HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	渡島半島東岸の沿岸流の統計
Author(s)	大谷, 清隆; 村上, 敬
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 40(1), 30-49
Issue Date	1989-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24017
Type	departmental bulletin paper
File Information	40(1)_P30-49.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
40(1), 30-49. 1989.

渡島半島東岸の沿岸流の統計

大谷清隆*・村上　敬*

Statistics on Wind-Induced Coastal Currents along the East Coast of the Oshima Peninsula

Kiyotaka OHTANI* and Takashi MURAKAMI*

Abstract

Observations of coastal currents have been conducted as a part of an investigation to study the upwelling processes along the Oshima Peninsula in southern Hokkaido, Japan. Two current-meters were moored to a suspending rope of a large trap-net, 1.1 km offshore of Kinaoshi between May to December in 1984 and 1985. Instrument locations were −6 m and −41 m below the surface so as to be above and below the seasonal pycnocline, respectively.

The velocity of the rapid currents which accompany the coastal upwelling, increases to more than 50 and up to 80 cm/sec during strong southeasterly winds blowing in the stratified season, though 75% of all measurements recorded less than 20 cm/sec. The major components of tidal current estimated by harmonic analysis are less than 10 cm/sec in this region.

Southeastward rapid currents which are contrary to the wind vector are formed in the lower layer soon after and during the occurrence of a southeasterly wind. On the other hand, currents in the upper layer begin to flow down wind at the beginning of a wind, and then flow contrary to the wind.

Changes in the direction of the rapid coastal currents are caused by changes in strong wind direction, therefore northwestward currents are frequent during monsoon bursts in the cold season, however current flow direction in the upper and lower layers are the same, since the seasonal pycnocline is destroyed by convectional mixing.

はじめに

北海道渡島半島東岸の恵山岬から噴火湾に至る沿岸では古くから定置網漁業が営まれて来たが，近年ではコンブやホタテの養殖も盛んになり，沿岸海中には数多くの漁業施設が設置されている。漁業者はこれらの施設が，時として生じる強い流れによって破壊されたり，定置網が沈下して網起こしが不能になったりする事例から，この沿岸に急潮現象のあることを体験的に認識していた。

大谷・出口[1,2]はこの沿岸にしばしば生じる沿岸湧昇の観測結果から，南東風が吹き続いた後に，海洋構造が急変していることを示し，岸に沿う流れが風によって生起されることを指摘している。本著はこれらの沿岸湧昇研究の一環として行った長期測流の結果を実地に利用し得るよう測得流速の統計値と，風によって生起される急潮現象の実態を示すことを目的としている。実際に漁業

* 北海道大学水産学部海洋学・気象学講座
(*Laboratory of Oceanography and Meteorology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

施設等を設計する際に参考頂ければ幸いである。なお沿岸湧昇と測流資料の解析結果の一部は既に大谷[3,4]，大谷・村上[5]に報告されている。

測流方法と測流結果

定置網漁業の漁期間中の1984年5月19日から12月12日までと，1985年5月12日から12月13日までの2年次にわたって，第1図に示す北海道茅部郡南茅部町字木直沖1.1 km，水深60 mの地点に設置してある定置網を利用して測流を行った。流速計は長期捲自記流速計NC—II型(協和商工株式会社製) 2台を使用した。流速計の係留は既設の定置網中央部の沖側の側張り綱(マトモの根綱) に浮子を付加して浮上させ，約2 mの遊びをもたせた浮子を約10 mの間隔において側網より20 m以上離した2か所に結び付け，それぞれ浮子から−6 mと−41 mの深さに流速計を吊下した。側網はほぼ岸と平行に設置されているので，測流点に対する網の影響は少ないと思われる。

流速計の自記可能な期間は約20日とされているが，試用の結果最大30日までは記録可能なので，記録紙等の交換は25日を目途として，早朝の揚網時に流速計を揚収して陸上に持ち帰り，記録紙等を交換した後，午後の揚網時に再吊下するようにして欠測時間を最少に止どめた。測定された延日数は1984年−6 m深172.9日，−41 m深202日，1985年−6 m深203.2日，−41 m深203.3日である。

得られた記録は20分間隔ごとの3分間の平均流速と磁石による360°方位の流向である。全期間の測定結果を長万部と浦河の毎時の風ベクトルとあわせて，スティックダイヤグラムとして第2図に示す。図中の風の方向は流れと同じく，風の吹き去る向きのベクトルで表示してある。310° Tの太矢印は，恵山岬から噴火湾奥に至る海岸線の主方向を真方位で表している。この方位に沿う風が渡島半島東岸に沿岸湧昇を生じさせるのに適した風である。

第2図に示される風と流れベクトルを全期間を通して概観すると

① 流れの方向は海岸線に沿う方向が多く，同方向の速い流れが数日にわたって持続している。

② 持続する速い流れは，強風が吹いた時点に対応して生じている。

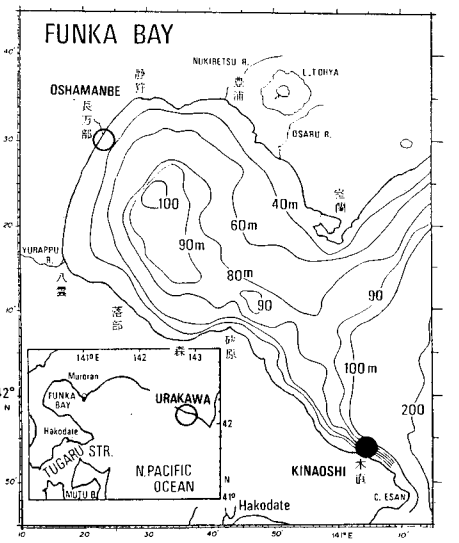

Fig. 1. Location of observations of current (●) and wind (○).

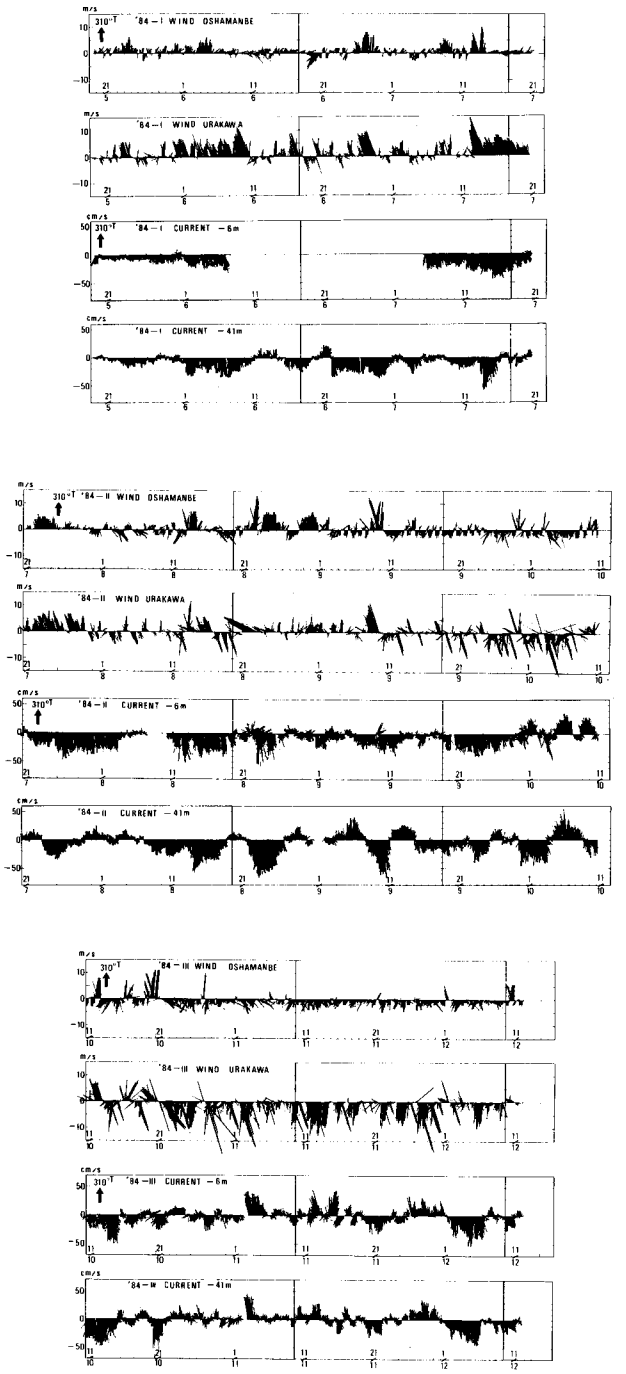

Fig. 2-1. Time series of wind vectors at Oshamanbe and Urakawa, and current vectors at −6 m and −41 m at Kinaoshi in 1984 and 1985 (Fig. 2-2). Vector direction of 310° T is parallel to the coastline of the Oshima Peninsula.

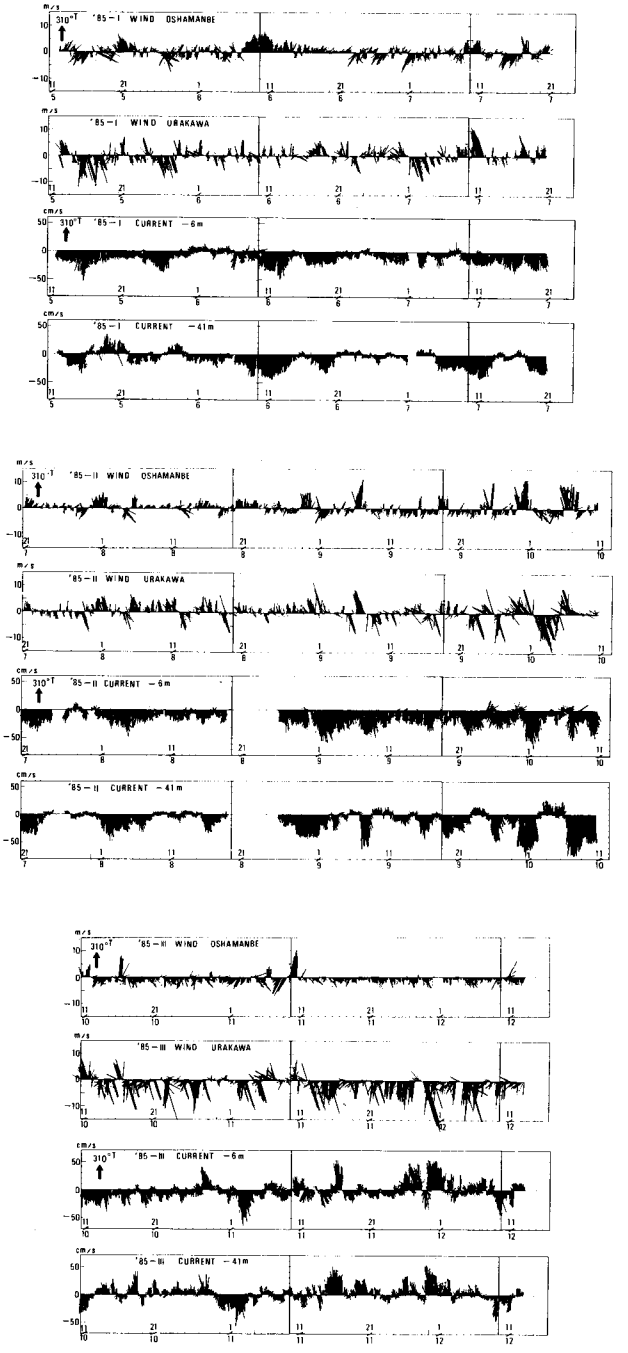
m/s
310°T '85－I WIND OSHAMANBE
'85－I WIND URAKAWA
cm/s
310°T '85－I CURRENT －6m
'85－I CURRENT －41m
'85－II WIND OSHAMANBE
'85－II WIND URAKAWA
310°T '85－II CURRENT －6m
'85－II CURRENT －41m
'85－III WIND OSHAMANBE
'85－III WIND URAKAWA
310°T '85－III CURRENT －6m
'85－III CURRENT －41m

Fig. 2-2.

③ 測定期間前半の成層期では図の下方に向かう流れの頻度が高いが，−6 m 深と−41 m 深の流れが逆方向に向かう場合がある。

④ 後半の混合期には図の上方に向かう流れの頻度が増加し，両深度共に同方向に流れる。

⑤ 強風のベクトルと速い流れのベクトルの方向は逆向きの場合が多い。

⑥ 潮汐周期あるいはそれ以下の短周期変動は流れの弱い期間には認められるが，強流時には隠されて目立たない。

等の特徴が見取られる。以下これらを数値化して示す。

流向・流速別頻度の統計

この沿岸の海洋構造と風系は季節的な変動が大きいので，測流期間を 3 期に分け，それぞれの期間の特徴を求め，さらに全期間について集計し変動の範囲を示す。各期の海洋構造と風系の概要は以下の通りである。

I) 密度成層発達期

測定開始時から 7 月 20 日までの期間は，噴火湾及びこの沿岸は沿岸親潮が接岸しており，水温成層と塩分成層の相乗効果による密度成層が発達する時期にあたっている。風系も移動性高気圧から北海道北東に中心を持つオホーツク高気圧に変わり，吹き出し風 (やませ：北東～東の風) が日中強まって吹くことが多く，まれに温帯低気圧による南東の強風が吹くことがある。7 月に入ると，梅雨前線は北上し，前線上を東進する低気圧の前方の南東風がこの海域に沿岸湧昇を生じさせる。

II) 密度成層安定期

7 月 21 日から 10 月 10 日までの期間には密度成層は最も発達し，鉛直水温差も大きくなる。このころから津軽暖流水も噴火湾沖に広がり，沿岸にも時には接岸するようになる。風系も梅雨末期あるいは台風または台風くずれの温帯低気圧の通過，秋雨前線の活動等，散発的に強風となる

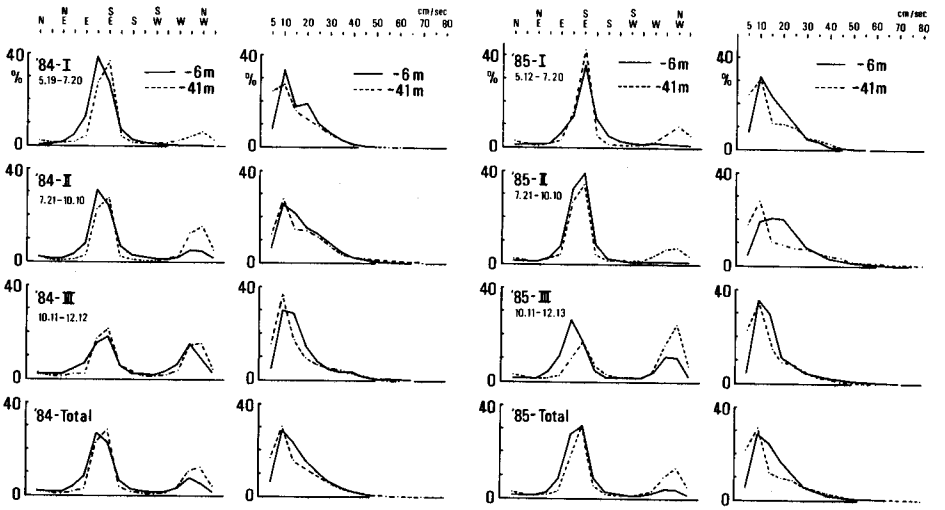

Fig. 3. Percent of current directions and speed during each observed period at −6 m and −41 m depths.

が，他は比較的平穏な日が多い。

III) 密度成層消滅期 (対流混合期)

10月11日から12月の期間は噴火湾に滞在していた沿岸親潮水起源の水は津軽暖流水に置き替わり，冷却による対流混合層が深まって，末期には全深度一様な水温・塩分を持つ冬期噴火湾水へと変質して行き，成層構造は解消される[6,7]。風系も温帯低気圧の通過後，シベリア高気圧の張り出しに伴って吹く北西季節風が強まり，数日間吹き続くようになる。

ここでは実用に供するため，得られた流速値のまま，真方位 0°±11.25° の範囲を N とする16方位に流向を分け，流速5 cm/sec ごとに区分して，20分ごとの資料を1個として，期間内総数に対する100分率で表わし，その頻度を第1表に示す。同様にそれぞれの期間の流向別・流速別頻度の統計を第3図に示す。

両年を通じて，流向の最多頻度は−6 m 深で ESE または SE 方向であるが，秋口には WNW または NW 方向の頻度が高くなる。地元漁民はこれらの岸に平行な成分を持つ流れを，それぞれ恵山岬に向かう流れを意味して恵山潮，噴火湾沿岸一帯の茅部郡に向かう流れを意味して茅部潮と呼んでいる。ここで流向方位のうち E～SSE の4方位を恵山潮，W～NNW の4方位を茅部潮とすると，観測期間中の恵山潮は '84年−6 m 深 64.8%，−41 m 深 58.2%，'85年−6 m 深 73.9%，−41 m 深 75% であり，茅部潮は '84年−6 m 深 18.1%，−41 m 深 30.4%，'85年−6 m 深 11.5%，−41 m 深 30.4% である。それぞれの深度の両方向の頻度の合計は '84年−6 m 深 82.9%，−41 m 深 88.6%，'85年−6 m 深 86.8%，−41 m 深 87.5% となり海岸線に沿う流れが卓越していることがわ

Table 1. Total frequency (%) of current speed in each direction within 22.5°

DIR.	'84 −6M. CURRENT SPEED (CM/S) n=12446																Total
	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<35	<40	<45	<50	<55	<60	<65	<70	<75	<80	
N	.3	.8	.5	.1	.1												1.8
NNE	.4	.8	.4	.1													1.7
NE	.3	1.0	.4	.1													1.8
ENE	.7	2.3	.9	.2	.1												4.1
E	.7	3.7	2.2	1.2	.5	.1	.1										8.8
ESE	.8	4.9	5.5	5.5	3.9	3.0	1.7	.9	.4	.2	.2						27.0
SE	.5	3.6	4.7	4.8	3.6	2.6	1.4	1.0	.4	.2	.1	.1					22.8
SSE	.3	2.2	1.8	1.1	.7	.2		.1									6.4
S	.4	1.2	.6	.3	.1												2.8
SSW	.3	.9	.4	.1													1.9
SW	.3	.8	.3														1.4
WSW	.4	.9	.4														1.7
W	.3	1.7	1.0	.2	.2												3.4
WNW	.2	1.9	2.3	1.2	.6	.5	.4	.4	.2	.1							7.8
NW	.2	1.3	1.3	.8	.5	.4	.3	.1	.1		.1						5.2
NNW	.2	.8	.4	.1	.1												1.7
Total	6.3	28.8	23.1	15.7	10.5	6.8	4.0	2.5	1.1	.5	.4	.1	.1				100.0

DIR.	'85 −6M. CURRENT SPEED (CM/S) n=14633																Total
	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<35	<40	<45	<50	<55	<60	<65	<70	<75	<80	
N	.3	.8	.3	.1													1.4
NNE	.3	.6	.3	.1													1.3
NE	.2	.8	.2	.1													1.1
ENE	.4	1.4	.6	.2													2.7
E	.4	3.4	2.7	1.2	.3	.1											8.2
ESE	.7	5.2	6.8	5.7	4.0	2.2	1.4	.8	.4	.2	.2	.1					27.5
SE	.7	5.4	6.9	6.3	4.9	2.7	1.9	1.0	.7	.4	.2	.1					31.2
SSE	.4	3.1	2.4	1.2	.7	.3	.3										8.4
S	.4	1.7	.4	.1													2.8
SSW	.5	.9	.2	.1													1.7
SW	.3	.7	.2														1.2
WSW	.2	.7	.2														1.2
W	.3	1.2	.5	.1													2.2
WNW	.2	1.2	1.0	.4	.2	.2	.2	.2	.2	.1	.1	.1					4.1
NW	.1	.9	.9	.4	.5	.2	.3	.2	.2	.1	.1						3.9
NNW	.2	.5	.4	.1	.1												1.3
Total	5.7	28.3	24.1	16.2	10.8	5.7	4.0	2.0	1.4	.8	.6	.3	.1				100.0

DIR.	'84 −41M. CURRENT SPEED (CM/S) n=14544																Total
	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<35	<40	<45	<50	<55	<60	<65	<70	<75	<80	
N	1.1	1.0	.2														2.4
NNE	.6	.6	.1														1.2
NE	.5	.4	.1														1.0
ENE	.7	.8	.1														1.6
E	.9	1.6	.4	.1													3.1
ESE	2.0	4.8	4.1	3.9	3.0	2.0	1.0	.8	.4	.3	.2	.1	.1				22.5
SE	1.8	5.6	4.3	4.0	3.9	3.2	2.3	1.2	.9	.5	.3	.3	.2				28.7
SSE	1.1	1.8	.7	.2													3.9
S	.8	.9	.2														1.8
SSW	.5	.5	.1														1.0
SW	.5	.5															1.0
WSW	.7	.6	.1														1.5
W	1.2	1.3	.3	.1													3.0
WNW	1.7	3.7	2.3	1.3	.8	.3	.2	.1	.1	.1							10.6
NW	1.8	4.2	2.2	2.0	1.1	.8	.3	.2	.1								12.5
NNW	1.3	1.8	.7	.3	.1												4.3
Total	16.9	30.2	15.8	12.1	9.1	6.2	3.8	2.1	1.5	.9	.5	.4	.2	.1			100.0

DIR.	'85 −41M. CURRENT SPEED (CM/S) n=14617																Total
	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<35	<40	<45	<50	<55	<60	<65	<70	<75	<80	
N	1.5	1.0	.1														2.7
NNE	.7	.5															1.3
NE	.6	.3															1.0
ENE	.8	.8	.1														1.7
E	1.1	1.7	.2	.1													3.2
ESE	1.9	4.8	2.8	2.3	2.0	1.3	.8	.6	.5	.2	.2	.1					17.3
SE	2.0	5.8	3.8	4.4	4.4	3.9	2.7	1.9	1.1	.5	.3	.3	.2	.1	.1	.1	31.3
SSE	1.4	2.5	.7	.4	.2	.1											5.3
S	1.0	.9	.1														1.9
SSW	.8	.6															1.4
SW	.6	.5															1.1
WSW	.8	.6															1.4
W	1.4	1.5	.2	.1													3.2
WNW	2.3	3.4	1.3	.8	.5	.3	.2	.1									9.0
NW	2.6	4.1	2.1	1.3	1.2	.8	.4	.3	.2	.1	.1						13.1
NNW	1.9	2.2	.6	.3	.1												5.1
Total	21.4	31.1	12.9	9.7	8.4	5.9	4.2	3.0	1.9	.8	.6	.4	.3	.1	.1	.1	100.0

かる。

時期別に見ると，春から初秋に至るI・II期では両深度とも，恵山潮が卓越するが−41 m深では弱い茅部潮も現れている。茅部潮はIII期には頻度が高まり，'85年−41 m深では恵山潮35.1%に対し50.3%と高くなっている。いずれの時期でも両方向の流れの頻度の合計は全体の80〜90%を占めていて，沿岸流は海岸線あるいは等深線に沿って流れていることがわかる。

流速値について見ると，'85年II期−6 m深を除いて，いずれも10 cm/sec未満の流速に最多頻度があり，−41 m深では5 cm/sec未満の頻度は−6 m深に比べて常に高い。20 cm/sec未満の頻度は'84年−6 m深73.9%，−41 m深75%，'85年−6 m深74.3%，−41 m深74.2%と観測期間の3/4を占め，通常は沿岸流の緩やかな海域と言える。時期別に見ると，両年ともII期に20 cm/sec未満の頻度は64.6〜69.1%と下がるが，いずれの時期も−6 m深と−41 m深の頻度は同じ程度である。

Table 2-1. Statistics of the raw value of current measurement in the directions of each quadrant.

1984年		I 5.19〜7.20		II 7.21〜10.10		III 10.11〜12.12	
Quadrant	Depth	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m
Speed (cm/sec) ESAN. Dir. 85°〜175° Distance (km)	Max	48.1	60.8	62.8	70.4	64.7	62.8
	Mean	15.3	14.7	18.3	20.9	18.1	16.9
	S.D.	8.0	9.5	10.1	13.5	9.8	11.7
	Total Distance	383.4	566.2	849.3	799.4	430.7	421.4
	Number of days	29.0	44.6	53.9	44.2	27.5	28.8
	Daily mean Dist.	13.2	12.7	15.8	18.1	15.6	14.6
Speed (cm/sec) KAYABE. D. 265°〜355° Distance (km)	Max	16.3	25.2	38.6	57.7	57.7	48.1
	Mean	7.8	7.5	13.9	12.1	15.8	12.2
	S.D.	3.1	4.9	7.7	7.9	10.5	8.6
	Total Distance	2.4	63.8	131.5	305.2	267.4	249.8
	Number of days	0.4	9.8	10.9	29.1	19.6	23.6
	Daily mean Dist.	6.7	6.5	12.0	10.5	13.6	10.6
Speed (cm/sec) OFF SHORE D. 355°〜85° Distance (km)	Max	23.3	23.9	47.5	31.6	23.9	36.0
	Mean	7.6	4.8	9.8	6.6	8.8	6.8
	S.D.	3.7	2.7	5.3	3.6	3.6	3.6
	Total Distance	21.6	17.9	67.7	21.1	60.9	25.9
	Number of days	3.3	4.3	8.0	3.7	8.0	4.4
	Daily mean Dist.	6.6	4.1	8.5	5.7	7.6	5.9
Speed (cm/sec) ON SHORE D. 175°〜265° Distance (km)	Max	24.6	18.2	24.6	26.5	48.7	32.2
	Mean	6.8	4.8	8.9	6.4	8.8	6.6
	S.D.	3.3	2.5	4.1	3.6	4.5	3.4
	Total Distance	8.0	12.9	40.3	15.0	45.1	25.5
	Number of days	1.4	3.1	5.2	2.7	5.9	4.5
	Daily mean Dist.	5.8	4.2	7.7	5.5	7.6	5.7

20 cm/sec を越える流れはI期では−6 m 深で両年とも 20% 余りにすぎないが，流向は SE, ESE を主方向とする恵山潮に生じていて，最大流速は 50 cm/sec を越えている。−41 m 深でも同様に SE を主方向とする恵山潮に速い流れが認められ，'84 年では 55 cm/sec を越える強流を生じている。両年とも頻度は少ないが，NW を主方向とする茅部潮も現れている。

II 期では 20 cm/sec を越える流れは期間中の 1/3 程度に増加するが，25 cm/sec 以上の流れはI期同様両深度とも恵山潮に集中して生じていて，両年とも−6 m 深よりも−41 m 深の最大流速の方が大きく，'85 年の場合 79 cm/sec に達している。'84 年には茅部潮も恵山潮より頻度は少ないながら両深度で生じており，最大流速は 50 cm/sec 程度に達している。'85 年では茅部潮は−41 m 深でわずかに生じているのみで年による差異がある。

III 期では 20 cm/sec を越える流れは 1/5 程度に再び減少するが，相対的に茅部潮の頻度が増加する。30 cm/sec を越える流れは '84 年−41 m 深では恵山潮 8.8% に対し茅部潮 2.1% である

Table 2-2

1985 年		I 5.12～7.20		II 7.21～10.10		III 10.11～12.13	
Quadrant	Depth	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m
Speed (cm/sec) ESAN. Dir. 85°～175° Distance (km)	Max	67.8	46.2	73.6	79.3	69.1	62.8
	Mean	15.7	15.8	19.5	22.6	14.5	12.6
	S.D.	8.0	10.0	10.8	15.3	8.5	9.4
	Total Distance	729.5	607.6	1049.3	962.3	443.4	244.3
	Number of days	53.7	44.6	62.4	49.2	35.5	22.4
	Daily mean Dist.	13.6	13.6	16.8	19.6	12.5	10.9
Speed (cm/sec) KAYABE. D. 265°～355° Distance (km)	Max	23.9	37.3	23.9	30.3	64.0	58.9
	Mean	7.5	7.8	10.0	7.9	19.2	13.8
	S.D.	3.3	5.9	4.9	4.9	13.0	10.3
	Total Distance	24.9	106.7	20.3	99.6	281.0	384.0
	Number of days	3.8	15.9	2.4	14.6	17.0	32.3
	Daily mean Dist.	6.5	6.7	8.6	6.8	16.5	11.9
Speed (cm/sec) OFF SHORE D. 355°～85° Distance (km)	Max	38.6	19.5	28.4	20.1	18.2	19.5
	Mean	7.1	4.4	10.7	6.0	8.6	5.7
	S.D.	4.0	2.0	4.6	3.0	2.7	2.5
	Total Distance	23.2	13.1	42.5	20.8	47.4	15.6
	Number of days	3.8	3.5	4.6	4.0	6.4	3.2
	Daily mean Dist.	6.1	3.8	9.3	5.2	7.4	4.9
Speed (cm/sec) ON SHORE D. 175°～265° Distance (km)	Max	27.7	22.0	45.6	22.0	18.8	18.2
	Mean	7.1	4.5	8.9	5.8	8.2	6.0
	S.D.	3.3	2.4	5.3	3.0	2.8	2.4
	Total Distance	38.3	12.4	20.3	20.3	26.5	24.0
	Number of days	6.3	3.2	2.7	4.1	3.7	4.7
	Daily mean Dist.	6.1	3.9	7.6	5.0	7.1	5.1

が，−6 m 深では 5.2% : 4%，'85 年では−6 m 深 3.2% : 5.2%，−41 m 深 1.8% : 4.2% と茅部潮に頻度高く速い流れを生じている。漁民の間では夏過ぎから茅部潮が増えて来ると言い伝えられているが，測流結果は言い伝えが正しいことを証明している。

流速値の統計を地元で言う 4 方向 (90° ごと) の流れに分類し，それぞれの期間について第 2 表に示す。各期を通じて，最大流速は恵山潮に生じているが，恵山潮の各期ごとの最大値は II 期では−41 m 深が−6 m 深より大きくなっていて，密度成層の効果が現れている。一方茅部潮は III 期に強い流れを生じており，茅部潮の最大流速は−6 m 深の値が−41 m 深より大きくなっている。

沖出潮，突込潮は等深線を横切る方向になるので最大流速は全般的に小さく，III 期の沖出潮を除いて常に−6 m 深の値が−41 m 深より大きい。両年の II 期と '84 年 III 期の−6 m 深で 45 cm/sec を越える最大流速が記録されているが，第 1 表のようにその頻度は低く，平均値としては他の時期と大差はない。

風系変化と流れの対応

平均流速の値を見ると I 期では，頻度の高い恵山潮の平均流速が他の方向の平均流速の−6 m 深で約 2 倍，−41 m 深で 2〜3 倍の速さとなっている。II 期でも 1984 年の茅部潮の値がやや大きくなっているが，同様な傾向が認められる。突込潮，沖出潮の場合はいずれの時期でも平均流速は小さく，−6 m 深で 7〜10 cm/sec，−41 m 深で 4〜7 cm/sec の範囲におさまっている。

各方位の平均流速と出現日数の積として，総流程 (km) と日当たり流程 (km/day) を求めた。各期別の総流程は方位により大きな差が認められる。欠測期間の長い 1984 年 I 期−6 m 深を除いても，I•II 期では恵山潮の総流程は他の方位よりはるかに大きく，1984 年 II 期−41 m 深の茅部潮の 305.2 km に比べても，2〜3 倍の総流程となっている。

総流程の各方位のベクトル和は，実質的な輸送距離を表すことになるので，この期間には流れによって輸送される物質は恵山方向に運ばれていることになる。例として 1985 年 II 期−41 m 深について単純計算をすると，沖出潮 20.8 km，突込潮 20.3 km であるから沖—岸方向では

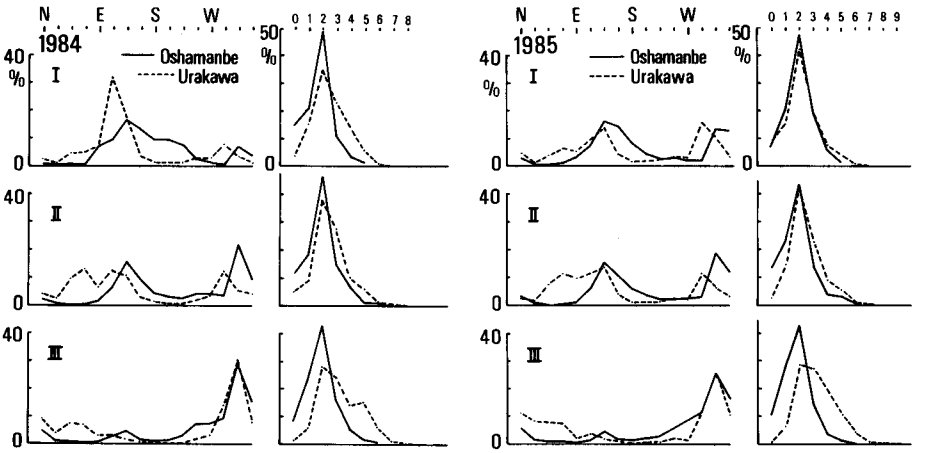

Fig. 4. Percent of wind directions and wind force classes during each period.

$$20.8-20.3=0.5\ \mathrm{km}$$

一方，恵山潮 962.3 km，茅部潮 99.6 km であるから岸沿い方向では

$$99.6-962.3=-862.7\ \mathrm{km}$$

となり，実質的には恵山方向に輸送されていることになる。潮汐による往復振動流のように，一定方向の流れが短い期間持続した後に転じて，逆方向の流れが持続する場合，同一の水が逆流して来ないとも限らない。しかしこの例のように，一方向の流れが卓越して生じ，地理的な境界までの規模（例えば恵山岬，噴火湾奥までの距離など）を越えている場合には，逆流に転じても同一の水は再び戻って来ないと考えられる。このような一定方向に持続する流れは後述するように，沿岸域の海水交換や物質輸送に主たる役割を果たしていると言える。

III 期では茅部潮の出現日数が増すので，総流程も恵山潮と同程度に近付く。日当たり流程も沖出・突込潮の約 2 倍となっていて，この期間に沿岸流は数日ごとに交互に，茅部潮と恵山潮が出現することになる。

前述のように季節的あるいは年によって沿岸流の主方向や流速が変動する大きな要因は第 4 図に示すように，この海域に吹く風の主方向と風速の変化によるものと考えられる。海上に吹く風を陸上の観測から推定することは，観測点の周辺の地形の影響を受け，風向や風速に偏りを生じるため簡単ではないが，ここではこの海域を挟む，噴火湾奥の長万部と太平洋に面する浦河の資料を用いる。地上気圧傾度から求められる地衡風などと比較すると，経験的に長万部の資料は南東風に対しては海上風との対応が良いが，北西風に対しては風力が小さく記録される傾向がある。一方浦河の場合は全体的に長万部より風力が大で，東寄りの風の風向のばらつきが大きいが，北西風に対してはより海上風に近い値を表していると思われる。

第 I 期の風向は両地点とも SE または ESE の頻度が相対的に高く次いで NE または WNW の頻度が高いが，他の方向の頻度は低く風力も小さい。期間中は風力階級 2 以下の場合が過半を占めているが，3 以上の風の頻度は浦河の方が高く，主風向の ESE と WNW で風力 7 が記録されている。

第 II 期では大勢は第 I 期と変わらないが，浦河では ENE の頻度が増し，風力 3 以上の頻度もやや増加する。これは両年ともオホーツク高気圧が例年より遅くまで夏分にも張り出したため，やませの吹く期間が長かったことによると思われる。

第 III 期になると季節風の吹き出しが強まるため，これ以前とは異なって主風向は NW に変わり，浦河では風力 3 以上の場合が過半を占め最大風力は 9 に達している。長万部では風上側の丘陵に遮られるためか，北西風は 2 段階ほど小さめである。

以上のような流れの変動と風の変動との対応を見るために，それぞれのパワースペクトルとコヒーレンスを時期別に求めた。第 5 図に 1985 年の密度成層発達期 (I 期) と密度成層消滅期 (III 期) の例を示す。

I 期について見ると，風のパワーの高いスペクトルピークは，1 日周期以上の周期帯では 2.1, 2.8, 3.9, 8.5 日に認められる。これに対応して流れのスペクトルは，−6 m 深では日周潮，1.9, 2.2, 2.8, 3.9 日にパワーの高いピークがある。−41 m 深でも同様に日周潮，2.1, 2.8, 3,9, 8.5 日にパワーの高いピークがある。流れの測定値は 20 分ごとに得られているが，風の資料が 1 時間ごとであるので，周期分解能を考慮すると，これらの風と流れのスペクトルピークは一致していると言える。それぞれのピークのコヒーレンスは，−6 m 深で 0.71～0.97，−41 m 深で 0.79～0.93 と高く，フェーズのずれもわずかであるので，流れに生じている数日ごとの変動は風によって生起されていると考えられる。1984 年 I 期および両年の成層の発達している II 期にも同様な結果が得られている。

一方，季節風の卓越する III 期では風と流れに共通に認められるスペクトルピークは，風の周期

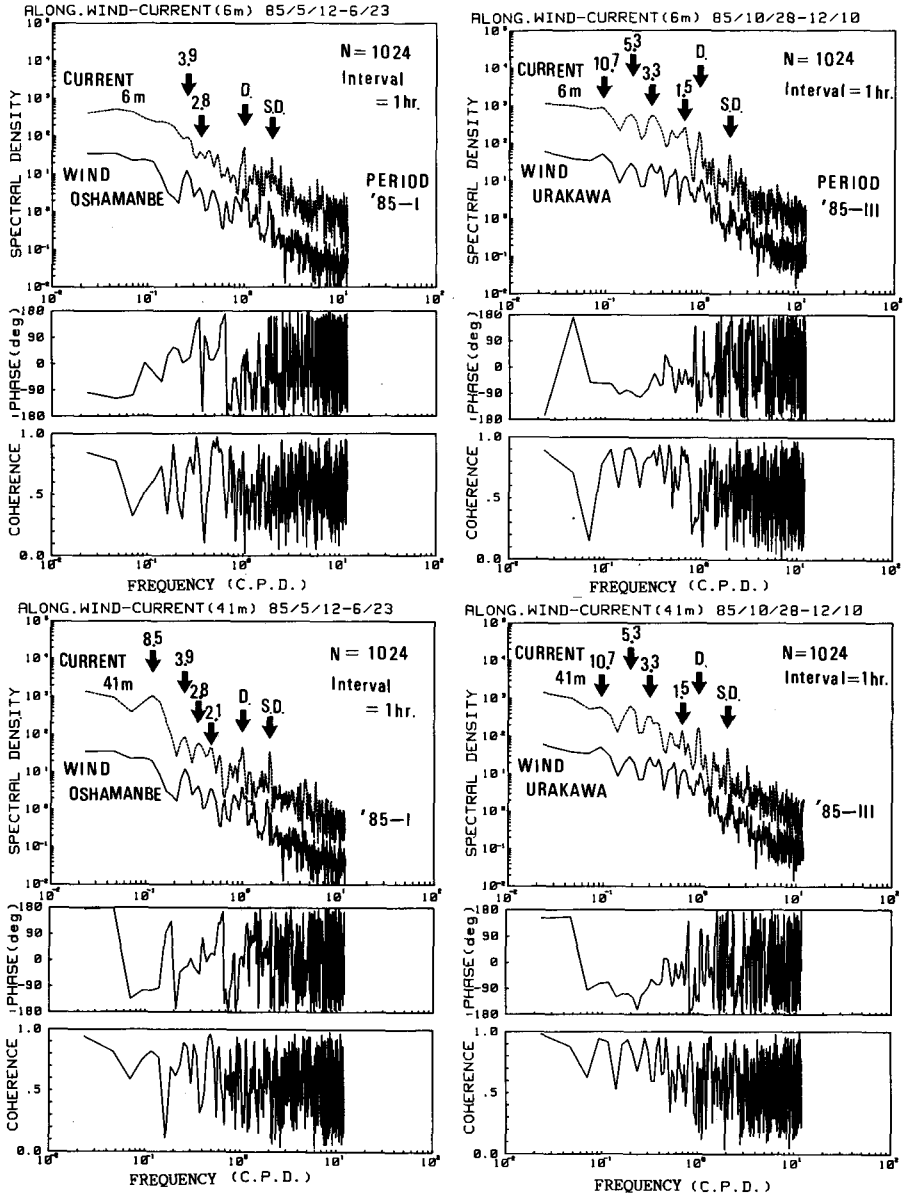

Fig. 5. Power spectra and coherence for the alongshore component of the currents and the winds.

1, 1.5, 1.9, 2.7, 3.3, 5.3, 10.7 日に対し，−6 m 深 1.5, 2, 3.3, 5.3, 10.7 と一致し，コヒーレンスも 10.7 日の場合 0.77 とやや低いが，他のピークでは 0.84～0.94 と高い。−41 m 深についても 1.5, 2, 2.7, 3.3, 5.3, 10.7 日とスペクトルピークは風および−6 m 深のピークと一致し，これらのコヒーレンスは 0.84～0.94 と高く，この時期もまた，流れの変動が風によって生起されていることが示される。

短周期変動流成分

第2図に示されるように，各測定時刻の流向流速値には，比較的振幅は小さいが日周潮周期以下の短周期の変動が現れている。ここでは日周潮以下の短周期変動が沿岸流の変動に寄与している分を見積もるため以下のような操作を行って，短周期の流れを算出した。まず全資料に25時間の移動平均を行って，日周潮以下の短周期変動を測得資料から取り除き，得られた各時刻の移動平均値を測得値から差し引いて短周期分のベクトルを求めた。1985年の短周期成分のスティックダイヤグラムを第6図に示す。

流れのベクトルは第2図とは異なって連続的に流向が変化し，対向する流れが一日の間に生じていて，潮流成分が主であることがうかがわれる。流速は比較的小さい場合が多いが，短い時間ではあるが数10 cm/sec程度の強い流れが所々に生じている。第2図に対比して見ると，速い流れは風速の強い期間に生じていて，風速あるいは風向が急変した時に，その前後の流れの方向と逆方向の流れが短時間生じたり，流速が急に増減している場合に対応して生じている。I•II期にはこのような短期間の速い流れは，−41 m深に比較すると−6 m深で頻度高く生じているが，混合層が深まる10月以降は−41 m深でも多く生じるようになる。

第7図の流向・流速別頻度分布図に示すように，短周期変動の流向頻度は海岸線に平行なESE•SEとWNW•NW方向が高い双峰型の分布を示しているが，この間の方向の流れの頻度も第3図に比較すると高く，180°対向する流向の値がほぼ等しくなっているので，短周期変動の主

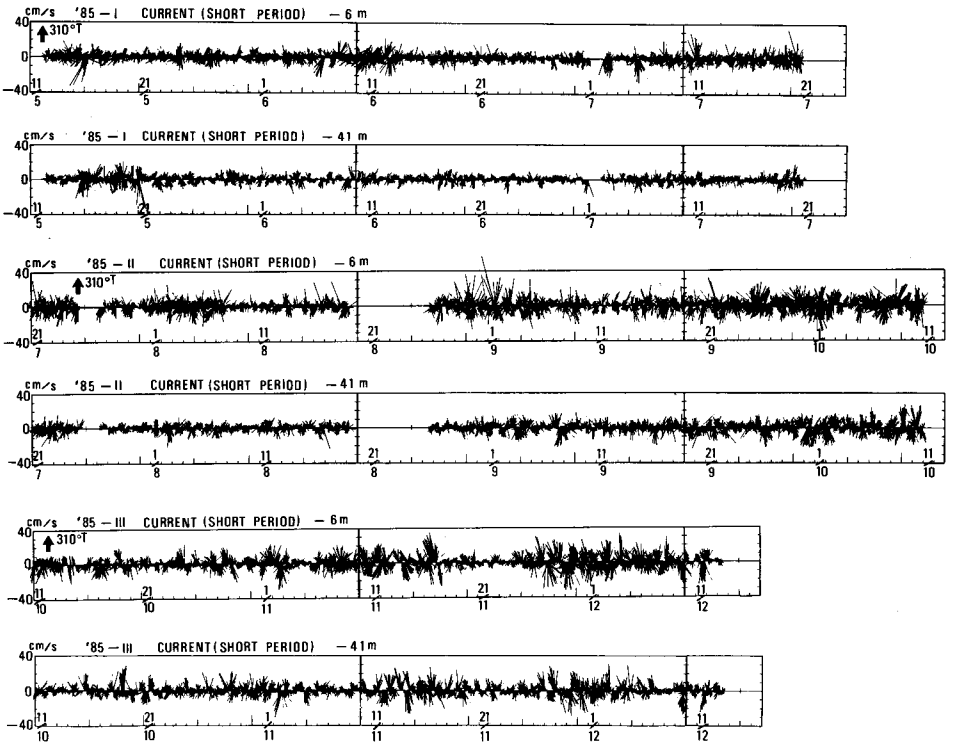

Fig. 6. Time series of current vectors shorter than or equal to the period of diurnal tide.

たるものは潮流による往復振動流と考えられる。短周期流の流速頻度を見ると，15 cm/sec 未満のものが−6 m 深で 90.2～96.9%，−41 m 深で 94.1～98.9% にもおよび，第 8 図に示す例のように，5 日ごとに求めた調和解析の結果はいずれの時期でも，平均流に比して日周潮・半日周潮成分は小さく，振幅は 10 cm/sec 以下に止どまっているので潮流は微弱な海域と言える。

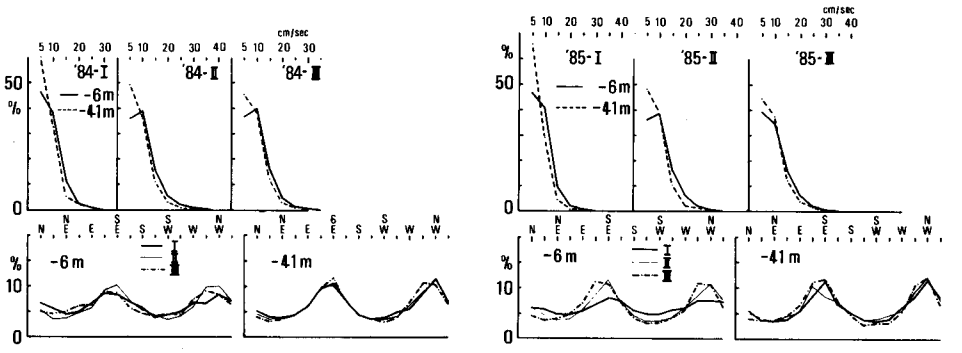

Fig. 7. Percent of directions and speed of the short period-currents during each observed period.

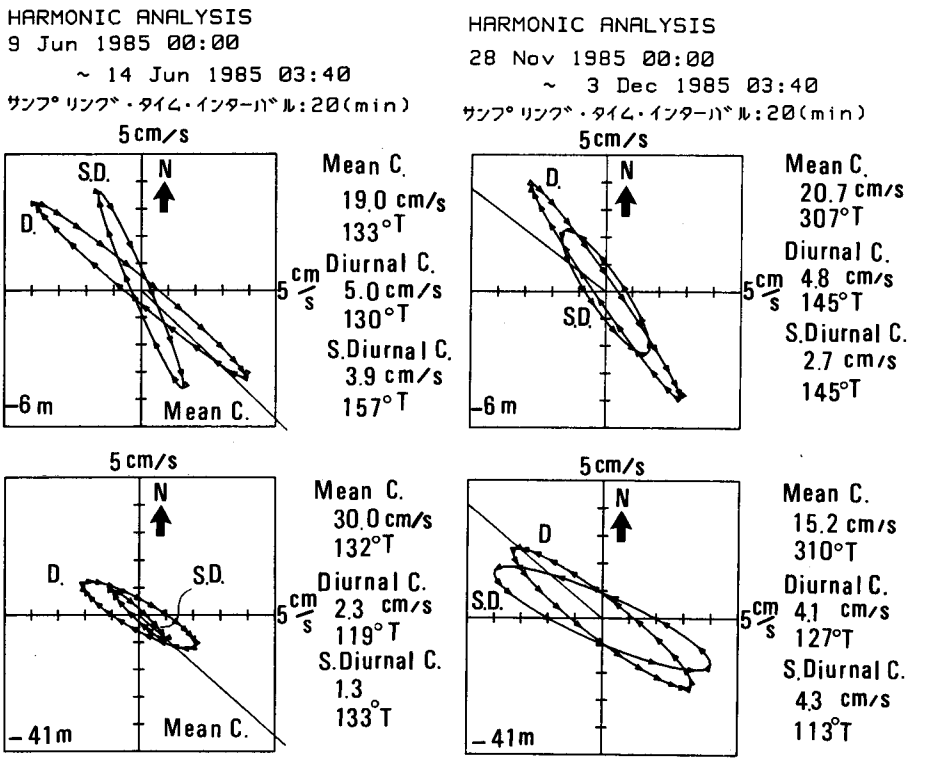

Fig. 8. An example of tidal ellipse.

前述の，短時間ではあるが潮流成分を越える速い流れは，いずれも海岸線に沿う方向に限られていることや，1984年I期のように風の弱い期間には180°対向する流向の頻度が等しく，他の風の強い時期のように流向頻度に偏りのないこと，および第5図の日周潮以下の短周期部分にも風と対応するコヒーレンスが高く，フェーズの一致したスペクトルピークが存在することなどを合わせて考慮すると，日周潮周期以下の短時間で変動する風によって生起されたものと判断される。

短周期流れの流速・流程の統計

日周潮周期以下の短周期変動流について，第2表と同じく流速・流程の統計値を第3表に示す。

流速の最大値は実測値に相当するような大きな値も見られるが，この値は25時間移動平均値からの偏差であるから，必ずしも実際にこのような流れが存在したことを示しているわけではない。各期の最大値は第2表の実測値の平均流速を上回っているが，平均流速としてはいずれも小さく，

Table 3-1. Statistics of the short period-current in the directions of each quadrant.

1984年		I 5.19～7.20		II 7.21～10.10		III 10.11～12.12	
Quadrant	Depth	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m
Speed (cm/sec) ESAN. Dir. 85°～175° Distance (km)	Max	26.7	22.9	36.4	33.9	31.2	34.0
	Mean	6.5	5.6	8.4	6.7	8.0	6.9
	S.D.	4.4	3.7	5.6	4.4	4.9	4.4
	Total Distance	59.1	99.7	188.4	157.3	127.0	127.2
	Number of days	10.5	20.8	26.1	27.1	18.4	21.2
	Daily mean Dist.	5.6	4.8	7.2	5.8	6.9	6.0
Speed (cm/sec) KAYABE. D. 265°～355° Distance (km)	Max	30.0	21.3	37.9	32.6	40.6	56.7
	Mean	6.6	5.6	8.1	6.7	7.7	7.1
	S.D.	4.3	3.7	5.6	4.4	5.2	4.9
	Total Distance	54.9	98.1	181.6	154.8	126.7	129.7
	Number of days	9.7	20.2	26.0	26.9	19.0	21.3
	Daily mean Dist.	5.7	4.8	7.0	5.8	6.7	6.1
Speed (cm/sec) OFF SHORE D. 355°～85° Distance (km)	Max	15.7	18.0	36.8	24.8	25.3	27.0
	Mean	5.0	3.8	6.0	4.5	6.3	4.8
	S.D.	3.0	2.5	4.1	3.2	3.9	3.4
	Total Distance	30.4	32.0	65.9	49.2	67.2	39.0
	Number of days	7.1	9.9	12.7	12.5	12.3	9.4
	Daily mean Dist.	4.3	3.2	5.2	3.9	5.5	4.2
Speed (cm/sec) ON SHORE D. 175°～265° Distance (km)	Max	23.8	15.5	35.3	24.2	31.3	26.0
	Mean	5.6	3.9	6.5	4.7	6.6	4.8
	S.D.	3.7	2.3	4.9	3.4	4.4	3.4
	Total Distance	33.5	35.0	75.3	53.8	65.3	40.2
	Number of days	6.9	10.5	13.4	13.2	11.5	9.7
	Daily mean Dist.	4.8	3.3	5.6	4.2	5.7	4.1

Table 3-2

1985年		I 5.12～7.20		II 7.21～10.10		III 10.11～12.13	
Quadrant	Depth	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m	−6 m	−41 m
Speed (cm/sec) ESAN. Dir. 85°～175° Distance (km)	Max	38.5	37.1	32.1	25.4	32.8	31.7
	Mean	6.5	5.2	8.6	6.9	8.3	7.3
	S.D.	4.2	3.6	5.2	4.6	5.8	4.8
	Total Distance	111.0	101.5	182.8	140.1	160.6	143.3
	Number of days	19.7	22.6	24.6	23.6	22.5	22.8
	Daily mean Dist.	5.6	4.5	7.4	5.9	7.1	6.3
Speed (cm/sec) KAYABE. D. 265°～355° Distance (km)	Max	35.6	20.2	58.2	27.0	35.4	31.5
	Mean	6.3	5.0	8.3	6.3	8.9	7.8
	S.D.	4.1	3.1	5.8	4.2	5.8	5.2
	Total Distance	106.7	100.4	171.9	137.0	157.4	144.4
	Number of days	19.5	23.4	24.1	25.4	20.5	21.4
	Daily mean Dist.	5.5	4.3	7.1	5.4	7.7	6.7
Speed (cm/sec) OFF SHORE D. 355°～85° Distance (km)	Max	23.3	21.3	25.7	34.9	34.0	18.9
	Mean	5.5	3.3	5.7	4.9	5.2	4.2
	S.D.	3.2	2.3	3.7	3.5	3.6	2.7
	Total Distance	66.6	29.5	60.6	47.6	46.4	34.4
	Number of days	14.0	10.2	12.3	11.4	10.4	9.6
	Daily mean Dist.	4.8	2.9	4.9	4.2	4.5	3.6
Speed (cm/sec) ON SHORE D. 175°～265° Distance (km)	Max	25.3	23.5	36.8	26.3	20.3	21.3
	Mean	5.4	3.5	6.4	4.8	5.7	4.7
	S.D.	3.5	2.2	4.8	3.0	3.6	3.0
	Total Distance	68.3	34.9	65.7	53.6	44.6	35.4
	Number of days	14.6	11.5	11.9	12.9	9.0	8.7
	Daily mean Dist.	4.7	3.0	5.5	4.1	4.9	4.1

実測値の突込・沖出潮の平均流速と同じ程度ではある。

短周期流れの特徴的な点は，各期ごとに対向する方位の平均流速，総流程，日当たり流程，出現日数のいずれの値もほぼ等しいことである。方位別の平均流速は岸に沿う方向の値が岸を横切る方向の値よりやや大きく，第8図の潮流楕円に示される流速値の範囲にある。各方位の出現日数も，第2表の実測値のような大きな偏りはなく，岸沿いの日数の方が多いが，調和解析から期待される日数の範囲にある。これらの結果は短周期変動流の主たる部分は潮流であることを意味しているが，実際の流れに寄与する部分は小さいので，強風時には風によって生起された流れに隠されて目立たなくなる。

いずれにしても，この沿岸では潮流は弱く，したがって潮汐残渣流等も小さいと判断されるので，風によって生起される沿岸流に比べると，潮流の果たす海水交換機能や物質輸送機能は小さい海域と言える。

剪断流（シアー流）

第2図に示すように，−6 m 深と−41 m 深の流速には差が認められ，時には−41 m 深の流速が−6 m 深より大きい場合や，逆方向に流れる場合もある。一般に密度成層している海中で水平流速が深さ方向で急に変化する場合，密度躍層を境にしていると考えられるが，この観測では2深度のみの資料しか得られていないので，実際の自由乱流境界層内の状態は示し得ない。しかし深度により流速が異なったり，流向が変化する場合，海面から吊下されている垂下養殖施設，網生簀，定置網等が使用目的に不適当な形状に変形されることが予想される。ここでは，これらの柔

Table 4. Frequency of the current speed differences between −6 m and −41 m in each observed period. A sign of rotation is represented by a view point from the coast to offshore.

	ESAN Shear (⊖)				KAYABE Shear (⊕)		
		a	b	c	d	e	f
Pattern	−6 m	⟶	→	←	⟵	←	→
	−41 m	→	←	⟵	←	→	⟶
1984 I	cm/sec						
N=2449	50≦	0	0(1)	0	0	0	0
Max. Val.	30≦50	0.7	1.9	0	0	0(1)	0.6
52 cm/sec	20≦30	3.5	5.0	0	0	0.1	2.5
140°	10≦20	13.5	9.6	0.2	0.1	1.2	11.5
II	50	0	1.4	0	0	1.2	0.2
N=5499	30	0.7	10.1	0.2	0(1)	3.2	3.1
73 cm/sec	20	4.2	13.2	0.9	0.1	2.6	5.0
319°	10	9.5	14.1	2.6	1.3	2.3	12.9
III	50	0	0.4	0	0	0.4	0.1
N=4391	30	0.8	1.5	0	0.4	1.2	0.7
66 cm/sec	20	2.0	3.8	0.5	1.0	1.5	2.8
320°	10	11.9	13.1	4.9	4.4	4.8	10.9
1985 I	50	0(1)	0.1	0	0	0	0
N=4891	30	0.8	3.8	0	0	0.8	0.3
64 cm/sec	20	2.5	9.4	0	0	1.9	3.3
135°	10	10.2	19.7	0.1	0.1	5.4	12.9
II	50	0(1)	0.5	0	0	0.4	0.2
N=5220	30	1.6	4.5	0	0	0.5	3.6
78 cm/sec	20	3.9	9.0	0.1	0(2)	1.2	6.5
315°	10	12.8	12.1	0.3	0.2	2.3	13.9
III	50	0(2)	0.2	0	0(2)	0.1	0
N=4524	30	0.7	3.3	0.3	0.7	0.3	0.3
75 cm/sec	20	2.7	11.4	1.4	1.5	1.3	2.2
288°	10	14.5	19.0	4.0	5.7	3.9	7.5

構造の施設がその目的に適合する形状を保てるように設計されるために必要な基礎資料として，剪断流ベクトルの大きさをパターン別に集計して示す。

比較的強い流れは岸に沿う方向であるので，恵山潮と茅部潮の主方向についてのみ集計した。シアーは−6 m 深の流れベクトルから−41 m 深の流れベクトルを引いた値で示す。シアーベクトルの方向が4半円のうち北西方向の場合を茅部シアー，南東方向を恵山シアーとして分類する。シアーベクトルの方向は必ずしも沿岸流の方向とは一致せず，第4表上欄に示すように，それぞれの方向のシアーは，3つの流向・流速の組み合わせよりなる。岸から沖に向かって見た場合，茅部シアー層は左回りの回転を持ち，恵山シアー層は右回りの回転を持っていることになる。それぞれのパターンのシアーベクトルの大きさごとの出現頻度を各期間について集計し，百分率で第4表に示す。各期間中の最大値は，左端の欄に示されるように，いずれも 50 cm/sec を越えていて，最大は 78 cm/sec に達している。両年とも I 期の最大値は恵山シアーにあり，II・III 期には茅部シアーが最大となっているが，いずれも−6 m 深と−41 m 深の流向が逆向きになっている b, e の場合に生じている。強いシアーの出現頻度の高いパターンは上層が恵山潮，下層が茅部潮となる b の場合で，全期間を通して，50 cm/sec 以上の速度差を生じている。このような流れは，強い南東風が吹き続いた後に吹き止んだ時，噴火湾奥に堆積していた上層水が流出して来るのにつれて湾内の内部境界面が上昇するので，下層水がこれを補うように湾内に流入する場合に生じていると考えられる。

次いで高い頻度は上層茅部潮，下層恵山潮の e の場合であるが，これは強い南東風が吹き始めた時，上層は風の応力によるエクマン流として風下方向の成分を持つのに対し，下層は内部境界面に生じる波動（内部ケルビン波）により風と逆方向に流れる場合に生じている。風がやや弱まると上層の流れも，前述のような噴火湾奥の上層水の堆積効果が風の応力に勝って，弱い恵山潮になる。この時下層は強い恵山潮となっているので，f のように比較的高い頻度で大きい茅部シアーが生じる。

これらはいずれもこの沿岸に湧昇を生じさせる強い南東風が吹いた場合の，沿岸流の発生・消滅に至る一連の変化過程の部分として生じているものである。a の場合も，風が吹き止んだ時に b のように下層の流れが茅部潮に変わるまでに，f の状態を経て，上層の恵山潮が強まるのに対して，下層の恵山潮が弱まっていく過程に生じている場合に多く見られ，風によって生起される沿岸流の構造の複雑さを示すものである。

上・下層とも茅部潮である c, d の場合は北西風によって生起される場合が多いが，III 期では表層の混合層が深まって，密度構造も深さ方向に一様になって行くので，上下の流れの速度差は小さくなる。しかしまれには 50 cm/sec を越す速度差を生じることもある。

成層海洋中にシアー層が形成されることは，一様流れに比較して弱い流れの場合でも，流体中の柔構造物の形状変化を生じさせる要因となるが，他の一面では物質輸送の面での関わりを持っている。

流れの鉛直分布の詳細はこの二点のみの測流からは不明であるので，シアー層内の真の値は求められないが，試みに両深度間の速度勾配を求めると，流速計間の距離 35 m，最大シアーベクトル 78 cm/sec であるから，流速を v，鉛直軸を z とすると，鉛直速度勾配：$\left|\frac{\partial v}{\partial z}\right|$ は

$$\left|\frac{\partial v}{\partial z}\right| = 2.2\times10^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}$$

となる。この値は表面流速が 200 cm/sec にも及ぶ黒潮などの，外洋の強流帯に生じる鉛直シアーと比較しても2倍以上の大きな値である。密度差があり，かつ流速の異なる2層間に生じる自由

剪断流の渦層の厚さは，密度躍層の厚さに対応するスケールになっているであろうから，実際のこの間の鉛直シアーは求めた値より数倍大きいものと考えられる。

密度成層している海洋では，密度躍層を挟む上・下層間の熱や物質の鉛直輸送は小さくなるが，シアーが大きくなると鉛直渦動拡散係数がこの間の速度に比例して大きくなるので[8]，躍層を挟む上下層間の輸送量は増大することになる。通常この海域では，成層期には表層の栄養塩は枯渇状態にある[2,7,9,10]ので，この海域に強風が吹くことは湧昇および表層混合層の深まりと共に，シアーの増大による下方からの栄養塩輸送を増加させることになり，間歇的ながらこの期間の少ない基礎生産を維持するために効果的に働くものと推測される。

測定期間中に得られた−41 m 深の最大流速は 79 cm/sec である。この深さは海底上約 20 m の高さにあたるが，よく知られているように，海底境界層内の鉛直流速分布が対数分布則に従うとすると，海底境界層内のシアーは，単純に海底面の流速を 0 として求めた値

$$\left|\frac{\partial v}{\partial z}\right| = 3.95\times10^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}$$

より大きいものと考えられる。

海底境界層内のシアーが大きくなると，海底上に沈積していた懸濁物が舞い上がり，海底上方に再懸濁する。この時流れが強いほど大型粒子が上方に舞い上がることが知られている[11]。

本海域では，珪藻類を主とする春季ブルーミングの後，生産された植物プランクトンが海底上に沈積し，長期間保存されている[12]。

Kajihara et al.[13] はベーリング海東部の大陸棚上の 2 地点で，海底からの有機物の上方輸送を調べ，懸濁層の厚さは海底近くの流速変化に対応して，流速が大きくなると懸濁層が厚くなることを示している。この場合，本著者の一人，大谷が海底上 3.5 m の高さで測定した流速の最大値は，水深−78 m の地点で 20.5 cm/sec，水深−33.5 m の地点で 33.7 cm/sec であった。海底面との間の最大速度勾配はそれぞれ $5.8\times10^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}$, $9.6\times10^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}$ となり，先の値より大きくなるが，これより上方の速度勾配は，−78 m 地点では海底上 3.5 m と 40 m の間で $0.6\times10^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}$，水深−33.5 m 地点では海底上 3.5 m と 30.5 m の間で $0.8\times10^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}$ と 1 桁小さい値である。

ベーリング海東部の大陸棚上では潮流が卓越しているので全域で海底上約 30～50 m の高さまでの層は混合され，鉛直に等密度になっている[14,15]。1982 年の測流時にも，水深−33.5 m 地点では海面までほぼ均質層が形成されていた。ベーリング海の場合，強風が吹いた時以外，日平均流は数 cm/sec しかなく，流れは往復する潮流である[16,17]ので，舞い上げられた懸濁物は，潮流が弱まると，再びその付近に沈積することになり，水平輸送は小さいと考えられる。

この沿岸の強流時の海底近くのシアーは，ベーリング海の測定例に比較すると，同程度かあるいはより大きいと推定されるので，海底上の沈積物は強流となる度に同様に舞い上げられると考えられる。前述のように強風時の下層の沿岸流は一定方向に流れ，その流程も第 2 表に示すように大きいので，懸濁物ははるか遠くに輸送されることになり，風によって生起される沿岸流は間欠的ではあるが，効率良い水平方向の物質輸送機能を持っていることになる。本論では，これらの物質輸送機能の定量的評価を行うことはできないが，本海域のように外洋に強い海流が存在せず，潮流も弱い沿岸域では，海岸線に沿う方向に吹く風によって生起される流れが，海水交換や物質輸送に大きく寄与していることを指摘しておきたい。南東風に対して風下にあたる噴火湾の存在が，直線海岸に生じる同様な沿岸流の発生消滅過程に比較して，より複雑かつ顕著な変化をもたらしているものと予想されるが，その詳細を知るためには更に観察を重ねる必要がある。なお，本資料に基づく風と流れの定量的解析結果は別報に述べる予定である。

要　　約

北海道南茅部町字木直沖に於いて1984年，1985年の2年次わたって5～12月の期間に行った−6 m深と−41 m深の測流資料の統計解析を行った。その結果を要約すると以下のようである。

1. 期間中に得られた流速値の75%は20 cm/sec以下であった。

2. 調和解析によって得られる日周潮，半日周潮成分の流速は最大でも10 cm/sec以下であり，静穏時には流れの緩やかな海域である。

3. しかし，時には数日間持続する岸に沿う強い流れを生じることがあり，期間中の最大流速は79 cm/secに達した。

4. このような速い流れは，成層期には湧昇を生じる強い南東風が吹き続く時に生じ，下層では風の吹き始めから風ベクトルと逆向きの南東流が発達する。上層では風の吹き始めには風下成分を持つ流れとなるが，後に下層と同じく風上に向かう流れとなり，風が止んだ後も1～2日程度続く。

5. 北西季節風が強まる季節では，密度成層は消滅しているが，北西風に対し北西に向かう流れが両深度共に発達する。

6. 風のスペクトルピークと流れのスペクトルピークの周期は一致し，この間のコヒーレンスも高く，フェーズのずれも小さいので，これらの強流は強風によって短時間のうちに生起されると判断される。

7. 日周潮周期より短い周期帯に生じる強流も，短時間に変動する強風によって生起されるものと判断される。

8. 風によって生起される流れは，上・下層の流向・流速に差異を生じるので，この間にシアー層を持つことになり海中の柔構造施設の変形や物質の鉛直輸送に関わりを持つことに言及した。

9. 季節的な風系によって生起される流れは，期間中に同一方向の流れの頻度を高めるため，同一方向の流程が大きくなり，物質の水平輸送や海水交換機能を高める働きをしていることに言及した。

謝　　辞

流速計の係留作業は木直漁業協同組合所属𠮷小田原漁業部の定置網起こし船，千鳥丸の提供を受けて行った。作業に協力頂いた千鳥丸船頭・乗組員諸氏および小田原漁業部，木直漁業協同組合の各位に感謝の意を表します。

風の資料の収集にあたって函館海洋気象台・海洋課の皆様の便宜を頂いた。また，原稿および図表の浄書について源まゆみ事務官の手を煩わした。合わせてお礼を申し上げます。

文　　献

1) 大谷清隆・出口良二 (1981). 渡島半島東岸の沿岸湧昇-1. 北大水産彙報 **32**, 77-96.
2) 大谷清隆・出口良二 (1983). 渡島半島東岸の沿岸湧昇-2. 北大水産彙報 **34**, 291-311.
3) 大谷清隆 (1986). 短時日吹く風によって生じる沿岸湧昇. 沿岸海洋研究ノート **23**, 155-165.
4) 大谷清隆 (1988). 海洋の変動—数日から数週間の変動. 328-336. 水産海洋研究会25周年記念誌. 21世紀の漁業と水産海洋研究. 423 p. 恒星社厚生閣, 東京.
5) 大谷清隆・村上　敬 (1987). 沿岸境界流—北海道沿岸の流動特性. 海洋科学 **199**, 13-20.
6) 大谷清隆 (1979). 噴火湾の水塊交替について. 沿岸海洋研究ノート **17**, 50-59.

7) 大谷清隆・木戸和男 (1980). 噴火湾の海洋構造. 北大水産彙報 **31**, 77-96.
8) 日本流体力学会 (1987). 流体力学ハンドブック. 890 p. 丸善, 東京.
9) 梁田 満・米田義昭・深瀬 茂 (1976). 噴火湾における無機リンの周年変化とその変化に影響を与える要因. 北大水産彙報 **27**, 160-171.
10) Tsunogai, S. and Y. Watanbe (1983). Role of Dissolved Sillicate in the Occurrence of a Phytoplankton Bloom. J. Oceanogr. Soc. Japan. **39**, 231-239.
11) 鷲見栄一 (1981). 浅海域の海底境界層と物質の動き. 沿岸海洋研究ノート **18**, 88-99.
12) Kido, K. and K. Ohtani (1981). Preservation of Particulate Organic Matter in the Cold Basin Water in Funka Bay after the Vernal Phytoplankton Bloom. Bul. Fac. Fish. Hokkaido Univ. **32**, 357-375.
13) Kajihara, M., T. Morinaga and A. Sekine (1986). Distributions and Upward Fluxes of Particulate Matter near Bottom in the Southeastern Bering Sea Shelf. J. Oceanogr. Soc. Japan. **42**, 389-401.
14) 大谷清隆 (1969). Bering 海東部の陸棚水の海洋構造と海氷について. 北大水産彙報 **20**, 94-117.
15) Ohtani, K. (1973). Oceanographic Structure in the Bering Sea. Mem. Hokkaido. Univ. **21**, 65-106.
16) 木谷浩三・川崎正和 (1979). 東部ベーリング海陸棚縁辺域の海洋構造 I. 1978 年夏季の海水特性および流動について. 遠洋水研報 **17**, 1-12.
17) T.H. Kinder and J.D. Schumacher (1981). Circulation Over the Continental Shelf of the Southeastern Bering Sea. p. 53-75, The Eastern Bering Sea Shelf: Oceanography and Resources, 1, 625 p. Univ. Washington Press, Seattle.