特別研究報告第 1 巻 3 号) によって明らかである。Weddell 海まで大陸に沿って西進し, Grahamland の東海岸に妨げられて北東に転じ, Southern ocean current に流れ込む。この海流も吹送流であるからその流程は偏東風の量によって定まるものであるが,

12月 0.2—0.5 (ノット)

1月 0.2—0.5 (ノット)

の値を示している。

3) Southern ocean current の偏東流の南限は南緯 63 度付近で, 偏西流の北限とはほぼ一致し, 平均気圧の低い南方にある偏東風の限界と考えられる。

この 2 海流の接触部に関しての問題であるが, 偏東流に比し偏西流の速度が速くなった場合, すなわち偏東の南限付近において偏東風の影響を受け, その一部は右転流を生じ, 南緯 64 度以南においてはほとんど南西→西流になって偏西沿岸流に流入して, 大陸沿岸に沿って西流する流れを観測した。

この転流区域においては北流をも含めて各方向の流れを観測することができるが, 主傾向は recurvature current の傾向を持って東流の南部接触端は部分的に右旋回をして偏西流に流れ込んでいることが観測される。この西偏循環転流は 1956—57 年, 海鷹丸によって南緯 55—63 度間において観測されたが, 1961—62 年の 12 月, 1 月には南緯 60—64 度の間で観測されている。この移動はもっぱら風向, 風力によるもので, 本年は一般に南に偏しているようである。

3. 南極洋における海水の移動

高緯なるインド洋方面の暖かな海水は, 深海暖流となって南に進んで南極大陸に達する。この間において南極洋中にある海底山脈の大障壁に突き当たり, あるいは南極大陸棚によって上昇流となって表層近くにのぼり, 大転回して Fig. 1, Fig. 2 のように冷寒なる表面水と混合し, 寒冷なる空気によって冷却されて寒流となって北進流となる。

Fig. 3 は 1961 年に 12 月の濠州 Fremantle から南緯 65 度, 東経 34.49 度までの南大洋縦断観測の鉛直断面図であるが, 寒冷なる南極寒流は北進して南緯 53—54 度間において南進してきた暖かい水と混り, 暖寒混合を生ずる南極集束線を南緯 53.30 度, 東経 87.32 度で顕著にあらわれた (1961 年 12 月 11 日 13 時 30 分頃)。この付近の海底は海底地形図 (1962 年海鷹丸報告南極海底地形図) にあるごとく, 1500 m の海底山脈が「びょうぶ」のように東西に立ちはだかって大障壁をなし, これがための上昇流は一層集束線を顕著ならしめているものようで, 集束線に関し重大なる原因を作っているように考えられた。

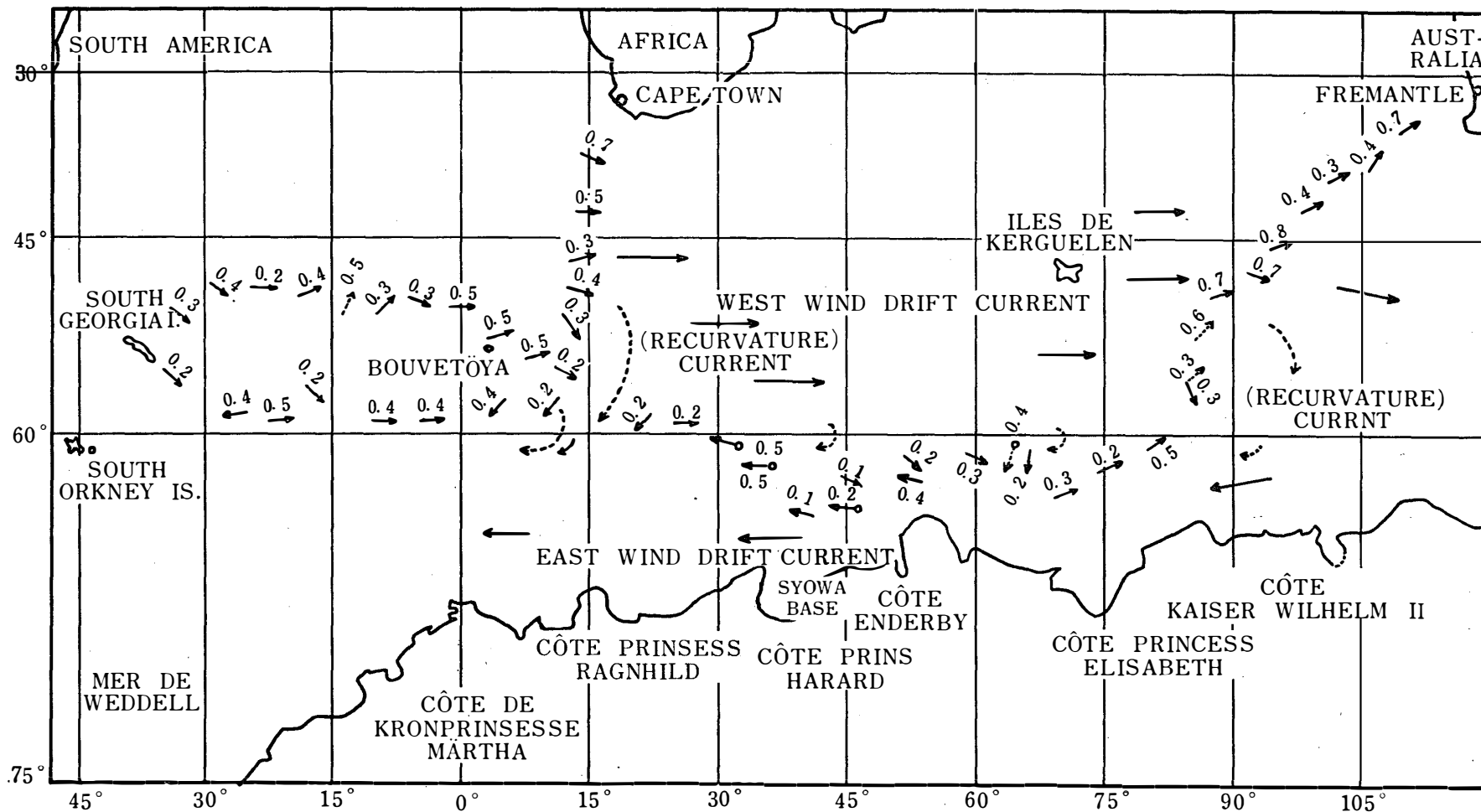


Fig. 1. Chart showing west wind drift, east wind drift and recurvature current in the Indian, Antarctic Ocean. During December 1961 to January 1962.

- 0.4 → Set and drift of current measured by G.E.K.
- 0.4 → Set and drift of current by the difference between observed and deadreaching position.

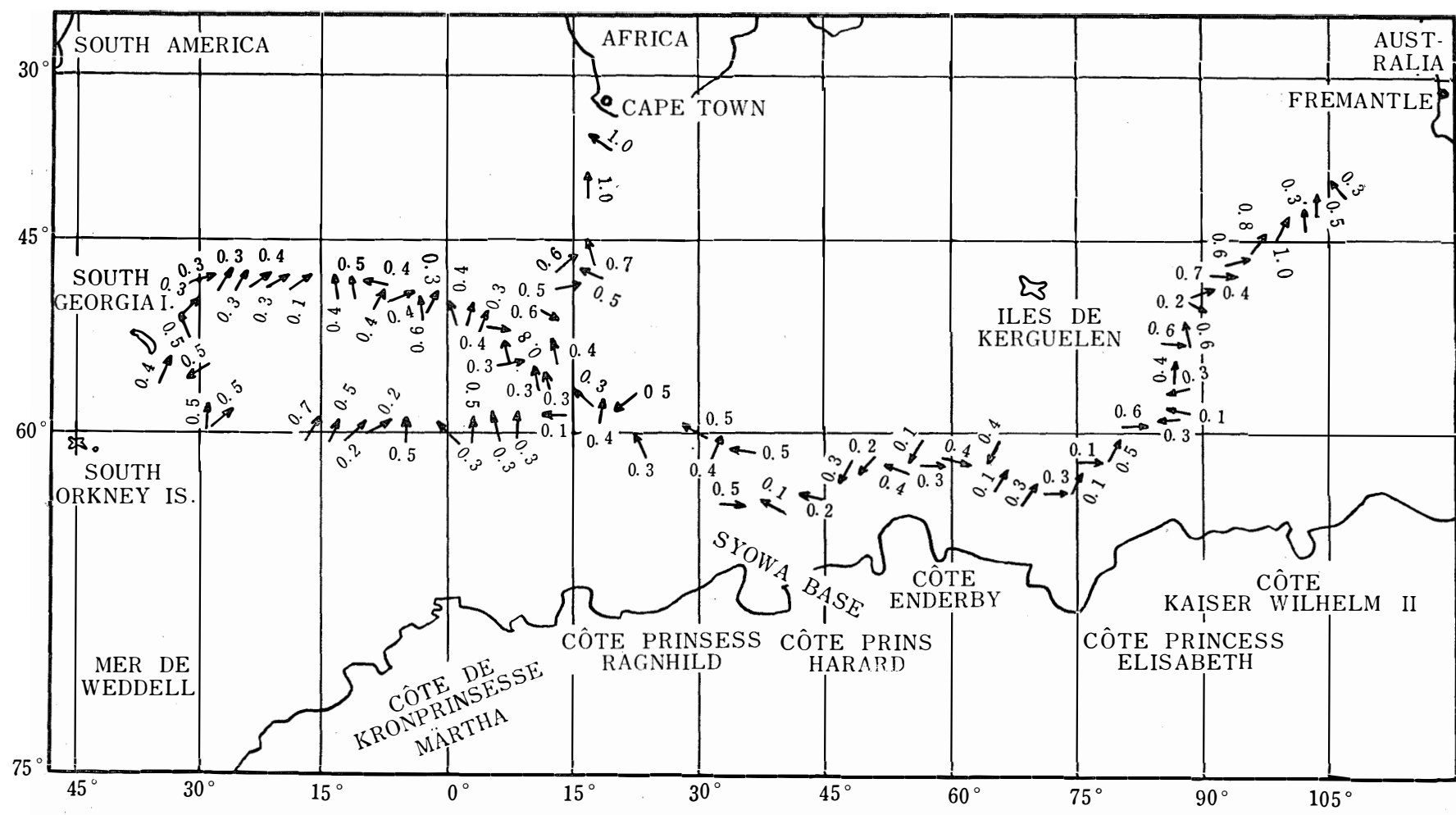


Fig. 2. Chart showing the surface current measured by the G.E.K. (Dec. 1961—Jan. 1962).

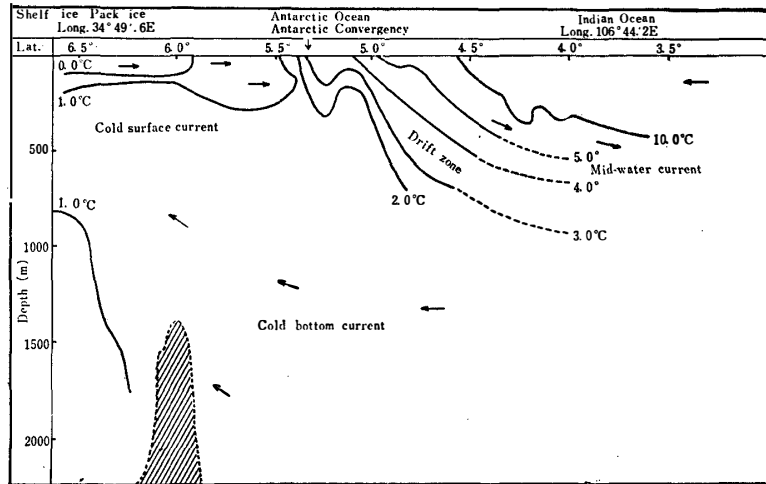


Fig. 3. The mesothermic condition of the South Polar Sea.
Dec. 1961.

集束線付近で混合した混成水は、南緯 47 度付近において再び南進して来た暖かい表層水と衝突して、南極中間層水となって、潜行北進している現象を呈している。

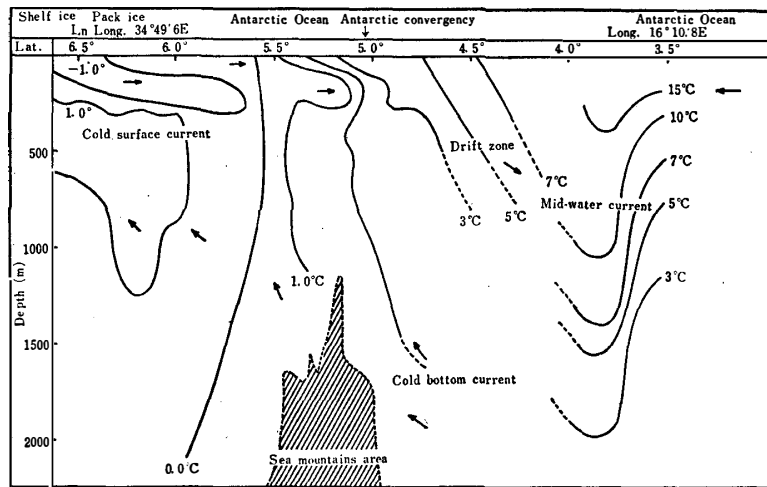


Fig. 4. The mesothermic condition of the South Polar Sea.
Jan. 1962.

Fig. 4 は 1962 年 1 月の大西洋南部の南大洋の縦断面図であるが、南緯 54 度付近において海底山脈が東西に 1100m まで「びょうぶ」のごとく立ちのぼって一大障壁をなして上昇流を作り、不顕著ながら南緯 50.32 度、東経 15.9 度 (1962 年 1 月 25 日 12 時 0 分頃) のところになぜか温度変化層を生じ、不顕著な南極集束線を呈している。深海暖流がこの「びょうぶ」のような海底山脈で南進がさまたげられた、比較的寒冷な南側では下降上昇転回をして大陸に突き当たって北進表面流となっているようである。これがために Weddell 海は他の海域と異

Table 2. Current of the Antarctic Ocean by G. E. K.

Date	Hour	Position		Wind		Current(G. E. K)		Remarks	
		Lat.	Long.	direction	force	set	rate		
Dec.	6	0800	39°35.2'S	104°32.2'E	SW	4	335°	0.3	A—57
		1800	40 34.1	103 9.4	SSW	4	354	0.5	58
7	0800	42 9.7	100 49.8	NE/N	1	354	0.3	59	
	1800	43 16.0	99 20.0	WSW	2	32	1.0	60	
8	0800	44 47.2	97 6.3	WNW	4	50	0.8	61	
	1800	45 50.7	95 37.7	NE	1	70	0.6	62	
9	0800	47 30.8	93 11.2	N	5	95	0.7	63	
		1800				85	0.8		
10	0800	49 55.7	90 00.0	WSW	6	80	0.4	64	
	1800	50 51.8	88 34.5	NNW	6	135	0.2	65	
11	0800	52 52.6	87 43.9	WNW	5	350	0.6	66	
	1800	54 18.1	87 15.8	WNW	5	100	0.6	67	
12	0800	56 17.8	86 25.2	WSW	5	0	0.4	68	
	1800	57 37.0	85 31.7	W	2	260	0.3	69	
13	0800	59 8.3	86 7.7	W	2	266	0.3	70	
	1800	59 3.9	84 46.0	NW	3	270	0.1	71	
14	0800	59 59.5	82 43.0	NW	5	90	0.6	72	
	1800	60 49.5	80 7.2	S/E	6	25	0.5	73	
15	0800	61 53.3	77 23.2	SW	3	90	0.1	74	
	1800	62 45.6	75 13.8	W	4	30	0.1	75	
16	0800	63 9.0	72 9.0	N	4	90	0.3	76	
	1800	62 35.8	70 11.0	NW	4	45	0.3	77	
17	0800	62 28.0	66 7.5	SSW	3	25	0.1	78	
	1800	62 13.3	64 24.5	WSW	2	210	0.4	79	
18	0800	62 1.0	60 47.5	E/N	3	100	0.4	80	
	1800	61 59.0	58 12.5	N	5	90	0.3	81	
19	0900	62 2.9	54 48.0	WNW	4	200	0.1	82	
	1900	62 30.4	52 23.0	SE	3	295	0.4	83	
20	0900	63 15.4	48 34.5	NNW	4	225	0.2	84	
	1900	63 42.4	46 6.0	W/N	5	215	0.3	85	
21	0900	64 18.5	42 14.0	SSW	5	275	0.2	86	
	1900	64 49.0	38 52.3	W	4	290	0.1	87	
22	0900	65 2.3	34 49.6	NNW	4	90	0.5	88	
25	0900	61 18.8	33 55.6	S	4	280	0.5	92	
	1900	60 23.0	31 56.0	SSW	4	10	0.4	93	
26	0800	59 30.0	29 2.5	NNE	3	285	0.5	94	
	1900	59 46.1	26 23.0	ENE	5	nil		95	
27	0800	60 1.8	22 19.0	S	4	350	0.3	96	
	1900	59 9.0	20 26.5	WSW	4	235	0.4	97	
28	0800	58 33.2	18 47.0	WNW	3	5	0.4	98	
	1900	57 49.5	15 58.2	N/E	5	310	0.3	99	
29	0900	57 8.8	13 16.8	W	6	350	0.5	100	
	1900	56 38.0	11 18.9	W	6	350	0.3	101	
30	0800	55 55.2	9 1.5	W	6	85	0.3	102	

Date	Hour	Position		Wind		Current (G.E.K.)		Remarks	
		Lat.	Long.	direction	force	set	rate		
Dec.	30	2000	54°43.5'S	7°11.2'E	W/S	6	320	0.8	A-103
	31	1000	53 34.5	5 33.8	W	5	90	0.4	105
		2000	52 35.5	3 57.8	WNW	4	10	0.3	107
Jan.	1	1000	52 35.8	0 34.5	WNW	5	340	0.4	109
		1800	52 11.0	1 4.0W	W/N	6	30	0.3	110
	2	0800	52 29.0	2 58.8	W	6	345	0.6	112
		1800	52 48.0	5 2.0	W	5	60	0.4	113
	3	0800	52 16.8	7 25.5	SW/W	5	20	0.4	115
		1800	52 00.5	9 12.0	W/N	4	275	0.4	116
	4	0800	51 38.0	11 40.2	SW	4	335	0.5	118
		1800	51 19.9	13 44.5	SSW	1	340	0.4	119
	5	0800	50 56.1	16 29.9	NE	3	55	0.1	121
		1800	50 41.2	18 42.7	NE	4	60	0.3	122
	6	0800	50 42.4	21 45.0	N	4	45	0.4	124
		1800	50 45.1	24 12.4	N/W	4	30	0.3	125
	7	0800	50 51.9	26 58.7	NW	4	30	0.3	127
		1800	51 23.3	28 43.5	NNE	4	70	0.3	128
	8	0800	52 41.9	31 2.0	S	0	50	0.3	130
		1800	53 22.6	32 27.0	SE	1	330	0.5	131
	15	0800	56 20.7	33 6.0	NE	4	20	0.4	135
		1800	57 18.5	31 50.9	ENE	6	240	0.5	136
	16	0800	58 47.1	29 26.5	NE/N	4	0	0.5	138
		1800	59 13.8	26 57.0	WNW	3	60	0.4	139
	18	0800	58 51.5	15 33.0	WNW	4	20	0.7	141
		1800	59 3.0	13 25.0	Calm		20	0.5	142
	19	0800	59 25.7	9 11.5	E/S	3	45	0.2	144
		1800	59 37.9	6 38.0	NNW	3	55	0.2	145
	20	0800	59 30.0	4 17.0	NW	3	0	0.5	147
		1800	59 30.0	1 6.8	WNW	4	300	0.3	148
	21	0800	59 30.5	3 5.0E	W/S	5	0	0.5	150
		1800	59 34.7	5 45.5	NNW	4	350	0.3	151
	22	0800	59 41.7	9 46.1	N	4	0	0.3	153
		1800	59 10.2	12 26.1	NW	5	270	0.1	154
	23	0800	57 13.9	12 30.4	W/N	3	30	0.3	156
		1800	56 04.5	12 43.0	NNW	4	—	—	157
	24	0800	54 45.3	12 57.0	WSW	5	345	0.4	158
		1700	53 20.8	13 48.0	W	5	105	0.6	160
	25	0700	50 39.4	15 08.6	SSE	5	75	0.5	163
		1800	49 28.3	15 12.3	S/W	6	295	0.5	166
	26	0800	47 03.4	15 49.5	SSW	6	30	0.6	168
		1800	45 19.7	16 28.2	SW/W	6	345	0.7	170
	28	1800	38 38.8	15 51.4	W	5	350	1.0	172
	29	0800	36 20.4	16 10.9	SW	3	295	1.0	174

なって、全般的に寒冷で、流氷帯の幅は広く、本年はその北限は南緯 59.5 度 (12 月末) に達し、氷山の流出北限はさらに北方に達して完全に氷に閉されている理由の 1 つになっているものようである。

なお、Table 2, Fig. 2 は自記電磁海流計によって 86 測点において実測したもので、毎日 0800, 1800 の 2 回にわたって約 30 分間観測した表面流の流向および流速であるが、Figs. 2—4 から、濠州から南緯 65 度まで、アフリカ南端から南緯 60 度までの各緯度線間の海流は次表のごとく区分され、Figs. 2—4 とはよく一致することがわかる。

G. E. K. によって測定した部分表面流

No.	区 域	緯 度 線 間	Current		期 間
			Set	Drift (Knot)	
I	濠州南端	63°S—58°S	N, NNE	0.1~0.5	1961 年 12 月 4 日—25 日
II	↓	47°S—40°S	N, NNE	0.3~0.5	
III	Lat. 65°-00'S	60°S—55°S	E, SE, S	0.3~0.6	
IV	Long. 34°-49'E	63°S 以上	W	0.2~0.5	
I	Cape Town	60°S—55°S	N, NE	0.3~0.6	1962 年 1 月 1 日—28 日
II	↓	47°S—40°S	NE, NNW	0.5~1.0	
III	Lat. 60°-23'S	54°S—46°S	NE, E	0.5~0.6	
IV	Long. 31°-00'E	60°S 以上	W	0.2~0.5	

I, II の区域においては部分的に北進の表面流が、主流は偏西風による偏東流である。この北進流は海水の温度、塩分による海水の移動によったものに外ならないものである。III は Southern ocean current の東流が顕著にあらわれたもので、その南端においては IV の大陸沿岸の偏東風による偏西沿岸流に流れ込む循環転流が測定されている。

4. 循 環 転 流

Southern ocean current は連続した偏西風によって生じ、その流程は平均風力と度数の積によって与えられる。Drake 海峡によって抑制され強勢力になったもので、東流が主体であるが、西流を含むいろいろな流れが含まれる。特にこの調査区域の西経 35 度—東経 115 度間においては混成水域の北流が顕著に存在するために、これと地球自転のためのベクトルの影響と共に作用して、東流は北偏傾を生じ、東に進むにしたがって北方に拡がり、かつ北方分流が生ずるのである。これが大西洋、インド洋に存在する寒流の起因と考えられる。

南極大陸沿岸においては偏東風の卓越によって偏西沿岸流を生ずると共に Cook 半島沖より Enderby Land の間には顕著な北進表層流をも観測している (1957 年海鷹丸観測による)。

またこの方向相反する東流西流の境における接触部には次の現象が生ずる。すなわち偏東流の南端は偏東風の影響が次第にあらわれて来るので南東に変じ、次第に偏東風が強勢になるに

つれて強い偏西流に圧せられ右転回して西流に混入する recurvature current を生ずることを再確認することができた。なおこの recurvature current は偏東風の勢力に比例して消長するもので、1月下旬から2月にわたって偏東風の流行するにつれて強勢顕著になるものようである。

(1963年3月5日受理)