

# 浜田沿岸海域における風の変化に伴う流れの変動

小川 嘉彦\*・森脇 晋平  
(東北区水産研究所) (島根県水産試験場)

## 1. 緒 言

1983年の6月と10月に日本海南西部の浜田沿岸海域で海流板追跡法によって測定した表層の流れの変動は、同海域の海上風の変動に直接応答して生起している可能性が高い；浜田沿岸海域では、ほぼ北東-南西方向に走る単調な海岸線に平行な方向の流れの成分が卓越するが、各測定期間毎の平均流速および測定海域での海上風の応力の日平均値のそれぞれの陸岸に平行な成分を対比してみると、両者の間には有意な相関が認められた(小川・森脇, 1985)。

海上風の変動に対応して流れが変動するというこの海域で観測された現象については、(1)陸岸に沿った風の卓越に伴って、(2)陸岸に直角な方向のエクマン輸送が発達し、その結果(3)陸岸に沿っての水位が変化し、(4)この水位変化が陸岸に平行な方向の流れの変化を引き起しているというプロセス(例えばCSANADY, 1982)が単純なモデルとして考えられる。

しかし、1983年に得られた測定資料の数は多くなく、確定的なことは何も言えない。そこで1984年の6月と10月、同じ浜田沿岸海域に於て同じ海流板追跡法によって測流をくり返し、海上風の変化に対応して沿岸海域の流況がどのように変化しているかを調べた。この小文では、作業仮説としての単純化したモデルに沿って、得られた資料を検討した結果を報告する。なお、測流を6月と10月に行ったもうひとつの理由は、浜田沿岸海域ではこの時期がそれぞれ初夏と秋の“シロイカ”( *Loligo edulis* )の盛漁期に当たっている(森脇・小川, 1985)ことにある。海流板追跡に並行して夜間手釣りによる“シロイカ”の釣獲試験を実施したので、流況と“シロイカ”漁況との関係についても併せて報告する。

## 2. 資料と方法

調査対象海域とした浜田沿岸海域は、ほぼ北東-南西(42°-222°)の方向に走る単調な海岸線を境界とした開放系水域である(図1)。この海域で海上風の変動に対応して流れが変動するという現象(小川・森脇, 1985)について、こうした現実の海岸地形(図1)を考慮しつつ、前節で述べた(1)~(4)のモデルを図2に整理して示しておく。

---

\* 元山口県外海水産試験場

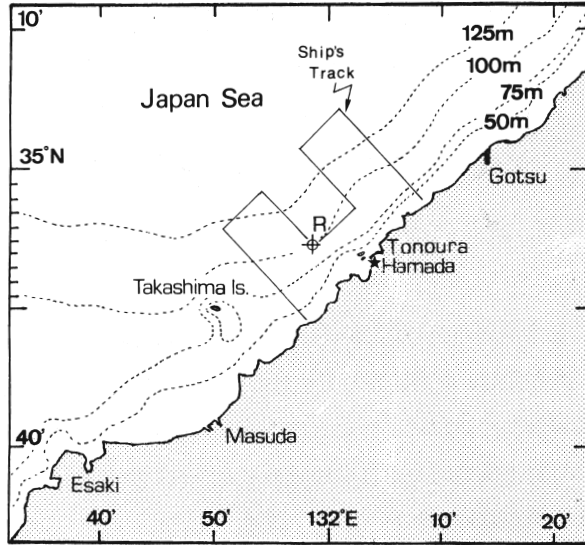


図1 浜田沿岸調査対象海域の地理的概要

記号“R”を付した十字に白丸の地点に24時間おきに海流板を投入し、これを調査船“黒潮丸”で約1昼夜追跡することをくり返した。実線は調査船“島根丸”の航跡を示す、航走中ドブラー流速計による流向・流速の測定が行われた。星印は浜田測候所の検潮所の位置を示す。

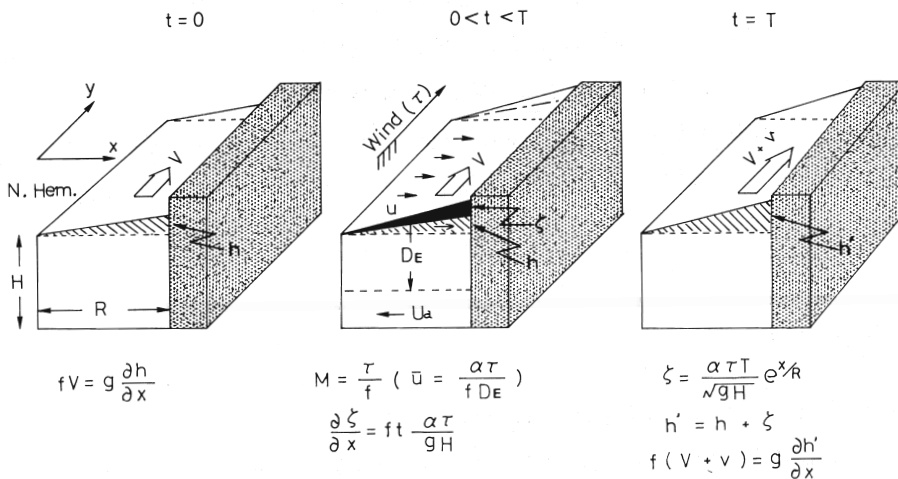


図2 風の変化に伴う流れの変動を説明するための作業仮説

浜田沿岸水域では(1)単調な陸岸に沿った風の応力 $\tau$ の変化に伴って、(2)陸岸に直角な方向のエクマン輸送Mが発達し、その結果(3)陸岸に沿っての水位 $\zeta$ が変化し、(4)この水位変化が陸岸に平行な流れの変化Vを引き起しているというプロセスが考えられる(小川・森脇, 1985)。

測流は水平的にも鉛直的にも必要十分な流速計を配置して長期間行われることが望ましいが、この海域では底曳網や和船巾着網を含む多種の漁業が錯綜して行われており、流速計による長期の測流は現実には困難である。そこで測流方法として調査船で海流板を追跡するラグランジュ法を採用した。調査期間中は山口県外海水産試験場所属の調査船“黒潮丸”（149.28総噸）によって、原則として、毎日00時に測点R（図1）に海流板を投入し、これを約1昼夜追跡することによって流況を調べた（表1）。しかし、10月の測定に於ては、荒天等のため途中で追跡を打切ったため、22時間以上追跡が行われたのはわずか2回にとどまる。

海流板の位置は毎正時“黒潮丸”装備のデッキ、ロランC及びレーダーを併用して決定した。使用した海流板は1983年のこの海域での測流に使用したのと同タイプのもので、183cm×273cmの大きさの抵抗板を持つ（小川・森脇，1985）。抵抗板は中心部が海面下5mに位置するように設計した。この海流板の流跡は、ビューフォート風力階級4（平均風速6.7m/s）以下の気象条件下では、測得流の10%以下の誤差で流況を反映し得る（OGAWA et al., 1978）。海流板追跡中“黒潮丸”装備のベーン式風向風速計（海上電機株式会社製、センサー部は海面上8.65mの高度に設置）によって1時間毎に観測した海上風の条件を表2に整理して示す。風の応力はKUTSUWADA（1982）に準じて計算した。ただし、風向については流れと対比して検討するため、“風の吹いて行く方向”を“風向”として表示してある。

“黒潮丸”による海流板追跡と並行して、6月18-22日に及び10月16-18日に島根県水産試験場所属の調査船“島根丸”（139.06総噸）によって、昼間この海域（図1）での海洋観測を反復実施した。この航海中“島根丸”では同船装備の超音波流速計（古野電気株式会社製、CI-30型）によって10分間隔で、6月調査では海面下5mと75m、10月調査では3mと73mの流向・流速を測定した。

表1 1984年6月と10月に浜田沿岸海域で行った海流板追跡法による測流結果の概要

測定日	位置		海流板追跡時間 (hour)	平均流向 (T°)	平均流速 (kt)	陸岸に直角な成分 (kt)	陸岸に平行な成分 (kt)
	海流板投入地点	海流板回収地点					
18 June 1984	34°54.5'N 131 58.5'E	34°59.3'N 132 02.3'E	24	29.7	0.24	-0.07	0.23
19 June 1984	34°54.6'N 131 58.8'E	35°00.2'N 132 10.9'E	22	61.7	0.47	0.11	0.46
20 June 1984	34°54.7'N 131 58.7'E	35°01.1'N 132 02.3'E	24	23.3	0.28	-0.12	0.26
21 June 1984	34°54.5'N 131 58.4'E	34°56.5'N 132 02.4'E	23	59.9	0.15	0.03	0.14
22 June 1984	34°54.1'N 131 58.6'E	34°58.6'N 132 06.3'E	23.5	54.8	0.34	0.04	0.34
24 June 1984	34°54.6'N 131 58.8'E	34°57.4'N 132 04.2'E	24	57.8	0.21	0.03	0.21
25 June 1984	34°54.3'N 131 58.6'E	35°03.3'N 132 08.0'E	23.5	39.9	0.49	-0.06	0.48
15 Oct. 1984	34°54.4'N 131 58.9'E	34°47.0'N 131 42.6'E	22	241.9	0.68	-0.16	-0.66
16 Oct. 1984	34°54.5'N 131 58.5'E	34°49.8'N 131 58.0'E	15	188.9	0.31	(0.19)	(-0.24)
16-17 Oct. 1984	34°54.6'N 131 58.9'E	34°48.6'N 131 53.1'E	33 *	210.6	0.16	0.04	-0.15
18 Oct. 1984	34°54.6'N 131 59.1'E	34°50.5'N 131 57.7'E	17	194.8	0.27	(0.15)	(-0.22)
20 Oct. 1984	34°54.9'N 131 58.5'E	34°55.5'N 132 03.6'E	12	82.9	0.36	(0.20)	(0.33)

\* このシリーズのデータについては6月17日の24時間について平均値を計算した。

6月と10月の測定水深には2mの差があるが、それぞれ表層部及び季節躍層以深を代表するものとみなして処理した。超音波流速計による測流は昼間のみに限られており、かつ毎日同一の地点で測定がなされているわけではないので、毎日の測定値から空間平均値を求めて検討に用いた。これらの測定値は海流板追跡法による測定値と比較すれば瞬間的なものであるが、5m深の空間平均値は海流板で測定した日平均流速ときわめてよく対応しており、両者の間には危険率1%で有意な相関が認められた。

流れの変化に伴う沿岸での水位変化を調べることを目的に、浜田測候所が浜田港(図1)内で実施している検潮記録を毎正時1時間間隔で検討した。検潮記録の気圧補正についてはISOZAKI(1969)が求めた $-0.89\text{cm}/\text{mb}$ の値を補正值とした。ただし、浜田測候所における気圧の測定は3時間間隔でしか行われていないので、観測値のない時間については前後の観測値から直線内挿して補正值を求めた。

表2 1984年6月と10月浜田沿岸海域で海流板追跡法によって測流が行われた期間の海上風の条件

測定日			風 (24時間平均)		風の応力の24時間平均値 ( $10^{-3}\text{Pa}$ )	
			風向* ( $T^\circ$ )	風速 (m/s)	陸岸に直角な成分	陸岸に平行な成分
18	June	1984	42.2	0.5	0.1	3.6
19	June	1984	55.5	5.8	3.7	61.0
20	June	1984	197.5	2.8	2.8	-33.4
21	June	1984	206.8	1.2	0.7	-6.9
22	June	1984	207.7	1.4	0.5	-5.0
24	June	1984	16.0	0.3	-0.3	1.0
25	June	1984	215.8	1.1	0.2	-4.5
15	Oct.	1984	251.9	5.6	-12.3	-58.2
16	Oct.	1984	8.1	2.1	-3.8	12.4
16-17	Oct.	1984	339.7	1.5	-9.1	1.1
18	Oct.	1984	195.7	4.7	14.8	-56.3
20	Oct.	1984	37.8	7.3	1.4	93.0

\* “風の吹き去る方向”として表示。

### 3. 結果と考察

#### (1) 海流板の流跡からみた流れの日々変化

海流板の流跡からみた浜田沿岸海域の表層部の流況には、測定毎に勿論差異はあるものの、6月の測定結果と10月の測定結果との間で最も顕著な差異が認められる(図3・4)。すなわち、6月

の流れは傾向としては北東流であるのに対し、10月の流れは傾向として南西流を示す場合が多く、北東流を示しているのは10月20日の測定——ただし、荒天のため追跡は12時間で打ち切られている(表1)——のみである。表層部の流況にみられる6月と10月とのこの傾向的な差異は一見季節変化の存在を想わせるが、1983年の同時期・同海域での測定結果(小川・森脇, 1985)と対比してみると、この差異は季節変化を反映したものはみなし難い。流れの変化(図3・4, 表1)はむしろ海上風の変動(表2)に対応している。

海流板追跡を22時間以上継続できた場合についてのみ日平均流速の陸岸に平行な成分を風の応力の日平均値の陸岸に平行な成分(いずれも北東向きをプラス)と対比してみると、1983年の結果(小川・森脇, 1985)同様、両者の間には有意な相関が認められる(図5)。用いた海流板は平均風速

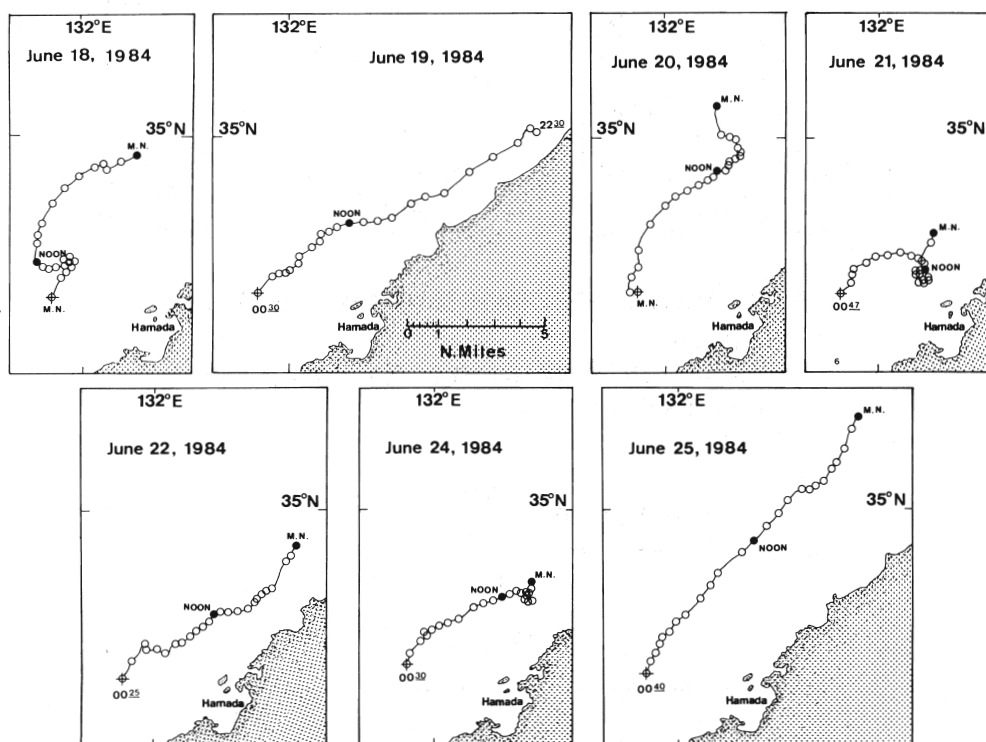


図3 1984年6月18~25日の間の7回の測定時における海流板の流跡図

丸印は1時間毎の海流板の位置を、黒丸印は特に真夜または正午の海流板の位置を示す。

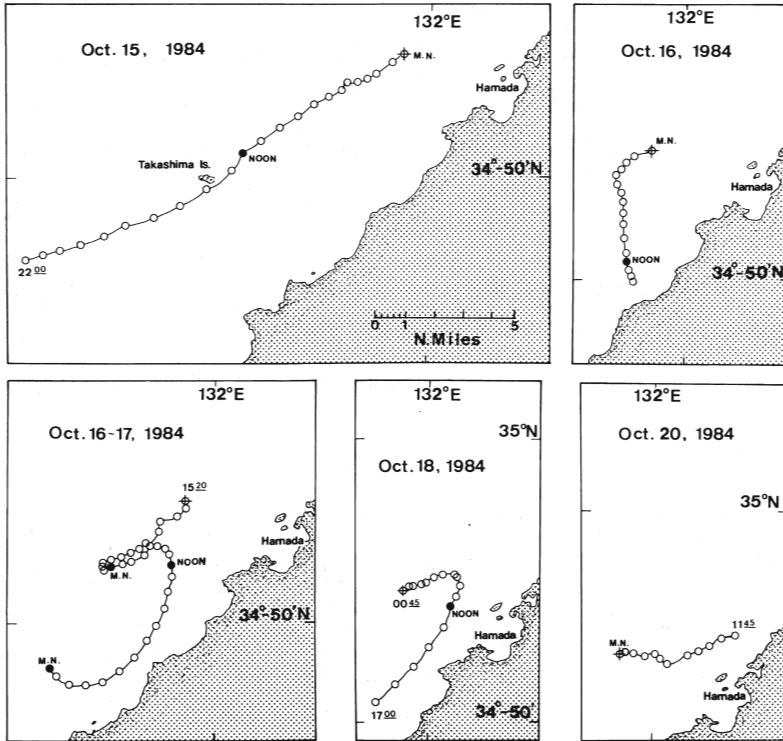


図4 1984年10月15～20日間の5回の測定時における海流板の流跡図

丸印は1時間毎の海流板の位置を、黒丸印は特に真夜または正午の海流板の位置を示す。

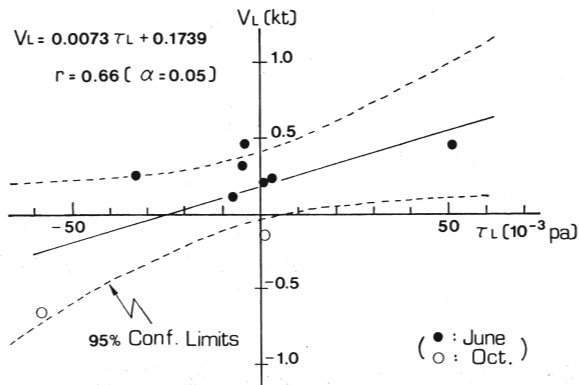


図5 風の応力の24時間平均値の陸岸に平行な成分 $\tau_L$ と24時間平均流速の陸岸に平行な成分 $V_L$ との相関

ただし、海流板追跡をほぼ1昼夜実施できた測定日のデータのみを使用してある。

6.7m/s以上では風の影響を無視できなくなるが、測定中の風の条件はこの値を越えていない(表2)ので、図5の対応関係を海流板の風による偏流の結果と解釈するのは正しくない。そこで、モデル(図2)から予想されるように、陸岸に沿った風の卓越によってエクマン輸送が発達するか否かを次に検討した。

今、この海域に平均3~4 m/s程度の北東風または南西風 ( $\tau_L \sim 10^{-2} \text{kg/m/s}^2$ ) が吹いたと仮定する(図2)。岸または沖へ向うエクマン輸送は、よく知られているように、

$$M = \frac{\tau}{f} \dots \dots \textcircled{1}$$

で与えられる(EKMAN, 1905)。ただし、 $\tau$ は風の応力、 $f$ はコリオリのパラメーターである。これより、岸または沖へ向う表層エクマン層  $D_E$  内の平均流速  $\bar{u}$  は、

$$\bar{u} = \frac{\alpha \tau}{f D_E} \dots \dots \textcircled{2}$$

として求められる(図2)。ここで $\alpha$ は海水の比容を表わす。海流板追跡が22時間以上行われた場合の資料について、日平均流速の陸岸に直角な成分(陸向きをプラス)を $\bar{u}$ の指標として風の応力の日平均値の陸岸に平行な成分と対比してみると、両者の間には有意な相関が認められる(図6)。つまり、北東向きの風が卓越すると表層で陸岸に向う流れが発達し、南西向きの風が卓越すると離

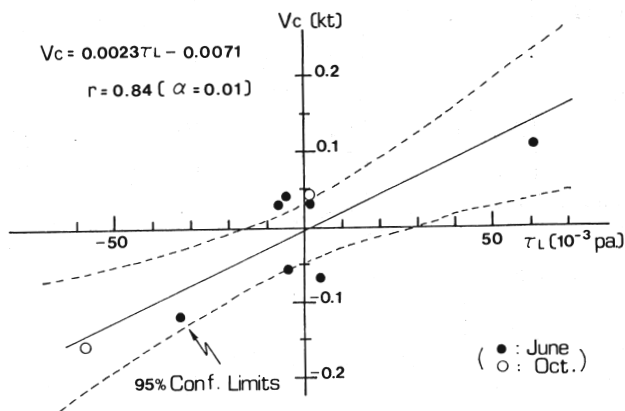


図6 風の応力の24時間平均値の陸岸に平行な成分  $\tau_L$  と24時間流速の陸岸に直角な成分  $V_C$  との相関

ただし、海流板追跡をほぼ1昼夜実施できた測定日のデータのみを使用してある。

岸流が発達するという関係が浜田沿岸海域では認められる。

この相関(図6)の内容をさらに詳しく検討するために、各測定期間毎に両者の相互相関を調べてみると、風の応力の陸岸に平行な成分の変動に1~4時間のタイム・ラグで風の変動に対応して陸岸に直角方向の流れの変化が起り始めていることがわかる(図7)。6月18日、6月21日、6月24日及び10月17日については有意な相関は認められないが、これらはいずれも平均風速1.5 m/s以下の風が非常に弱かった日に当たっている(表2)。ただし、6月22日、6月25日のような平均風速が1.5 m/s以下でも(表2)有意に相関がみられる場合がないわけではない。風の応力の大きさと応答時間——有意な相関が出現するまでのタイム・ラグ——との間にははっきりした関係は認められない(表2, 図7)。

ちなみに式②から $\bar{u}$ の大きさを見積ると

$$\bar{u} \sim \frac{10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}/\text{s}^2}{10^{-4}/\text{s} \times 10 \text{ m}} \sim 10^{-2} \text{ m}/\text{s}$$

となって、 $\bar{u}$ は数cmのオーダーである。実際に海流板で測定された日平均流速の陸岸に直角な成分

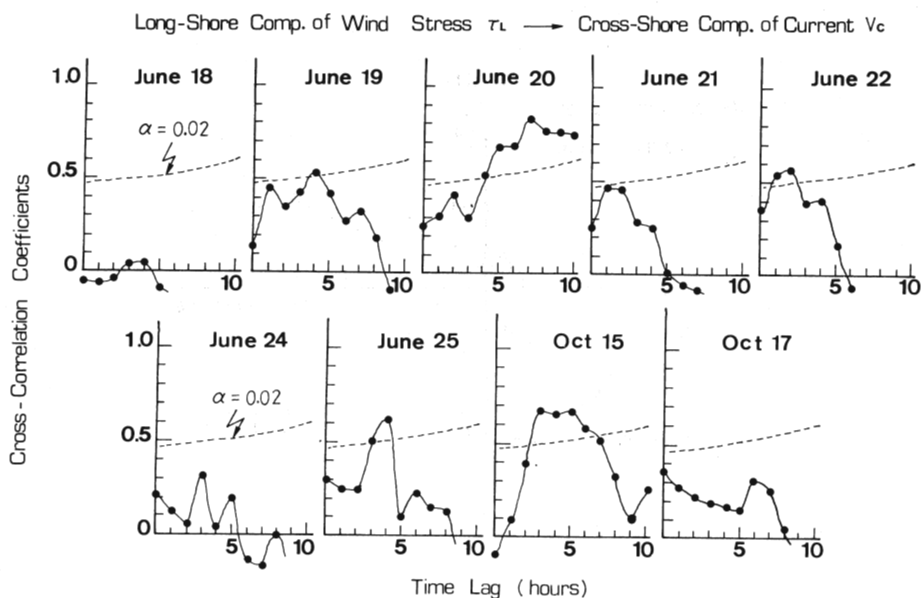


図7 海流板をほぼ1昼夜追跡することのできた9回の測定のそれぞれの測定期間における風の応力の陸岸に平行な成分と流れの陸岸に直角な成分との相互相関



の大きさは、平均で 4 cm/s 弱、最大でも 9 cm/s 弱である(表 1, 図 6)。表層流速の陸岸に直角な成分は、オーダーとしてもエクマン輸送による向(離)岸流によるものと一致している。

## (2) 浜田港における水位の変動

陸岸に平行な風の応力の発生に伴ってエクマン輸送が発達した(図 6・7)結果として陸岸での水位が変化することが予想される(図 2)。水位の変化量を $\zeta$ とすると、

$$\zeta = \frac{\alpha \tau T}{\sqrt{gH}} e^{x/R} \dots\dots \textcircled{3}$$

として与えられる(CSANADY, 1982)。ここで T は風の連吹時間, R はバロトロピックなロスビーの変形半径, x は陸岸からの距離で陸岸では x = 0 である。式③から

$$\zeta \sim \frac{10^{-3} \text{m}^3/\text{kg} \times 10^{-2} \text{kg}/\text{m}/\text{s}^2 \times 10^4 \text{s}}{(10 \text{m}/\text{s}^2 \times 10^2 \text{m})^{\frac{1}{2}}} \sim 10^{-2} \text{m}$$

となって、 $\zeta$  はたかだか数 cm のオーダーである。

実際に浜田港の検潮記録を検討した結果、6月19日の資料について陸岸に直角な流れの成分が発達してから2時間のタイム・ラグで水位に有意な相関のピークが認められた(危険率 2%)ものの、風の応力あるいはそれに伴うエクマン輸送と浜田港の水位との間には一般的な相関関係は見出せなかった。

## (3) 季節躍層以深の流れ

浜田沿岸海域では6月にはすでに季節躍層が発達しはじめ、8-9月に最も発達し、10月にもまだ消滅せず維持されている(小川他, 1982; 森脇・小川, 1985)。こうした海洋構造は表層部と季節躍層以深とで流れが異っている可能性を示唆するが、作業仮説(図 2)との関連では当面表層のエクマン輸送に対応して、下層で adjustment drift が起きているか否かが注目される。そこで、“島根丸”が超音波流速計によって計測した75m深(ただし10月は73m深)の流れを同時に同じ方法で測定した5m深(ただし10月は3m深)の流れと対比しながら検討した(図 8)。

6月19日を除くと、6月では5m深の流れと75m深の流れは陸岸に平行な成分ではよく対応している。また、やはり6月19日を除き、5m深で岸に向う流れの成分のある時には75m深では沖向き流れの成分が現われている。6月19日は表層で北東流の発達していた日(表 1, 図 3)で、このことは超音波流速計で測得された5m深の空間平均値にもよく反映されている(図 8)が、75m深での流速はごく小さく、6月の他の4日とは異った流況を呈していたことがわかる。全体としての観測日数が少ないのでこうした流況がどの程度の頻度で発生しているのか判断できないが、19日は調査期間内では“特異な日”となっている。この“特異日”を除く6月の5m深と75m深との流れ

の陸岸に平行な成分の相互の関係は、相関係数0.96で有意(危険率1%)である。

10月には3日しか測定が行われていないために傾向的なことはわからないが、流れの陸岸に平行な成分では表層で6月に比べて北東流が非常に小さいか南西流を示すのに、73m深では北東流が発達している点特徴的である。また、流れの陸岸に直角な成分についてみると、3m深73m深とも岸向きの流れとなっている点でも6月とは異っている。観測のなされた3日も10月には表層と躍層以深とで流れは大きく異っており、10月については季節躍層の存在は無視できないことを示唆している。

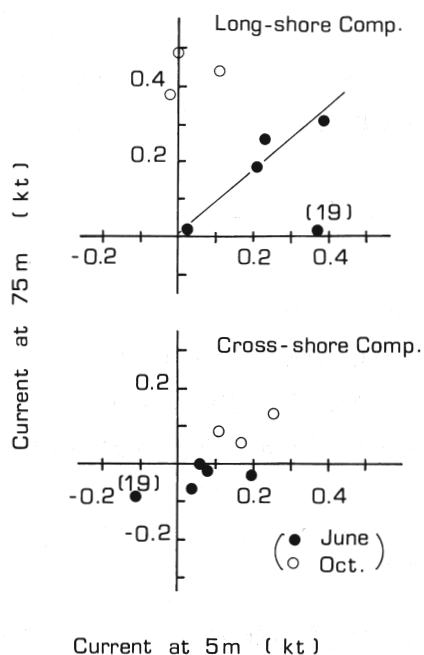


図8 ドブラー流速計で測定した  
5m深流速と75m深流速との  
関係

上段は陸岸に平行な成分について、下段は陸岸に直角な成分についてそれぞれ対比した結果を示す。

#### (4) 論 議

浜田沿岸海域ではほぼ南西から北東に走る単調な海岸線に平行な風の応力の変化に対応した表層の流れの変化が存在する(図5)。平均風速1.5m/s以下の風の弱い日には不明確になる場合もあ

るが、陸岸に平行な風の応力に対応して風の吹き出しから1～4時間後にエクマン輸送が発達しはじめる(図7)。しかし、エクマン輸送の発達に伴って陸岸での水位が変化しているかどうかについては、浜田港の検潮記録からは明確にできなかった。この海域に比較的近い島根県大社沿岸水域での測流データを解析した柳・磯田・児玉(1984)は、流速変動と水位変動の間には直接的な関連はうかがえない、としている。浜田港に近い浜田市外の浦における検潮記録を調べた山崎・伊藤(1982)は、潮汐を除いた海面変化はほとんど気圧の変化によるものであると指摘している。この見解はISOZAKI(1969)のそれとは異なるが、現在の浜田港内の検潮所は従来外の浦に置かれていたのが移設されたものであって、従来より湾奥部の港内に設置されており、数cmのオーダーの水位変化を検出するのは一層むずかしくなっていると思われる。

一方、山陰地方の高潮について調べた谷岡(1971)は、気圧効果による潮位変化が風による吹き寄せ効果と相殺されている可能性を示唆しながらも、海上風が南西の風の時に潮位は上昇し、海上風が北東の風の時低下する傾向を認めている。さらに谷岡(1973)は、韓国蔚山と浜田市外の浦との潮位差と対馬海流の流速変化について、1971年9月22～26日に日本海を通過した低気圧に伴う南西風の連吹は対馬海流を助長させる方向に働き、両地点で10cmの潮位差、流速で5cm/s増加させていたと見積っている。表層流の陸岸に直角な成分と浜田港の水位変動との間に唯一相関の認められた6月19日 — “特異日” — は、1984年に22時間以上海流板を追跡することのできた9回の測定中で最も風の強かった日である(表2)点は一応注目されるが、いずれにしても流れの変動と水位変動との関係については、さらに精密な観測に基づいて検討を加える必要がある。

この“特異日”——6月19日——を除くと6月では表層で岸に向う流れの成分のある時は、中層以深では冲向きの流れの成分が現われている(図8)。この中層以深での冲向きの流れの成分が、表層でのエクマン輸送に対応した adjustment drift を反映したものであるかどうか、この資料だけからはにわかに判断できないが、注目してよい現象と言えよう。このように季節躍層が十分発達していない6月については、風の変化に伴う流れの変動機構について、基本的には単純な1層モデル(図2)で近似できる可能性がある。反面、季節躍層の存在を無視できない10月については単純な1層モデルでは十分な説明はできない。10月の表層の流れの変動も風の応力の変動に対応して生起していることは確か(図5・7)で、作業仮説としての2層モデルを考えることはできる。しかし、10月については測定数が少ない上に躍層以深での同質の測定資料を欠いているので、現状では具体的に検討することができない。

7日間の連続測定が可能であった6月について、“黒潮丸”で夜間行なった“シロイカ”釣獲試験結果に基き、“シロイカ”の1人1時間当り釣獲尾数をCPUEとして、これを流れの陸岸に平行な成分と対比してみると、1983年6月の結果(小川・森脇, 1985)と同様、両者の間には負の相関が認められる(図9)。底層付近を遊泳していると考えられる“シロイカ”の漁況が表層の流れの変動と対応して生起しているのは一見奇異にみえる。あるいは6月には“特異日”を除き、表層の流れと躍層以深の流れとが大きく違わない(図8) —  $r = 0.96 (\alpha = 0.01)$  — ことから説明できるか

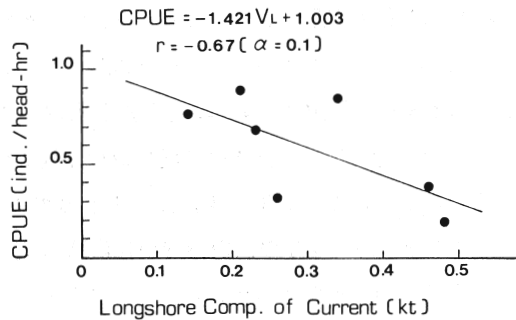


図9 1984年6月の調査時における24時間平均流速の陸岸に平行な成分と“シロイカ”のCPUEとの相関

CPUEは調査船“黒潮丸”の釣獲試験結果から算出。

も知れない。しかし、“北東流の流速が低下した時になぜ漁況が好くなるのか”についてはもっと合理的な説明が必要である。この点については今後流れの変動に対応してどのように海洋構造が変化しているかという問題と併せて検討したい。

## 謝 辞

御指導と御校閲の労を賜った京都大学教授川合英夫博士、有益な助言を添えて貴重な文献を御恵与下さった愛媛大学助教授柳哲雄博士、共同研究に深い理解を示され調査船の配船に特段の御配慮をいただいた島根県・山口県外海両水産試験場長はじめ担当科長各位、しばしば荒天に悩まされながらも海上調査に努力していただいた“島根丸”と“黒潮丸”の各調査船乗組員各位ならびに貴重な観測資料を提供していただいた浜田測候所に深謝する。

本調査の一部は水産庁の特定研究開発促進事業の“地域性重要水産資源管理技術開発総合研究(日本海西部海域に生息するケンサキイカ・ブドウイカに関する共同研究)”費によった。お世話になった同庁研究課担当官各位にも厚くお礼申し上げます。

なお、本稿の初稿の段階で鳥取水産試験場境分場の川口哲夫氏が急逝されたとの悲報に接した。われわれのよき先輩であると同時に長年の同志でもあった同氏の御霊前にこの小文を捧げ御冥福を祈ることを許されたいと願う。

## 文 献

- CSNADY, G. T. (1982). Circulation in the Coastal Ocean. 279 pp. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- EKMAN, V. W. (1905). On the influence of the earth rotation on ocean currents. Ark. f. Math., Astron. och Fysik. 2(11), 1—53.
- ISOZAKI, I. (1969). An investigation on the variations of sea level due to meteorological distributions on the coast of Japanese Island (Ⅲ). On the variation of daily mean sea level. Jour. Oceanogr. Soc. Jap., 25, 91—102.
- KUTSUWADA, K. (1982). New computation of the wind stress over the North Pacific Ocean. Jour. Oceanogr. Soc. Jap., 38, 159—171.
- 森脇晋平・小川嘉彦 (1985). 浜田沿岸水域における海洋構造の季節変化にともなう“シロイカ”漁場形成位置の地理的变化. 水産海洋研究会報, 47・48, 29—35.
- 小川嘉彦・森脇晋平 (1985). 浜田沿岸漁場における“シロイカ”漁況と流況の日々変化との関係を示す観測例. 水産海洋研究会報, 49, 7—15.
- 小川嘉彦・山本達雄・名角辰郎・森脇晋平 (1982). 日本海南西沿岸水域における“シロイカ”漁場の海況特性. 水産海洋研究会報, 41, 1—10.
- 谷岡克己 (1971). 山陰地方の高潮. 海と空, 46, 87—96.
- 谷岡克己 (1973). 日本海における海況と潮位について. 海と空, 49, 57—64.
- 山崎 繁・伊藤靖彦 (1982). 海洋調査. 昭和55—56年大社湾海域総合開発事業予備調査報告書 (島根水試編), 1—63.
- 柳 哲雄・磯田 豊・児玉理彦 (1984). 山陰海岸の長周期波. 京大防災研年報, 27, B—2, 1—10.