

西部瀬戸内海の海水交換

I. ブイ追跡結果からみた速吸瀬戸周辺海域の海水流動*

俵 悟**・中田英昭***・平野敏行****

Water exchange in the western part of the Seto Inland Sea

I. Current patterns as measured by tracking buoys in Hayasui-Seto and its approaches

Satoru TAWARA**, Hideaki NAKATA***, and Toshiyuki HIRANO****

Abstract

Lagrangian measurements of sea water movement using drifting buoys and various drift cards were carried out in Hayasui-Seto and its approaches from 1980 to 1983.

The results are summarized as follows: (1) The current pattern inferred from the tracks of drifting bouys and the recoveries of drift cards were similar in summer and winter. The inland surface water tends to move toward the outer sea and the lower layer water toward the inland sea, opposite to the surface water. (2) In summer, it is evident that the density current, which develops due to the density difference between inland and outer waters, plays a major role in water circulation. On the other hand, the wind-driven current may be responsible for the above current pattern in winter.

1. はじめに

瀬戸内海の海面漁業を支える重要資源、とりわけ浮魚資源の大部分は豊後水道、紀伊水道を通じて隣接外海から内海に入り込む内外海交流種である。それらの多くは卵稚仔魚の段階で内海に運びこまれており(南西水研, 1975), その輸送過程の詳細を知ることは、瀬戸内海における有用水産資源の再生産機構を理解する上で、もっとも重要な情報の一つとなっている。すなわち、瀬戸内海の漁業生産を考える場合、水産資源生物の生息の場としての海洋構造とともに、卵稚仔魚の輸送に重要な役割を果たす海水流動の特性を明らかにすることが必要である。

瀬戸内海の流動については、これまで海上保安庁水路

* 1987年3月28日受理

** 水産大学校 Shimonoseki University of Fisheries, Yoshimi, Shimonoseki, 759-65 Japan

*** 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo, Nakano-ku, Tokyo, 164 Japan

**** 東海大学 Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu, Shizuoka, 424 Japan

部その他の機関によって、オイラー型の定置測流が主に実施され、これらの資料をもとに、潮流、恒流について整理されてきた(柳・樋口, 1979; 俵, 1986)。しかしながら、オイラー型の測流結果は海水の移動経路を示す訳ではなく、卵稚仔魚の輸送の実態を把握するためには不十分であり、漂流ハガキ、ブイ追跡等による、いわゆるラグランジュ型の流動調査が不可欠と考えられる。瀬戸内海においては、漂流ハガキ(ビン)による流動調査は古くから行われているが、全域にわたる組織的な漂流ハガキの放流調査は中田・平野(1978)によって初めて実施され、オイラー型の潮流観測では得られなかった瀬戸水域における物質の拡散・集積に関する海域的特性などが具体的に推定されている。また、ブイ追跡については、これまで調査資料そのものが非常に少ないが、最近、藤原ら(1985)は播磨灘において数日にわたるブイ群の追跡を行い、今までの等方的な拡散係数を用いた物質輸送では表し得ない物質分散機構の一端を明らかにした。

そこで本研究では、このようなブイ追跡、漂流ハガキ放流等のラグランジュ型の測流によって、西部瀬戸内海速吸瀬戸および周辺海域の海水流動状況を調査し、卵稚

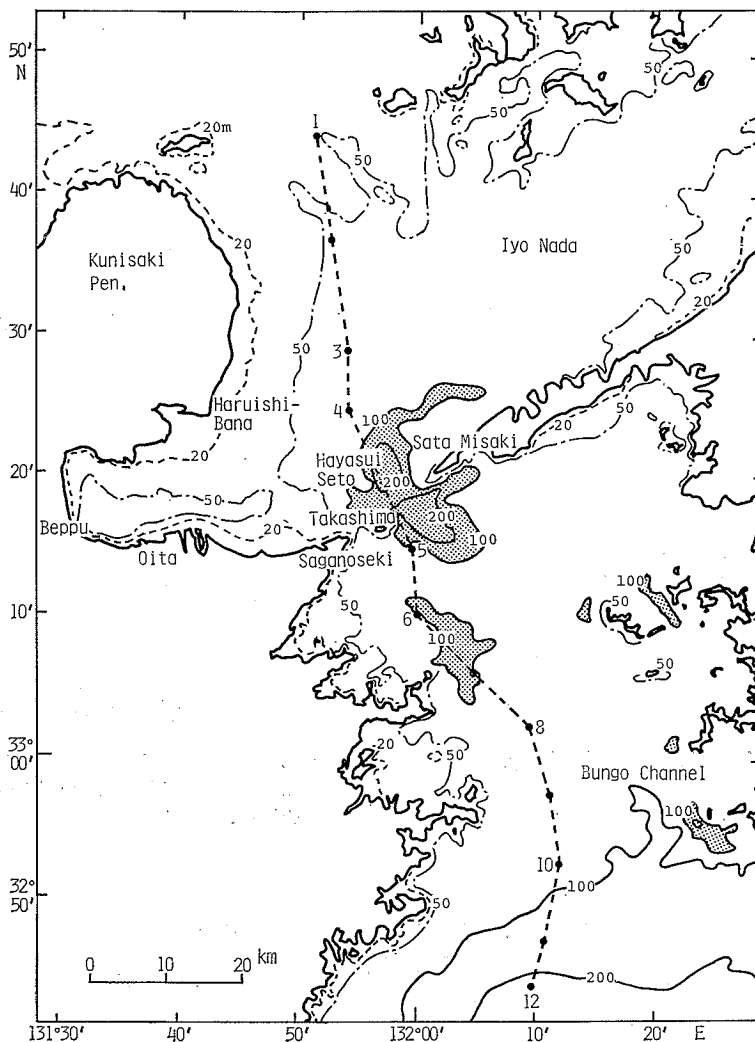


Fig. 1. Bathymetric chart of Hayasui Seto and its approaches (depth in meter).
Dashed line indicates location of vertical section shown in Fig. 10.

仔魚の輸送に重要なかわりを持つと考えられる速吸瀬戸を通じての海水流動・交換の構造とその季節特性について若干の考察を行った。

本研究の対象海域の海底地形は Fig. 1 に示すように、海峡の幅約 13 km であり、5 ノット以上の強い潮流によって海峡特有の海釜が形成されている。

2. 資料と方法

本研究で用いたブイの構成を Fig. 2 に示す。海表面の浮子に横 1.5 m 縦 2.0 m の抵抗布を吊り下げ、これにレーダー・トランスポンダーを取り付けたブイが連結されている。ブイ追跡時には30分ごとにデッキによって

測定した追跡船の位置を基準にして、各ブイの方位と距離を定め、時々刻々のブイ群の流跡を求めた。速吸瀬戸周辺におけるブイの投入は原則として、内海側へ流入する北流開始時もしくは初期に行い、一昼夜(約 25 時間)にわたって追跡した。本研究で実施したブイ追跡調査の概要を Table 1 に示した。また Fig. 3 にはブイとあわせて放流した表層漂流ハガキ、10 m 層ドリフター、底層クラゲの漂流の様子を模式的に示した。漂流ハガキはプラスチック製の容器に封入されており従来のビニール製のものや海流ビンに比べて丈夫で、回収率も比較的高い(中田・平野, 1978)。10 m 層ドリフターや底層クラゲの場合には、漁業者の操業中に発見されることが多く、

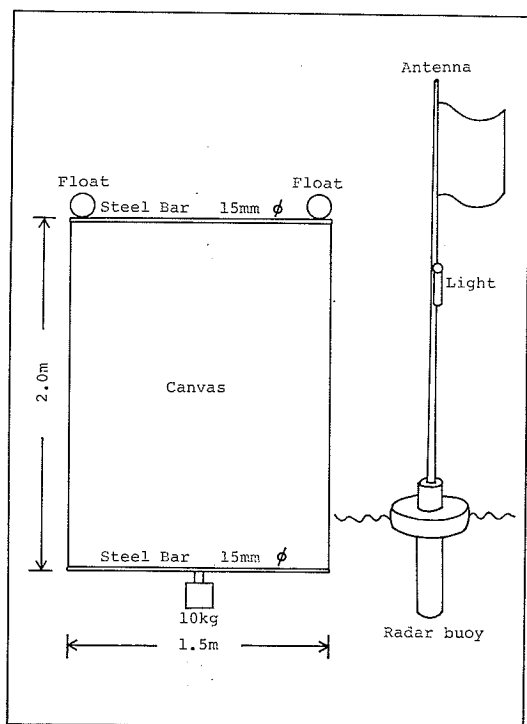


Fig. 2. Dimensions of radar buoy.

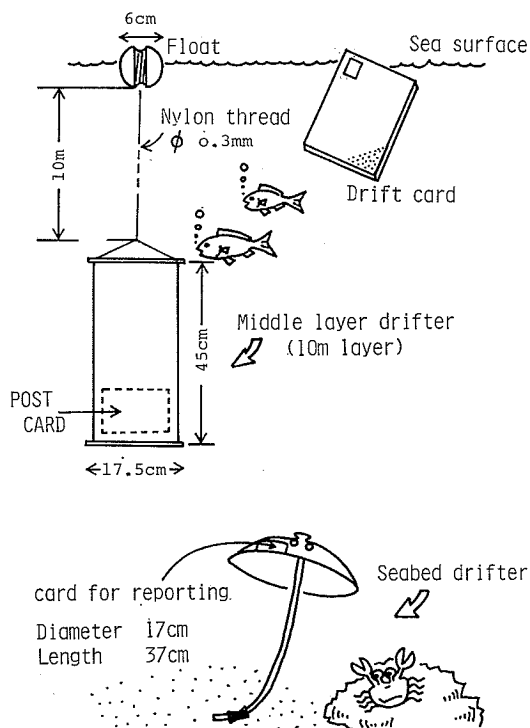


Fig. 3. Schematic representation of surface drift card, middle layer drifter and seabed drifter.

Table 1. List of radar buoys tracking

No	Released time	Moon's age	Duration	Released position	Pick up position	Current	Daily mean
	hr	d	hr	lat (N)	long (E)	(25h-mean) (°) (cm/s)	wind (°) (m/s)
1	'80, Aug. 27, 17.6	16.3	25.0	33° 18.84'	131° 59.33'	98 22.1	345 1.2
2	" 29, 18.4	18.3	25.0	33 18.50	131 57.88	346 14.1	105 4.5
3	'82, June 4, 16.1	11.9	24.8	33 19.58	131 53.59	113 20.0	84 2.8
4	" 4, 15.8	11.9	24.2	33 20.66	131 56.03	58 2.3	84 2.8
5	'83, June 21, 16.5	9.9	24.5	33 22.38	131 54.76	136 20.0	353 4.8
1	'81, Jan. 21, 17.1	14.8	24.5	33° 18.53'	131° 58.13'	18 17.5	344 12.1
2	" 23, 07.0	16.8	24.5	33 17.77	131 56.20	14 8.1	125 4.0
3	'82, Jan. 26, 04.8	0.9	25.0	33 17.48	131 56.17	158 12.1	8 5.3
4	" 26, 05.5	0.9	25.0	33 18.78	131 57.92	152 8.2	8 5.3
5	'82, Jan. 28, 10.5	2.9	24.0	33 19.54	131 51.91	100 16.5	317 15.9
6	" 28, 11.0	2.9	23.0	33 23.37	131 52.89	130 28.5	317 15.9
7	'83, Jan. 25, 01.5	01.9	25.0	33 20.00	131 59.97	159 8.6	335 3.75
8	" 25, 02.0	10.9	25.0	33 19.77	131 57.33	147 11.8	335 3.75
9	" 25, 02.5	10.9	25.0	33 17.28	131 53.00	62 5.3	335 3.75

ブイ追跡結果からみた速吸瀬戸周辺海域の海水流動

Table 2. List of releases and recoveries of drift cards in the Hayasui Seto.

Released station		Date	Number	Recoverd number	Rate of recovery %
Stn. 1	S	Every tide	600	98	16.3
	D	" "	400	40	10.0
	B	" "	400	18	4.5
Stn. 2	S	N start	200	31	15.5
Stn. 2	S	Every tide	400	74	18.5
	D	" "	300	16	5.3
Stn. 2	B	" "	400	8	2.0

Every tide: maximum of northward and southward current, slack north to south and south to north at Hayasui-Seto.

S: Surface drift card. D: 10 m layer drifter. B: Seabed drifter.

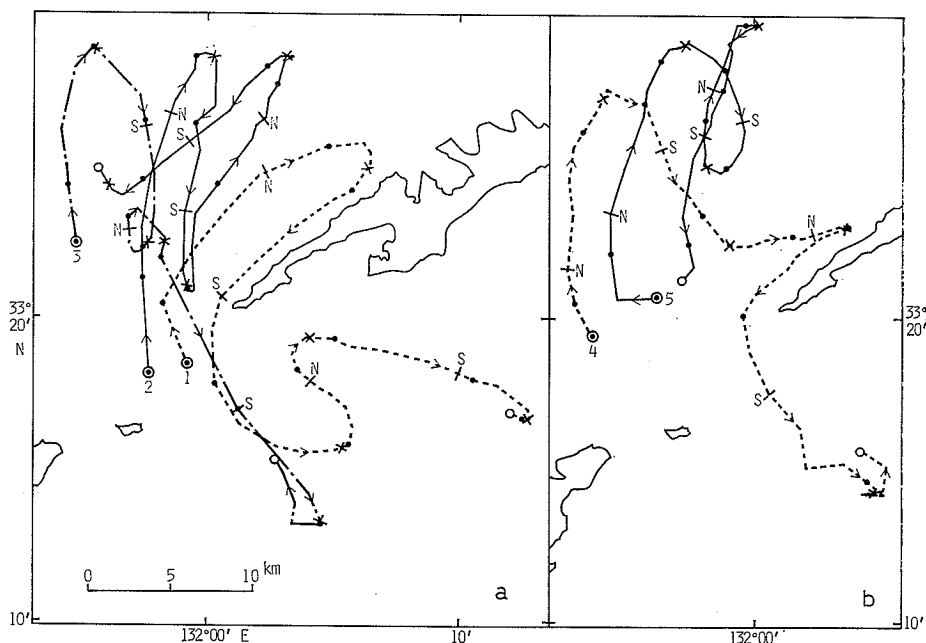


Fig. 4. Loci of radar buoy in Hayasui Seto (in summer). Time marks on loci indicate three hours.

N, S: Radar buoy location at the time of maximum northward and southward current in the Hayasui Seto.

X: Radar buoy location at the time of slack.

a) -----: released on 27 August, 1980.

————: released on 29 August, 1980.

-----: released on 21 June, 1983.

b) released on 4 June, 1982.

回収報告の数は少ないが、そのほとんどは漂流中に回収されるため、移動速度等を知る上で有力な情報を与えるものと考えられる。ハガキ等の投入、回収状況を Table 2 に示した。

3. 結果

1980年から1983年までの間、夏季、冬季各3回(計14例)ブイ追跡による流動調査を実施した(Table 1)。ここでは約25時間追跡できたブイの流跡から、夏季、冬季

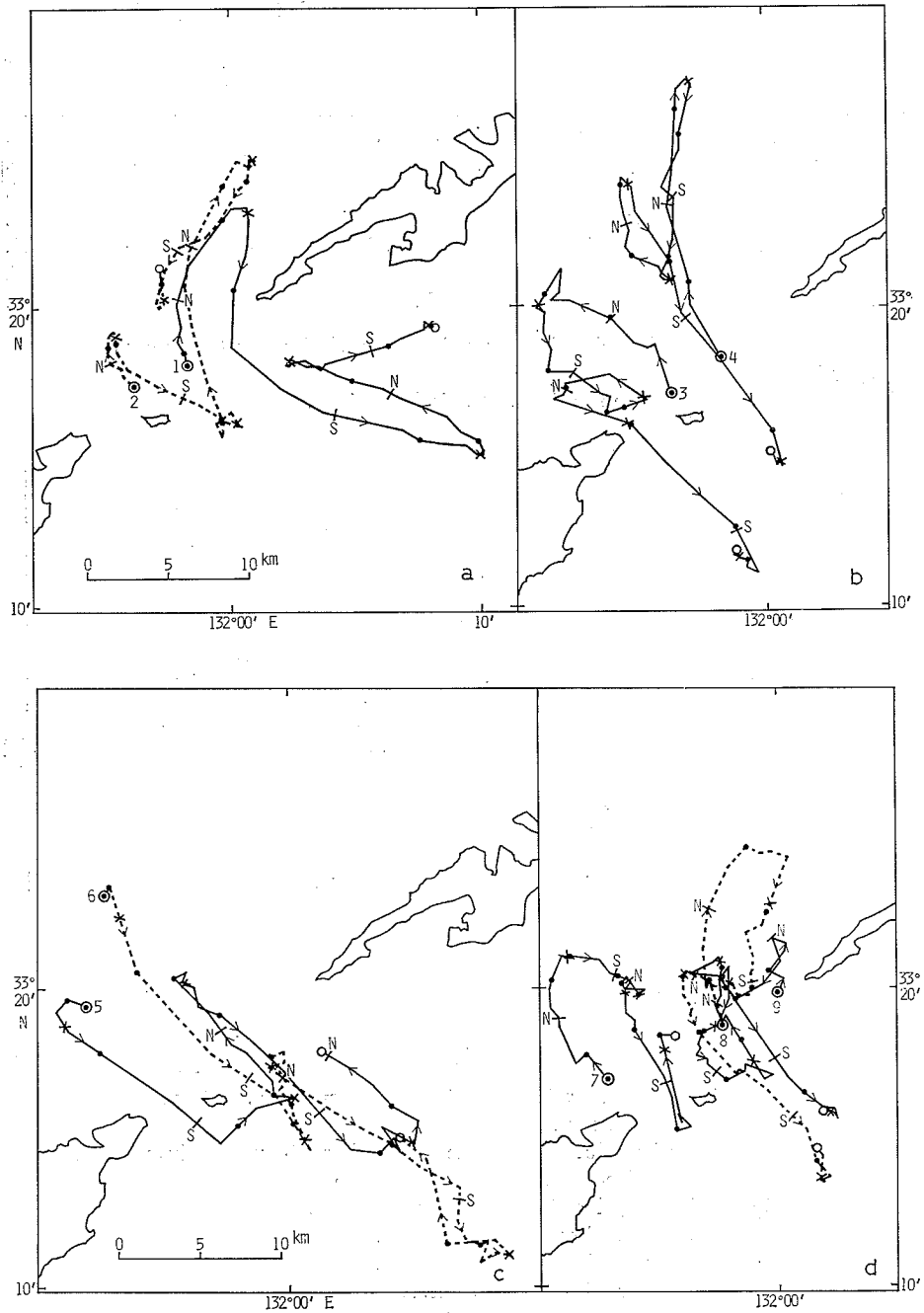


Fig. 5. Loci of radar buoy in Hayasui Seto (in winter). Legends are same as in Fig. 4.

- a) —: released on 21 January, 1981.
- : released on 23 January, 1981.
- b) released on 26 January, 1982.
- c) released on 28 January, 1982.
- d) released on 25 January, 1983.

それぞれの流動状況について述べる。

(1) 夏季の流動

1980年8月27日、速吸瀬戸の北流開始時に佐田岬と高島のほぼ中間点にブイを投入し、追跡を開始した。ブイは Fig. 4-a (ブイ1) に示すように、投入後北北西へ1.2 m/s で流れ、その後北東へ向かい、転流後佐田岬沿いに南下し、海峡部を南流最強時に通過し、再び海峡部に達することなく東南東へ流出した。

8月29日北流開始時に投入したブイは北流に乗って北上し、次の南流で南下したが、海峡部には達せず、次の南流時には、南西方向に流れて、伊予灘へ流入した (Fig. 4-a, ブイ2)。

1982年6月4日北流初期に、ブイを2個投入した。投入後南流への転流時までは、ほぼ同じような方向で流れたが次の潮時で2個のブイの流況は著しく異なり、ブイ4は佐田岬付近に達して、南流最強時に海峡部を通過して豊後水道へ流出した。それに対し、ブイ5は時計まわりのループを画きほぼ投入地点付近に達した。(Fig. 4-b, ブイ4, 5)。

1983年6月21日北流開始時に投入したブイは一潮汐で北、南へ往復したものの、次の北流の間時計まわりの小さなループを画き、南流時にはほぼ南南東へ向かい、最強時に海峡部を通過して、豊後水道へ流出した (Fig. 4-a, ブイ3)。

(2) 冬季の流動

1981年1月21日に投入したブイの流跡は Fig. 5-a に示すように、夏季のほぼ同一地点に投入したブイの流跡 (Fig. 4-a, ブイ1) と同じパターンを示した。また、1月23日に投入したブイの流跡も夏季のブイ (Fig. 4-a, ブイ2) の流跡と類似している。また、1982年1月26日に投入したブイの流跡によれば、投入後の一潮汐はブイ3は反時計まわりでほぼ投入地点付近にもどり、ブイ4は往復して投入点より約5 km の北側に達した。次の北流時にはいずれのブイもループを画き行程は小さく、南流の初期または最強時に海峡部を通過し、豊後水道へ流出した (Fig. 5-b, ブイ3, 4)。

一方、1982年1月28日北流末期に投入したブイ5, 6は、当時の北西風、平均風速16 m/s によって風下へ流されているように見える。北流時にブイは北西方へ流れるがその行程は南東へのそれと比べて小さい (Fig. 5-c, ブイ5, 6)。さらに、1983年1月25日に投入した3個のブイの流跡は図5-dに示すように、南北流の行程はいずれも小さいがブイ7を除いて、ブイ8と9とも豊後水道へ流出した (Fig. 5-d, ブイ7, 8, 9)。

(3) ハガキ等の漂流状況

ブイ追跡と並行して、1980年8月に放流した表層漂流ハガキの漂着状況を Fig. 6 に示した。瀬戸中央部 Stn. 1 から放流したハガキは、いずれも豊後水道へ流出して回収されているが、放流後数日間は九州沿岸に漂着するものが多く (○印で表示)、その後は四国愛媛県沿岸にも漂着がみられる (●印で表示)。これと同時期に、瀬戸西部 Stn. 2 から放流したハガキの漂着状況は、大局的には Stn. 1 の場合とほぼ同様の傾向を示しているが、ハガキの一部は国東半島まで漂着がみられた (Fig. 7-a)。

Stn. 2 で冬季 (1981年1月) に放流したハガキの漂着状況も Fig. 7-b に示すように、夏季の漂着パターン (Fig. 7-a) とほぼ同様の傾向を示しているが、佐田岬半島周辺など四国沿岸に漂流したものの割合は夏季に比べて大きい。

一方、10 m 層ドリフターの漂流状況は Fig. 8 に示すように、8月、1月とも表層漂流ハガキと同様、豊後水道への流出傾向が強い。しかし、その流出方向は時期に

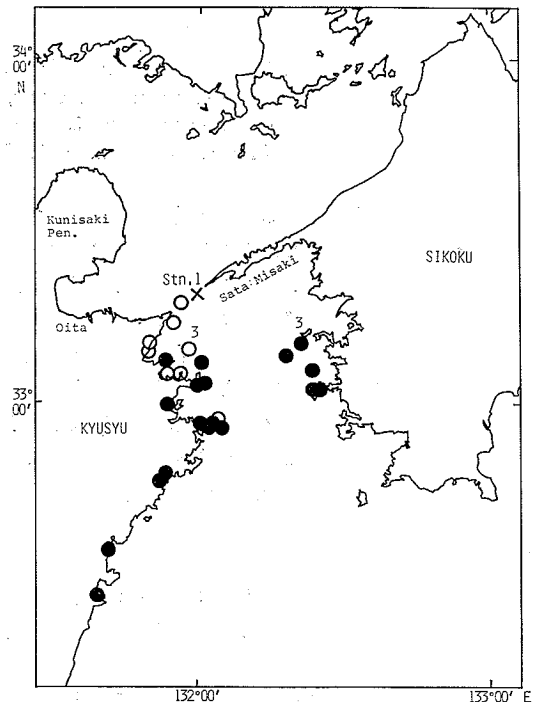


Fig. 6. Recoveries of surface drift cards released on 27-29 August, 1980 at Stn. 1. Numerals denote number of recoveries.
○: recoveries within 5 days of release.
●: recoveries after more than 5 days of release.

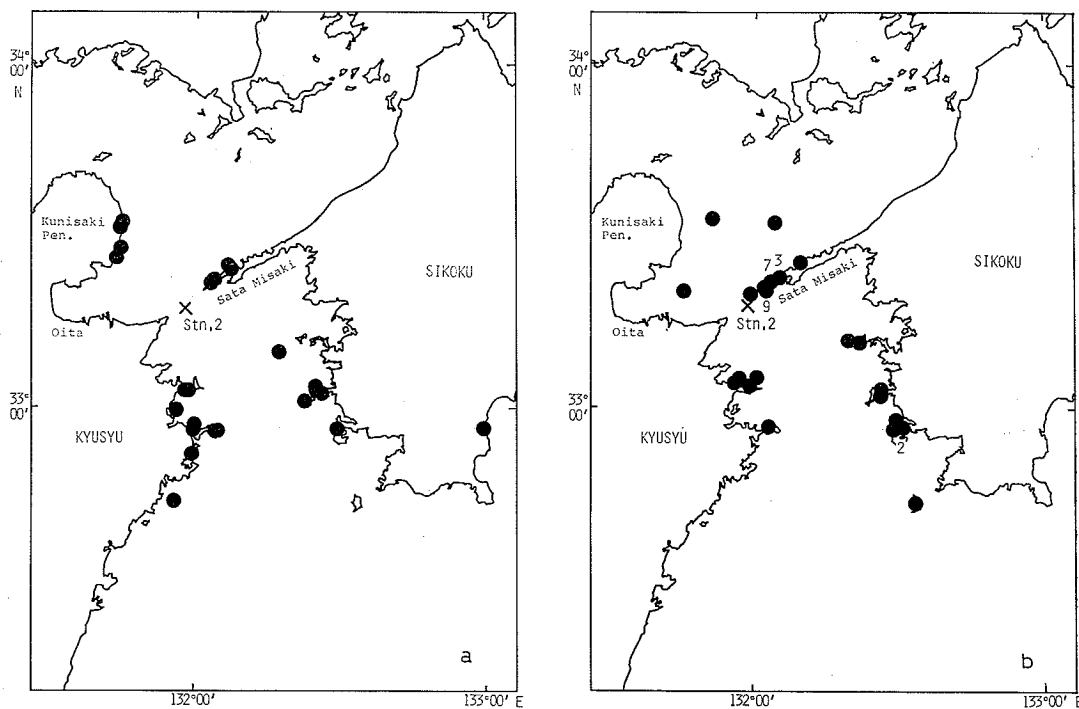


Fig. 7. Recoveries of surface drift cards released at Hayasui Seto.

- a) released on 29 August, 1980 at Stn. 2.
 - b) released on 21-23 January, 1981 at Stn. 2.
- Numerals are same as in Fig. 6.

よって異なり、8月に放流したもの（○で表示）がすべて豊後水道の西岸に漂流したのに対し、1月のもの（●で表示）はむしろ東岸の四国側に漂流するものが多い。さらに、底層クラゲの漂着状況については、Fig. 9に示すように、夏冬のいずれの場合も表層・10m層とは逆に内海側に流入する傾向が強い。また、1981年8月と1982年2月とでは放流した底層クラゲの漂流方向に大きな違いが認められ、8月の例では伊予灘へ、2月の例では周防灘へ向かって漂流する傾向が認められた。

4. 考 察

以上に示したように、海峡部においてブイを約25時間追跡できたのは、夏、冬季合わせて14例あるが、投入地点より南の豊後水道へ流出したものがそのうち10例あった。個々のブイの流跡をみると、速吸瀬戸の北流、南流どちらの最強時に、海峡部を通過するかによって漂流の方向が規定されているようにみえるが、全体的な傾向としては豊後水道へ流出している (Table 1, Figs. 4, 5)。また、表層漂流ハガキ・10m層ドリフターについて

は、夏、冬季とも豊後水道へ流出し、底層クラゲは逆に伊予灘へ流入する傾向が認められた。

従来、速吸瀬戸付近の外洋水の進入経路については、水温・塩分の分布から間接的に推定されているだけで、流れの様子については明確でない (宇田・渡辺, 1933)。柳・樋口 (1979) は瀬戸内海全域について海上保安庁その他の機関の潮流観測資料 (約2,500個) を収集し、それにもとづいて豊後水道の中央部から南部にかけて南下流が存在することを示している。また、村上ら (1978) は水温、塩分分布の数値シミュレーションを行い、内海西部 (豊後水道～伊予灘西部) と内海東部 (紀伊水道) では密度が内海内部で高いか低いかに対応する形で、夏季には上層で内海水が外洋へ流出し、冬季には、逆に上層で外洋水が内海へと流れ込むことを指摘した。俵 (1986) はさらに、潮流観測資料 (約6,405個) の解析を季節別に行うと共に、表面の密度分布の季節変化について解析を行い、豊後水道では、夏季には密度分布に対応して、表層水は内海から外海へ、底層水は逆に内海へ向かうことを示したが、冬季には、潮流観測資料が少ないこと、密

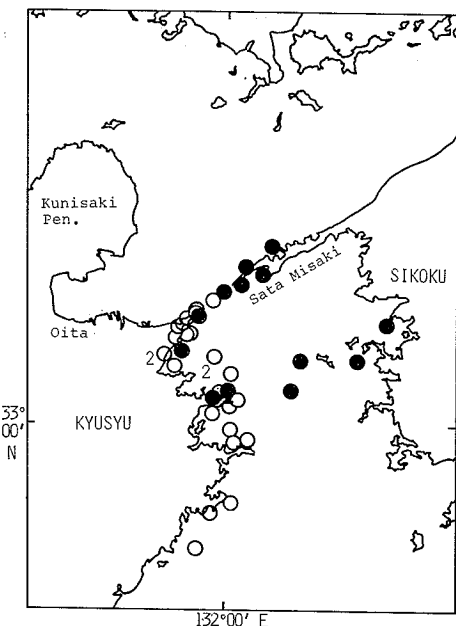


Fig. 8. Recoveries of 10m layer drifters released at Hayasui Seto. Numerals are same as in Fig. 6.

○: released on 27-29 August, 1980.
●: released on 21-23 January, 1981.

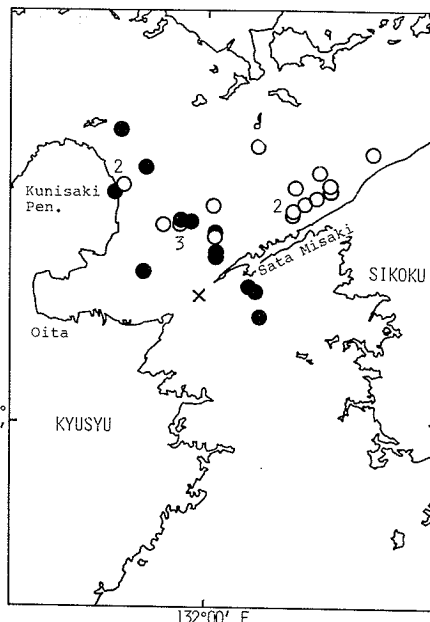


Fig. 9. Recoveries of seabed drifters released at Hayasui Seto. Numerals are same as in Fig. 6.

○: released on 27-29 August, 1980.
●: released on 19 February, 1981.

度分布はほぼ一樣なことから、恒流の存在はほとんど見だされていない。

本研究の結果にもとづいて、まず夏季の流動状況について考察してみる。Fig. 10-a は伊予灘から豊後水道への縦断面における8月の密度(1980年から1983年の4年間の平均)分布を示した。海峡部の北部海域では、表層に低密度水が、底層には高密度水が分布している。一方、南部海域では、表層に低密度水、底層には外洋からの高密度水が分布している。海峡部には観測点がないが、おそらく潮汐流によって、上層と底層は混合しているのではないかと考えられる。伊予灘からの表層水は海峡部へ向かって流れ、底層水は逆に伊予灘へ向かうような密度流の存在が示唆される。また、豊後水道からの表層水は海峡部へ向かい、また底層水も海峡部へ、中層は逆に豊後水道へ向かう3層流の存在が示唆される(藤原, 1985)。

ブイ追跡結果および表層漂流ハガキ、10m層ドリフターの漂着状況によれば、それらの大部分は豊後水道へ流出する傾向を示した。しかも、表層漂流ハガキ、10m層ドリフターのいずれも豊後水道の西岸寄りに漂流する傾向が強いこと、底層クラゲは伊予灘へ流入することから、これらは、藤原(1985)が豊後水道で観測した結果

と同様に、コリオリの効果を反映した密度流の動きを表しているものと考えられる。

一方、冬季の流動については、Fig. 10-b に示すように密度分布からは説明できないが、ブイ追跡結果、表層漂流ハガキ、10m層ドリフターの漂着状況から、表層水は夏季と同様に豊後水道へ流出する傾向を示している。これには、Fig. 5-c に示したブイ5, 6の動きから示唆されるような冬季の風の効果が何らかの寄与をしていることが想定される。

そこで、1981年から1983年の冬季に実施したブイ追跡中の風の日平均ベクトルと、ブイの25時間平均流との関係について、次式を用いた回帰分析を試みた。

$$\begin{aligned} U &= a_1 U_w + b_1 V_w + c_1 \\ V &= a_2 U_w + b_2 V_w + c_2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 U , V はブイの東向、北向成分の25時間平均(cm/s)、 U_w , V_w は佐田岬における風の東向、北向成分の日平均(m/s)である。

回帰分析の結果を式(2)に示す。

$$\begin{aligned} U &= 0.587 U_w - 0.882 V_w + 2.0 \quad \begin{matrix} MR & FD \\ 0.933^{**} & 2, 6 \end{matrix} \\ V &= -0.552 U_w + 0.187 V_w - 2.3 \quad \begin{matrix} 0.425 & 2, 6 \end{matrix} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2)$$

** : Significant at 1% level

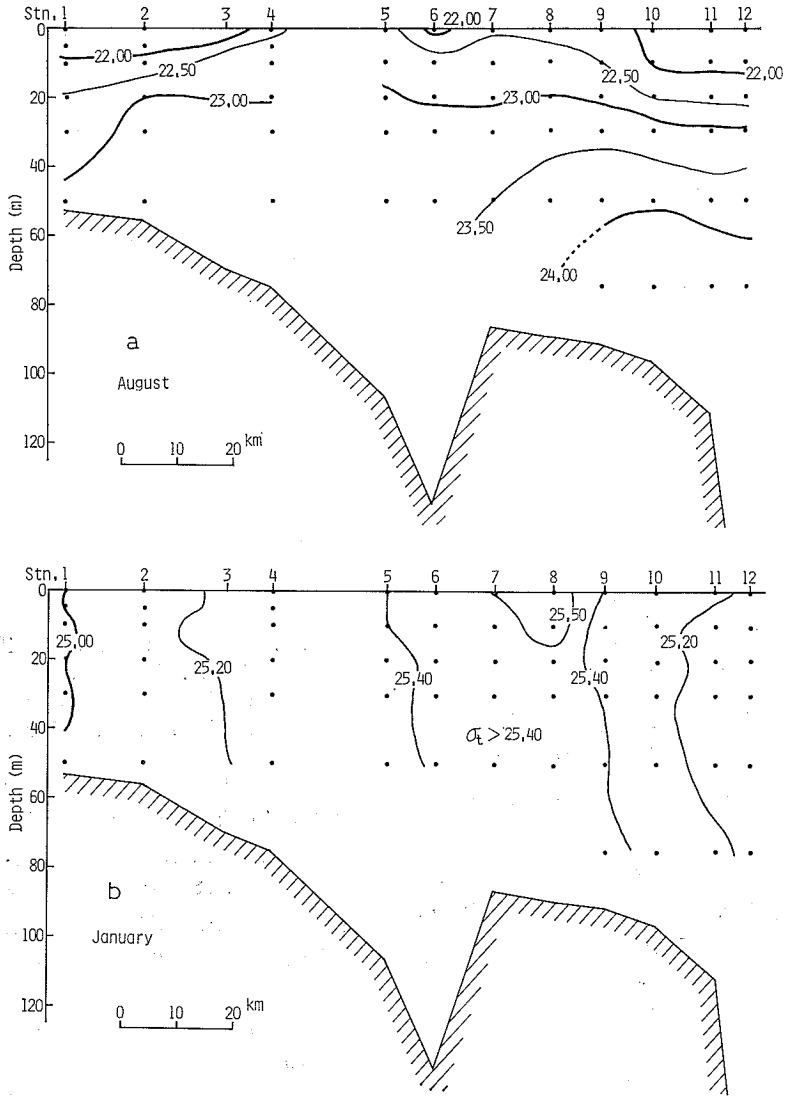


Fig. 10. Distribution of mean density (σ_t) in a vertical section from Iyo Sea to Bungo Channel. Location of the section is shown by dashed line in Fig. 1. (Data from Oita Fish. Exp. Stn. 1980-'83)
a) August b) January

ここで MR は重相関係数, FD は自由度を表す。データ数は少ないが, 吹送流として, プイの流れをある程度説明することができる。藤原・肥後 (1986) は瀬戸内海における 1 月の風による東向き通過流量を関門海峡では $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ (1972~1978 年の平均), 明石海峡では $4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ (1971年~1980 年の平均) と推算している。これによると, 速吸瀬戸を通しての内海への流入量は $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。一方, プイ追跡中の平均風は WNW

10 m/s であり, この風向, 風速を用いて, これによって生じる表面の吹送流 (v_0) を回帰式 (1) によって推算すると, $125^\circ, 0.14 \text{ m/s}$ となる。上部摩擦深度をシュレイキン (1968) の式 $D=473 \cdot v_0$ を用いて求め ($D=66\text{m}$), 表面から D までの平均流速 \bar{v} を

$$\bar{v} = \frac{1}{D} \int_0^D v_0 \exp(-\pi Z/D) dZ$$

で概算すると, $\bar{v}=0.04 \text{ m/s}$ が得られる。速吸瀬戸の海

峡幅 12.40 km 平均水深 92 m とすると、表面から上部摩擦深度 D までの流量は $33,000 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、これが吹送流に伴って内海から豊後水道へ流出していることになる。この流量とさきの $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量とを加えた $36,000 \text{ m}^3/\text{s}$ が海底から $92-D (=26 \text{ m})$ までの底層において、内海側へ流入していると仮定すると、底層水の平均流は 0.11 m/s 程度と推算される。この値はさきに見積もった表面の吹送流とほぼ同じオーダーといえる。なお、底層クラゲの漂流状況から底層水の平均漂流速度を推算するとおおよそ 0.01 m/s となる。この値は、底層クラゲが海底直上を海底面からの摩擦を受けながら漂流しているとすれば妥当な値といえるかも知れない。

5. おわりに

速吸瀬戸の流動については、夏季、冬季とも表層から内海水が豊後水道へ流出し、底層から外洋水が伊予灘へ流入することが判明した。夏季は密度流、冬季は北西季節風による吹送流がそれぞれ流動を規定する重要な要因になっていると考えられる。

瀬戸内海における重要生物資源のほとんどは隣接外海からの入り込み種で構成されており、瀬戸内海はそれらの幼魚の生育水域として大きな役割を果たしているといわれている。この入り込み種には産卵入り込み型と幼期入り込み型があり、前者にはサワラ、マナガツオ、マルアジ、トラフグ、シリヤケイカ、コウイカ等、後者にはボラ、マアジ、ブリ、マアナゴ、マサバ等の魚種があげられる。幼期入り込み型の魚類の多くは、春から初夏にかけて隣接外海で産まれた後、卵または幼期の発育段階で豊後水道、紀伊水道から入り込み、生育しながら、内海内部に分布を広げ、親魚になると産卵のため外海へ出ていくといわれている（南西水研、1975）。

本研究で示した豊後水道における流動構造は、基本的には海域の表層を漂流する卵・稚魚の内海への輸送には効率的ではないように考えられる。千田(1964)によって示された瀬戸内海における魚卵・稚魚の月別の出現状況をもつても、産卵入り込み型に比べて幼期入り込み型の魚種の出現数は概して少なく、このような流動構造が何らかの関連を持つことが示唆される。また、幼期入り込み型の中でマアナゴの葉形仔魚は12月から6月にかけて数億の単位で入り込むといわれているが、その体長は85m以上といわれ、既に游泳力をもっている（高井、1959）。この種の稚、仔魚は潮流あるいは前述の密度流や北西風による表層流の補流としての底層流を利用しているのか

もしれない。

なお、速吸瀬戸の北西部に位置する別府湾湾口には、夏季、冬季をとわずシャープな水温フロントがしばしば形成されている。ここでは、このフロントの外側水域の流動構造について明らかにしたが、海水流動の状況はこのフロントを境にして著しく異なることが推察される。次報ではさらに、フロントの内側域におけるブイ追跡結果等にもとづいて別府湾内水と速吸瀬戸を流出する湾外系水との海水交換の状況について論述する。

最後に、ブイ追跡、ハガキ等の投入にあたり協力していただいた大分県水産試験場所属黒潮丸乗組員、試験場職員の方々に深甚の謝意を表します。

文 献

- 藤原建紀(1985) 瀬戸内海における物質の輸送と収支. 学位論文(東京大学), 125 pp.
- 藤原建紀・高杉由夫・湯浅一郎・河野 信(1985) 瀬戸内海におけるアルゴスブイ・レーダーブイの長期間追跡. 1985年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 99-100.
- 藤原建紀・肥後竹彦(1986) 瀬戸内海の通過流と物質輸送に対する風の効果. 沿岸海洋研究ノート, **23**, 109-118.
- 村上真裕美・大西行雄・原島 省・国司秀明(1978) 瀬戸内海における水温、塩分分布の数値シミュレーション. 沿岸海洋研究ノート, **15**, 130-137.
- 中田英昭・平野敏行(1978) 瀬戸水域における物質の拡散・集積について. 水産海洋研究会報, **32**, 44-48.
- 南西水研(1975) 瀬戸内海における漁業資源と漁業の展望, 基本委託調査および魚介類回遊調査に基づく綜説, 南西海区水研調査報告第1号, 68 pp.
- 大分県水産試験場(1981-1984) 昭和56・57・58・59年度漁況海況予報事業結果報告書.
- 千田哲資(1964) 西日本海域における魚卵・稚魚の分布の研究. 岡山県水試, 昭和39年度臨時報告, 80pp.
- シュレイキン(1968) 風による海流と対流の理論. 海洋物理学講座, **1**, (高野健三監訳, 古屋逸夫翻訳) 丸善, 263 pp.
- 高井 徹(1959) 日本産重要ウナギ目魚類の形態、生態および増殖に関する研究. 水産講習所報告, **8**, 209-556.
- 俵 悟(1986) 浅海域における海況変動と漁況に関する研究. 水大校研報, **34**, 1-103.
- 宇田道隆・渡辺信雄(1933) 瀬戸内海の平年各月海況. 水産試験場報告, **3**, 137-164.
- 柳 哲雄・樋口明生(1979) 瀬戸内海の恒流. 沿岸海洋研究ノート, **16**, 123-127.