

## 熊野灘・遠州灘沿岸域への黒潮系暖水の流入過程\*

木村 伸吾\*\*・杉本 隆成\*\*

### Intrusion Processes of Warm Water Mass from the Kuroshio into the Coastal Area of Kumano-nada and Enshu-nada Seas

Shingo KIMURA\*\* and Takashige SUGIMOTO\*\*

#### Abstract

We made observations and analyses of sea surface layer temperature monitored by two ferry boats shuttling on the coastal area of Kumano-nada and Enshu-nada seas to investigate the short period fluctuations in oceanographic conditions of coastal boundary regions of the Kuroshio, focussing on warm water intrusions from the Kuroshio which is expected to have close relationships with coastal fishing conditions. Results are followings.

During the Kuroshio takes B type path (small meander at west of the Izu Ridge), warm water masses of the Kuroshio intrude periodically from the Izu Peninsula and its intruding period is about 20 days. These warm water masses move toward west with 20-50cm/s, but its velocity is depending on shapes of the intrusion. On the other hand, during the Kuroshio takes C type path (small meander over the Izu Ridge), Enshu-nada sea is covered with relatively cold water mass and the warm water intrusions occur from Cape Shiono-misaki, but its frequency of intrusion in this observational term is low.

#### 1. はじめに

熊野灘・遠州灘沿岸域における海況は、黒潮のもつ数週間程度の短期的な周期変動の影響を強く受けて変動しているものと考えられ、黒潮前線下で行った係留系による直接流動観測(木村ほか, 1987)から求められた黒潮の流速変動周期とほぼ一致する20日前後の周期変動が、熊野灘・遠州灘沿岸域における定置網水温及び定期航路船により得られた航走水温に認められた(KIMURA and SUGIMOTO, 1987; 木村・杉本, 1988)。この短周期変動は、熊野灘における定置網のぶり漁況あるいは遠州灘におけるしらす漁況に影響を及ぼすものとみられ、それぞれの漁況変動に海況変動と一致する短周期の変動が卓越することが前述の研究から明らかにされてきた。

このような沿岸域の漁況変動に影響を及ぼす沖合海況

変動の沿岸への波及過程として、沖合から沿岸域に間欠的に流入する黒潮系暖水が重要な役割を果たしているものと考えられ、潮岬から紀伊半島東岸海域を北上する黒潮の暖水舌についてしばしば指摘が為されている(杉本ほか, 1985; 竹内, 1987)。また、熊野灘・遠州灘に流入する暖水はこの北上暖水ばかりではなく、黒潮の蛇行期に遠州灘で発達する冷水塊の遠州灘沿岸沿いを流れる黒潮内側反流である頻度も高く(松本, 1985)、またそれが小規模な暖水塊を形成する場合がある。西村(1987)は、人工衛星の熱赤外画像から黒潮系暖水の沿岸への流入過程を模式化し、暖水流入と春季のかつお漁場の形成とに係わりが認められることを示した。これらの暖水流入の特徴については、人工衛星の熱赤外画像からも今までにしばしば指摘されてきたが(岡田・為石, 1983; 斎藤, 1983; 松村, 1986; 西村ほか, 1986; 為石, 1985・1986)、気象条件に左右されてこの海域における活用できる画像の取得率が約20%と極めて低いため(松村, 1986)、熱赤外画像を日単位に連続した資料として取り

\* 1989年12月11日受理

\*\* 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo, 1-15-1, Minamidai, Nakano-ku, Tokyo, 164, Japan.

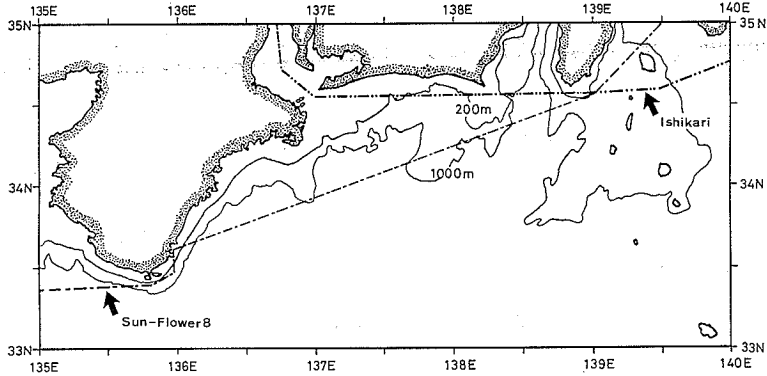


Fig. 1. Cruising lines of ferry boats and bottom topography. Lines indicate "Sun-Flower 8" and "Ishikari".

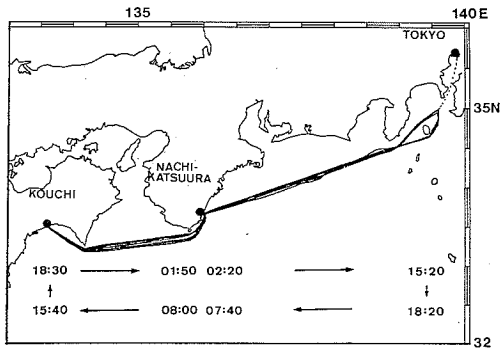


Fig. 2. Observed cruising lines by Loran-C and time table of ferry boat "Sun-Flower 8" during April to May, 1987. This ferry boat shuttles between Tokyo and Kochi for 2 days.

扱うことができないので、その短期的な変動の特徴を人工衛星画像のみから総括的に明らかにすることは困難であった。

本論文では、定期航路船による航走観測で得られた経目的に連続した表層水温資料の解釈に人工衛星の熱赤外面像による情報を併用し、黒潮から切離されて熊野灘・遠州灘に流入する暖水に焦点を当ててその挙動について論じ、暖水の沿岸域への波及過程について考察する。

## 2. 観測及び資料

熊野灘・遠州灘を航走している(株)日本高速フェリー所属の「さんふらわぁ 8」(12,000 t)に水温連続自動測定システムを設置して得られた航走中の表層水温資料と、遠州灘の沿岸寄りを航走している(株)太平洋フェリー所属

の「いしかり」(13,000 t)で得られた表層水温資料とを用いて解析を行った。「さんふらわぁ 8」は東京～那智勝浦～高知を約2日で、「いしかり」は名古屋～仙台～苫小牧を約4日で往復している定期航路船で、熊野灘・遠州灘における東経136度から139度までの海域では、それぞれほぼ直線的に航走している。Fig. 1は両船の基本航路を示したものである。

これらの観測システムは、両船とも水深約5mの船底からエンジン冷却用水や雑用水として海水を常時取水しているパイプの内側に白金抵抗温度センサーを取り付け、得られた水温値をA-D変換した後、「さんふらわぁ 8」では5分毎にフロッピーディスクに、また「いしかり」では1分毎に磁気テープにデータを記録するものである。得られた水温データは、「いしかり」では乗組員により記載された定点通過位置と時刻から東経137度(神島)～139度(神子元島)の海域の位置について時刻に対して空間補間し、それを基礎データとして用いた(HANAWA, 1983; 木村・杉本, 1988)。また、「さんふらわぁ 8」では搭載してあるロラン-C(古野電気製)により位置出しを行い、A-D変換した位置データを3分毎にマイクロコンピュータ(NEC-9801 F2)を介してフロッピーディスクに記録する手法(SUGIMOTO and KOBAYASHI, 1988)で位置データを取得した。Fig. 2はロラン-Cで得られた1987年の4月から5月における「さんふらわぁ 8」航路の一例を示す。そして、「さんふらわぁ 8」ではこの位置データをもとに東経136度(那智勝浦)～東経139度(神子元島)の海域について空間補間を行い基礎データとした。これら一連のフェリー航走水温観測は、「いしかり」については、東北大学理学部の花輪公雄助

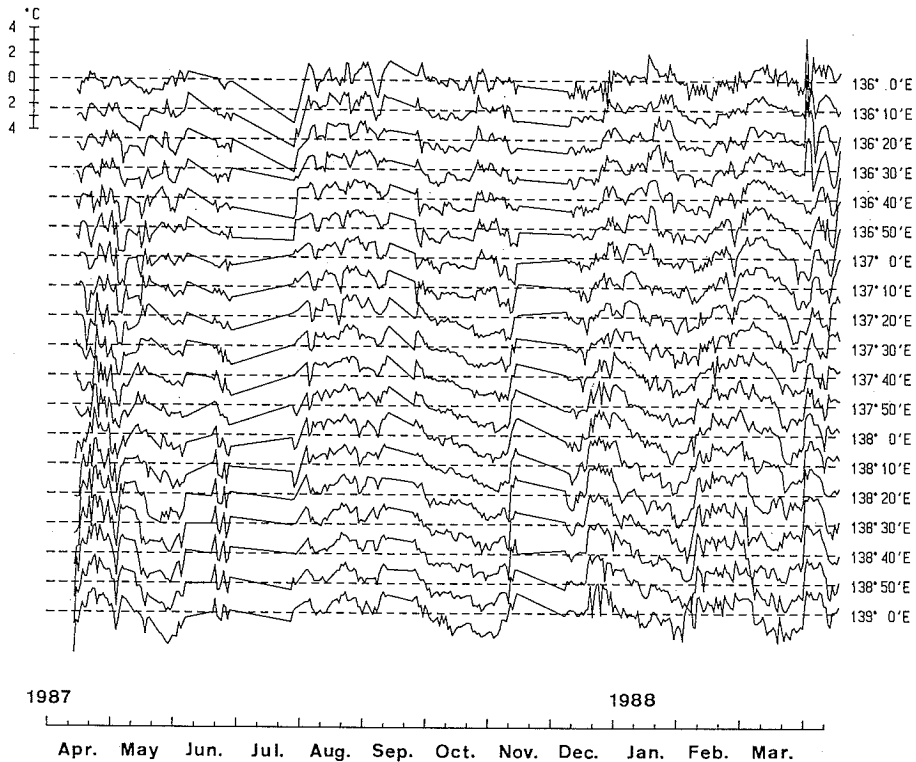


Fig. 3(a). Time-series of the sea surface layer temperature monitored in the cruises of ferry boat "Sun-Flower 8". But a seasonal variation was excluded.

教授により1981後以降行われてきているものであり、「さんふらわあ8」については、現在、東京大学・海洋研究所・資源環境部門が1982年以降継続して実施してきているものである。本論文では、そのうち比較的欠測の少ない1987年4月から1988年3月までの約1年間のデータを解析に用いた。

これらのフェリーによる観測では、表層水温を上述した2航路線上でそれぞれに時間的に連続して表現することが可能であるが、2ラインのみからでは水温分布の平面的な構造の把握は困難である。しかし、瞬間の情報であっても広域の表面水温分布を詳細に示す人工衛星の熱赤外画像による情報を併用することによって、短期的に変動する中小規模の現象を広域に、かつ時間的に連続した解釈が可能になると考えられる。そこで、この航走水温資料に人工衛星 NOAA 9 により得られた熱赤外画像との整合性を求め、黒潮から切離されて熊野灘・遠州灘海域に流入してくる暖水の詳細な水平分布構造を記述し、その変動の実態を考察した。

### 3. 解析結果

#### (1) フェリー航路上に認められる暖水の出現状況

Fig. 3 の (a), (b) は、それぞれ経度10分毎に定点を定めて時系列化した「さんふらわあ8」と「いしかり」の航走水温データで、最小二乗法によりそれぞれのフェリーの時系列について季節変動を

$$y_i = a_i (\sin((x + b_i)/365)) + c_i$$

[ $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$  は最小二乗法により求めた個々の時系列の係数;  $x$  は1987年4月1日からの経過日数;  $y_i$  は個々の水温( $^{\circ}\text{C}$ );  $i$  は経度,  $i=0\sim 12$  (いしかり),  $i=0\sim 18$  (さんふらわあ8)]

で近似し、それを除去したものである。両方のフェリーがほぼ同一な点を通過している東経139度における時系列を比較すると、水温が同一の位相と振幅で変動していることが分かる。このことから、平均値と季節変動成分を除去した水温の短期変動をみる場合、それぞれのフェリーの取水部やセンサー設置位置などの構造上の違いや水温計の器差などによる系統的な測定誤差の大部分は除

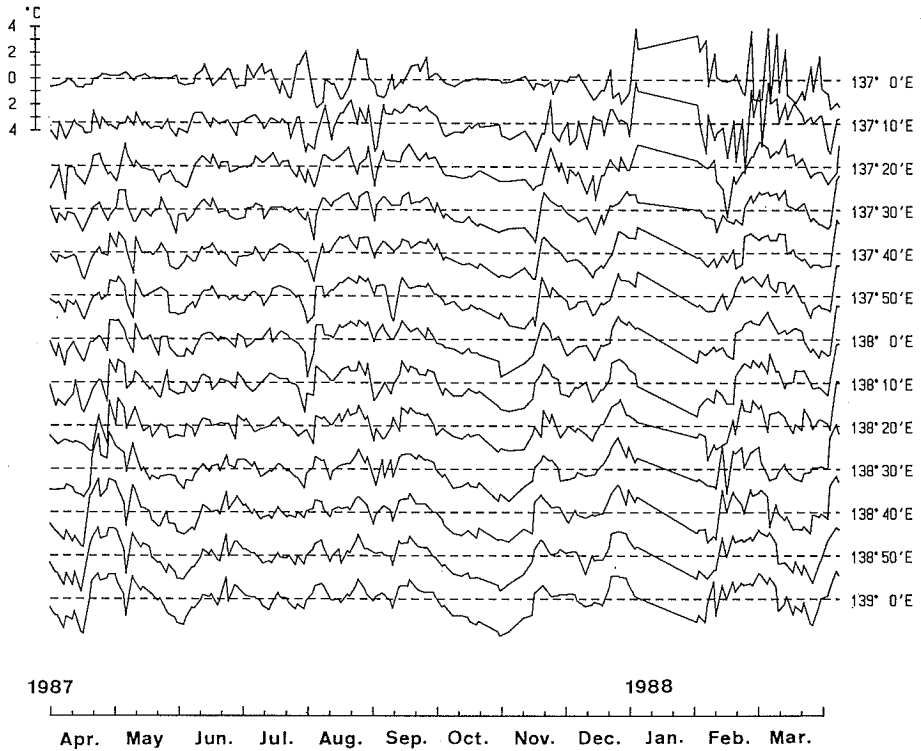


Fig. 3(b). Same as Fig. 3(a), but in the cruises of ferry boat "Ishikari".

かれる。

そこでこの季節変動等を除去したフェリーの航走水温について、横軸に位置、縦軸に時間ととってイソプレスとして表現したものが Fig. 4 である。(a) は「さんふらわあ 8」、(b) は「いしかり」の結果を示す。なお、ドックなどに伴う数十日以上にわたる長期欠測期間中の温度推定は、それ以下の周期で発生する現象の把握には適さないで除去してある。また、Fig. 4 (a), (b) の右側に、海上保安庁発行の海洋速報から 200m15°C を基準として読み取った黒潮の流軸位置を、東経 139 度 30 分上の北緯 35 度からの距離で示した。この値は、ほぼ伊豆諸島に沿った方向の黒潮の離岸距離を表し、遠州灘周辺海域における黒潮流路型の違いを示しているものと考えられる。

Fig. 4 のイソプレスから、暖水がしばしば遠州灘の東側の伊豆半島方向から流入し、時間経過とともに西側の紀伊半島方面に向かって移動して行く様子が両方のフェリー航路上で認められ、1°C 以上の偏差をもつ高温期と低温期が交互に繰り返されていることが分かる。この一

連の暖水の移動を図中では黒線で示し、実線は東から西へ破線は西から東へ向かう暖水を表す。1 年にわたる観測期間中に「さんふらわあ 8」の航路上に出現した暖水は合計 16 回認められ、そのうち 2 回は潮岬沖から派生したとみられる北上暖水である（図中では G と O として破線で示した）。また、「いしかり」航路上では暖水の出現は 19 回認められ、そのうち 1 回は西側からの暖水の流入である。その他、コントラストの明瞭でない暖水流入が数回認められるが、両方のフェリー航路上で認められた暖水の流入は、図中の G（北上暖水）、D、E、H、J、K、L、N、P、Q、R、S、T、U の 14 回として表すことができる。

次にこれら暖水流入の全体的な特徴を以下に示す。

- ① 観測の上半期（1987 年 4 月～9 月）は、出現期間の短い小規模な暖水の流入が多く、遠州灘沿岸寄りを航走する「いしかり」の航路上では、局所的に流入する暖水（A、B、F、K、M）の頻度が高かった。特に、F や M は「さんふらわあ 8」航路上では他の大規模な暖水の移動に取り込まれてその存在が

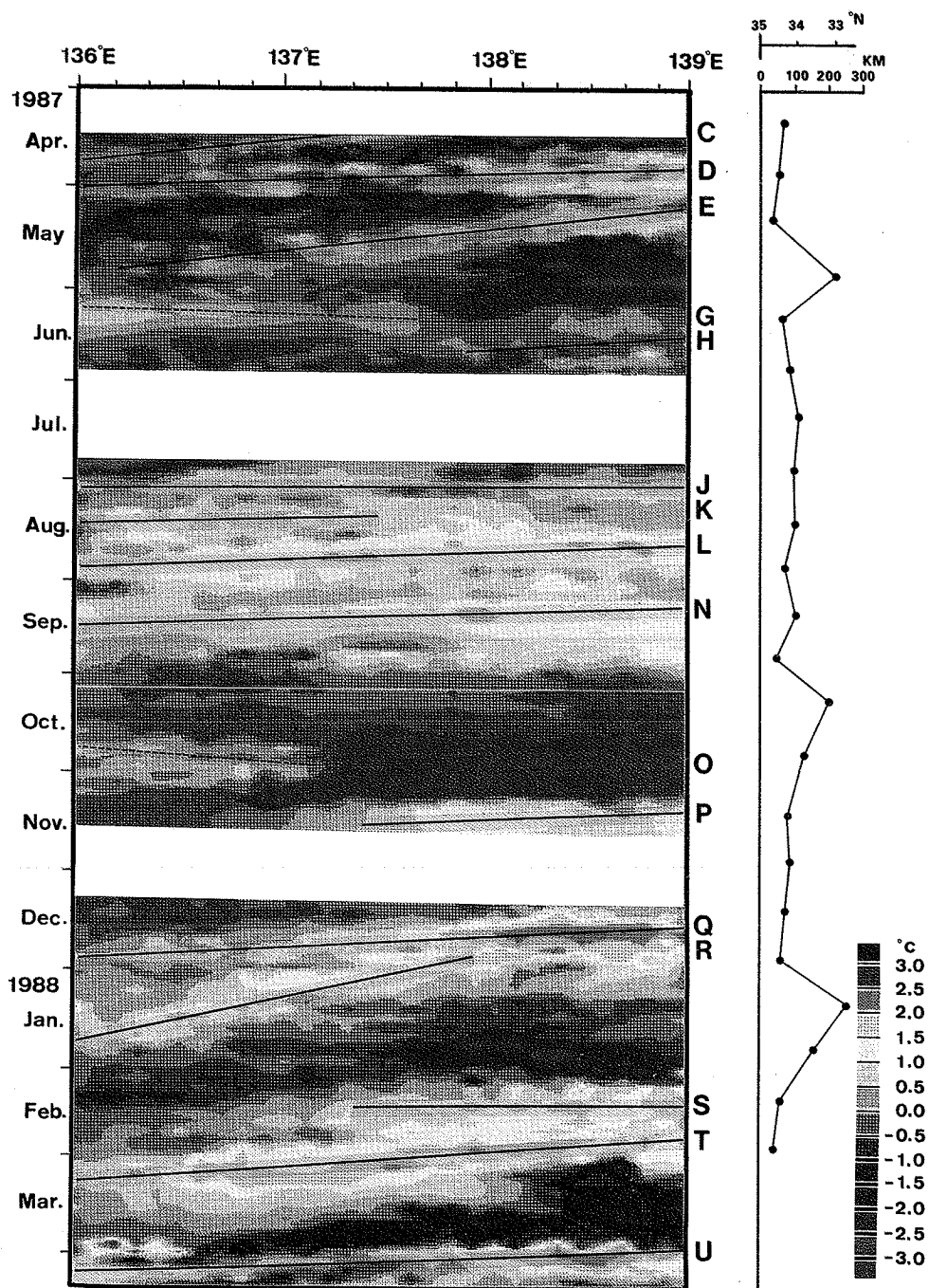


Fig. 4(a). Time-space diagram of sea surface layer temperature observed by "Sun-Flower 8" and off-shore distances of the Kuroshio from 35°N along 139°30'E during April, 1987 to March, 1988.

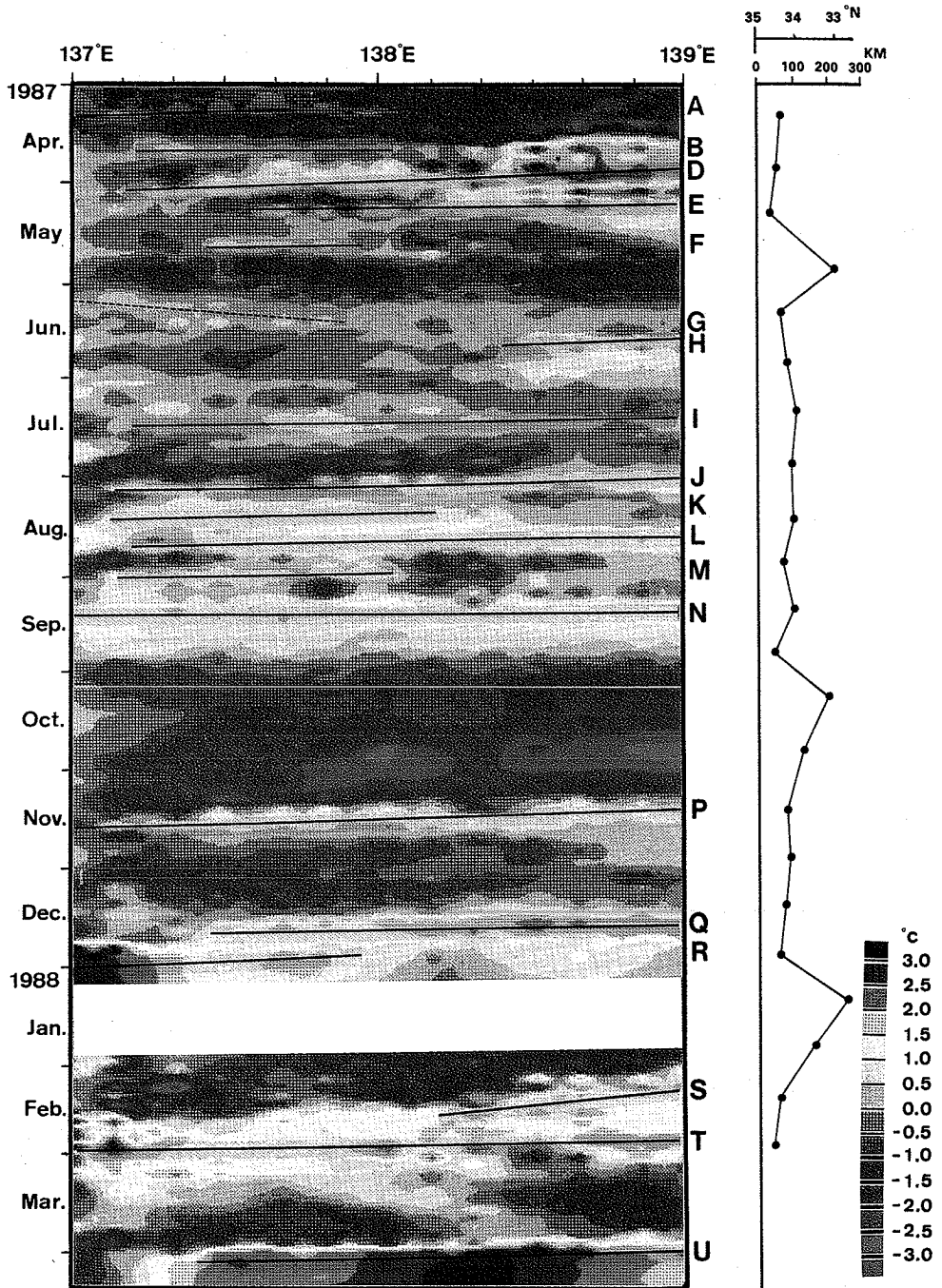


Fig. 4(b). Same as Fig. 4(a), but observed by "Ishikari".

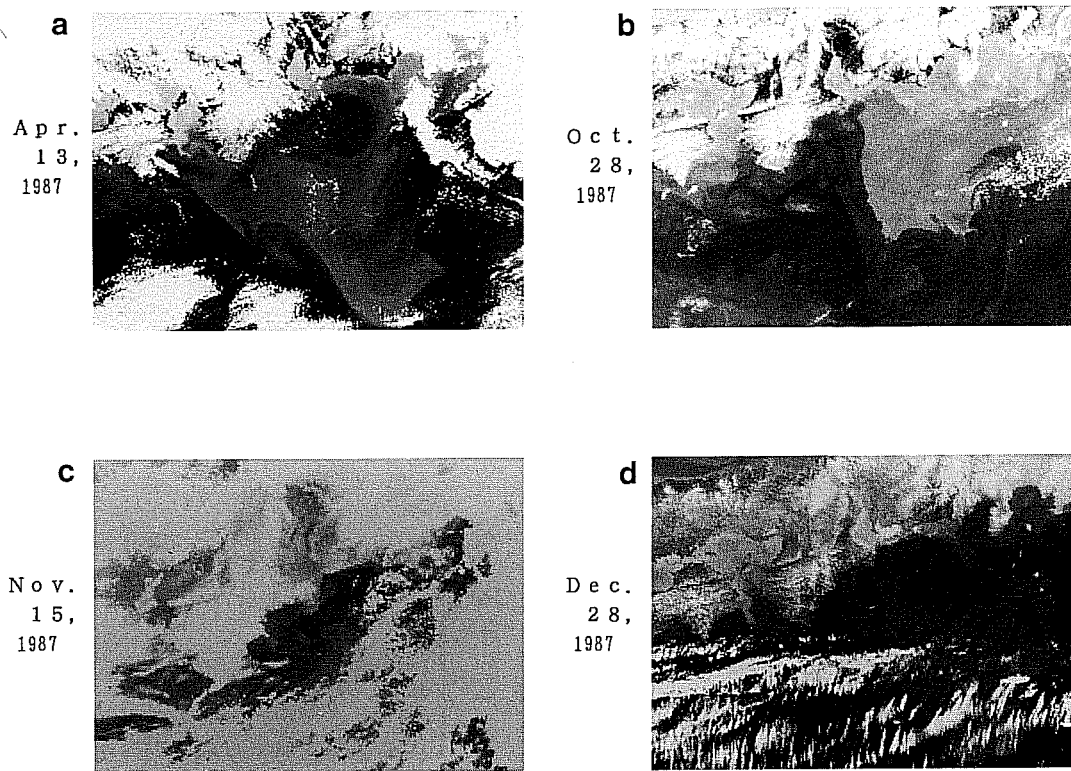


Fig. 5. Satellite AVHRR thermal images of warm water intrusion observed. (a) 13 April, (b) 28 October, (c) 15 November, (d) 28 December, 1987.

明らかではないが、沿岸寄りでは区別されて明瞭となっていた。しかし、下半期（1987年10月～1988年3月）に認められた暖水流入は長期にわたる大規模な現象であることが多く、(Q, R), (S, T) のように出現する時間間隔の短い現象が連続して起こる場合もある。

- ② 上半期に認められるD, E, H, I, J, L, Nなどの暖水流入現象は、17～18日前後の時間間隔で東側から出現する傾向にあり、「いしかり」航路上に局所的に出現するA, B, F, K, Mなどの小規模な暖水流入現象を含めると、10日前後の間隔で暖水が出現する。それに対して下半期の両航路上の暖水出現周期は30～40日と長くなる傾向にある。また、「いしかり」航路上の低温期には $-3^{\circ}\text{C}$ 以下の偏差をもつ低温部が出現する。
- ③ これら西進する暖水の見かけの移動速度を計算すると、「いしかり」の航路上で約50cm/s、「さんふらわあ8」航路上では40cm/sとなり、沿岸寄りでは

移動速度がやや速い傾向にある。しかし、C, E, R, Tのように移動速度が20cm/sと極端に遅い現象もある。

- (2) 流入した暖水の人工衛星熱赤外面像との対応性観測期間中、1987年4月4日～23日、10月18日～28日、11月15日及び12月17日～28日の期間で、人工衛星の熱赤外面像から熊野灘・遠州灘において明瞭な暖水の分布が認められ、それぞれの連続画像は、Fig. 4 (a), (b)におけるフェリー航路上の(A, B, C, D), (O), (P)及び(Q, R)の暖水流入に対応する画像と考えられる。Fig. 5 (a), (b), (c), (d)は上述した期間中の熱赤外面像を示し、また、画像から読み取った暖水の移動を模式的に表現したものがFig. 6 (a), (b), (c), (d)である。ただし、Fig. 6 (c)はその前後に鮮明な画像が得られなかったため、Fig. 5 (c)の一画像を模式化したもののみをFig. 6 (c)に示す。

次にこれらから認められる個々の現象について記述する。なお、画像の黒い部分は高温水、白い部分は低温水

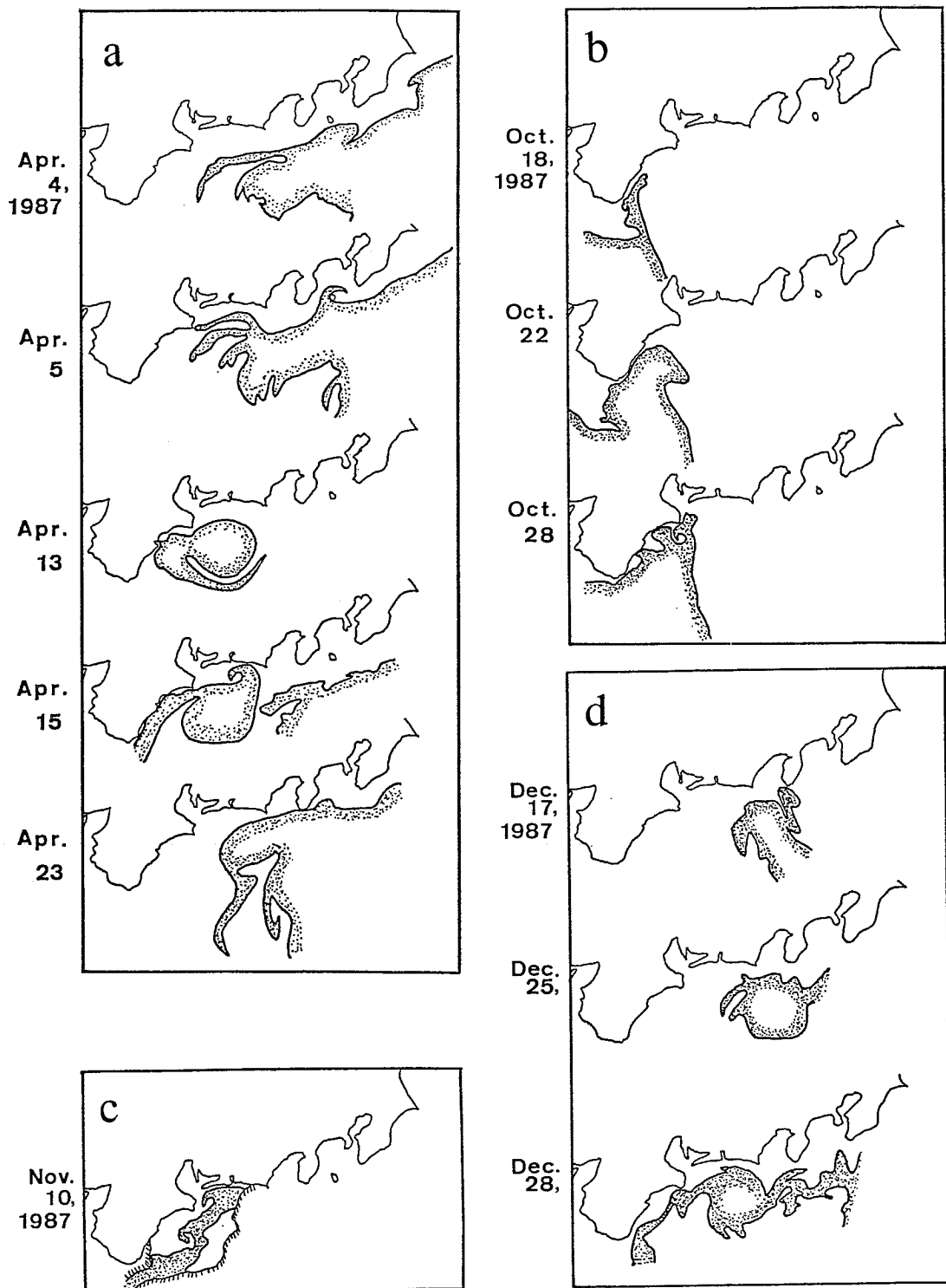


Fig. 6. Schematic processes of warm water intrusions corresponding to Fig. 5(a), (b), (c) and (d), respectively.



を表し、暖水のフロントがはっきりしない画像については模式図を省いた。

① 伊豆半島沖から暖水が流入し西進する場合 (I)  
(A, B, C, D—Fig. 6 (a))

4/4 伊豆半島沖約 80km 付近を中心に幅 80km 程度の暖水が舌状に分布し、その先端部に細長い暖水のフィラメントが認められる。

4/5 暖水塊先端部にフィラメントが 3 つ認められ暖水の分布域が遠州灘沿岸にも広がっている。

4/13 暖水舌が黒潮から切離されて孤立した暖水渦を形成している。

4/15 渦は変形して楕円となり、次の暖水が伊豆半島沖に認められる。

4/23 5 日間の間に暖水渦による高温域は消滅し、4 月 15 日に伊豆半島沖で認められた暖水による高温域が浜名湖沖に認められる。

4 月 4 日から 13 日にかけて認められる暖水渦について、その中心に近い部分の移動が「さんふらわぁ 8」航路上の C に、また、前線域の擾乱が「いしかり」航路上の A, B に対応するものと考えられる。しかし、暖水渦の移動は「いしかり」航路上には認められず、その先端部の擾乱による暖水のみが認められた。これは、暖水がかなり沖合を移動し、遠州灘沿岸への暖水の波及は渦から流出する分枝流によるものであることを示している。また、この時の暖水渦の西方への移動は 20cm/s 程度と遅い。暖水 C の「さんふらわぁ 8」航路上の出現時期は欠測により特定できないが、この移動速度から出現時期を逆算すると 4 月 1 日頃になる。

また、4 月 15 日の画像で認められた伊豆半島沖の暖水は、18 日頃に両方のフェリー航路上に出現する暖水 D に対応するものと考えられるが、5 月 5 日頃にフェリー航路上に出現した暖水 E は、雲によってさえぎられて鮮明な画像が得られなかったため現象の特定はできなかった。しかし、以上の 3 つの大規模な暖水流入 (C, D, E) のフェリー航路上に出現する時間間隔はともに 17 日で、同じ観測期間中に熊野灘で行った係留観測で得られた流速の変動周期\*と一致する。

② 潮岬沖から暖水が流入し北上する場合  
(O—Fig. 6 (b))

10/18 黒潮前線の擾乱が潮岬東岸に接岸している。

10/22 熊野灘沿岸沿いに北上する舌状の暖水が認められる。

10/28 暖水舌は 100km 以上の広い空間に分布し、高温水が伊勢湾口に及んでいる。

6 月に出現した北上暖水 G は規模が大きく遠州灘沿岸域にも流入したが、北上暖水 O は、熊野灘を中心に高温水が分布したため、「さんふらわぁ 8」航路上にのみその移動が顕著に認められた。この暖水が黒潮の擾乱として潮岬に接岸してから高温水が熊野灘一帯を広く覆うまで約 7 日程度の日数を要し、またその「さんふらわぁ 8」航路上からの消滅にも同程度の時間を要した。

③ 黒潮内側反流前線域の擾乱が西進する場合  
(P—Fig. 6 (c))

11/15 黒潮内側反流の前線域に鈎状の擾乱が認められる。

雲によって全体の流れの状況は明らかではないが、フェリー航路上に出現する暖水 P が時間的にみて画像に認められる暖水に対応するものと考えられる。暖水 P は東から西に向かって移動していることから、画像中の暖水は伊豆半島沖から流入した黒潮系暖水が西進している様子を捉えたものとみられる。画像から暖水は渦あるいは舌状の形態を形成しておらず、フェリー航路上の暖水 P から計算した西向きの移動速度は 50cm/s と 4 月に出現した暖水渦と比較し 2 倍以上速い。この暖水による高温域が認められる期間は「いしかり」航路上で 5 日程度であり、この暖水と同じように高温水の滞留時間が短くその移動速度の速い暖水が、J, L, N などに認められる。また、内側反流の前線域には、沿岸域へ流入する低気圧性の擾乱が存在している。

④ 伊豆半島沖から暖水が流入し西進する場合 (II)  
(Q, R—Fig. 6 (d))

12/17 伊豆半島沖に黒潮からの高温水が広く分布している。

12/25 正門に近い暖水渦が認められる。

12/28 遠州灘沖の暖水渦を中心に高温域が一連となって広く分布している。

12 月 17 日の画像に認められた暖水は、連続した 2 つの暖水 Q と R から構成され、12 月 25 日以降に認められた暖水渦は R に対応するものと考えられる。渦を形成していない Q の移動速度は、P と同程度とみられるが、暖水渦である R の移動速度は渦を形成していた C の場合と同じように遅い。したがって、移

\* 1988 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 p. 50-51

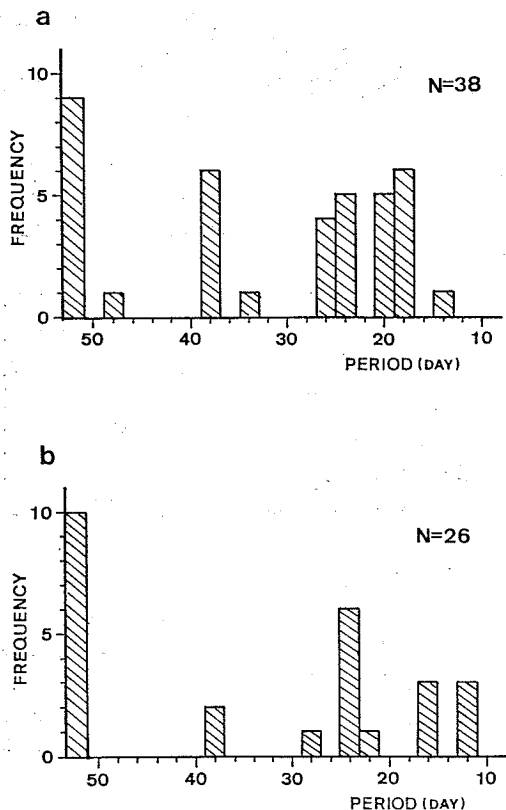


Fig. 7. Frequency distributions of highest and secondly highest peak of the temperature spectra over than 10 days period. (a) and (b) are results of the ferry boat "Sun-Flower 8" and "Ishikari", respectively. The range of 51-52 days period includes periods over than 53 days.

動速度から推測すると5月に出現した移動速度の遅い暖水Eは渦を形成していたと考えられる。

### (3) 流入暖水の時間的変動特性

Fig. 3 に示した経度10分毎に時系列化した航走水温資料の観測間隔は、「さんふらわぁ8」では1日に1つのデータ、「いしかり」では2日に1つのデータであり、係留系による直接測流などで得られたデータの測定時間間隔と比較すると、フェリーデータの測定間隔は粗くデータの密度が著しく低下する。そこで、周期解析を行うにあたって信頼区間を求めて得られた周期の有意性を議論するのではなく、スペクトル密度の高いピークを示した周期帯のうち出現頻度の高い周期帯を卓越周期とみなした。Fig. 7 は、Fig. 3 に示す経度10分毎の水温変動の時系列についてそれぞれにFFTによるスペクトル解析

を施し、そのうち10日以上周期帯の中で一番目と二番目に高いスペクトル密度を示したピークを2日毎にまとめ、頻度分布として表したものである。(a)と(b)は、それぞれ「さんふらわぁ8」と「いしかり」の結果を示す。なお、この頻度分布では、51日以上周期のうち80%が51日周期であったことから、53日以上周期も便宜的にすべて51~52日の周期帯に合計した。

この図では、両方のフェリーともに51~52日の周期帯で高いスペクトルピークの頻度が認められ、それ以外に「さんふらわぁ8」航路上では、37~38日、23~26日及び17~20日の周期帯で高いスペクトルピークの頻度が認められた。特に17日から26日までの周期帯の変動が卓越し、この傾向は23~24日にスペクトルピークの頻度の高まりが認められる「いしかり」航路上の結果とも一致する。また、「いしかり」航路上では、「さんふらわぁ8」航路上では認められなかった短周期変動による水温変動も顕著で、11~12日と15~16日の周期帯にもスペクトルピークの高頻度が認められる。

## 4. 考察

### (1) 数カ月程度の長周期変動

フェリーによる航走水温観測と人工衛星の画像から、黒潮蛇行期における黒潮内側域の海況変動、特に熊野灘・遠州灘海域に出現する暖水の流入過程について、いくつかの典型的なパターンがとらえられた。この暖水は、冷水塊などの左旋環流の外側を取り巻く循環として上層部に連続的に流入してくるものではなく、周期的に伊豆半島沖で黒潮から切離されて間欠的に流入してくるもので、その流入形態として舌状の暖水が渦に発達する場合と分枝流となる場合があげられる。いずれの場合も暖水から二次的に流出するフィラメント状の細長い分枝流が顕著に認められ、遠州灘沿岸ではその影響を強く受ける。これらの暖水流入現象の出現は周期性が強く、今回設定した遠州灘から熊野灘に至る海域のフェリー航路上に出現した暖水に着目すると、20日前後の周期で暖水が流入している。遠州灘沿岸の大陸棚付近を航走する「いしかり」航路上では、局所的に出現する暖水を合わせると、10日余りの周期で沿岸寄りの航路上に暖水が出現することになる。

しかし、観測の下半期(10月以降)では、暖水の出現周期が長くなる傾向が認められ、その出現回数も減少している。海上保安庁発行の海洋速報によると、この観測期間中の黒潮流路はB・C型で比較的安定した非大蛇行流路を維持していたので、黒潮がA型のようにかなり沖

合を流れフェリー航路上に暖水流入現象が及ばなかったためとは考え難い。また、Fig. 4 中に示す黒潮流軸の北緯35度からの離岸距離からは、伊豆半島で接岸するB型流路をとっていた黒潮が下半期中の1987年10月と1988年1月に一時的に離岸距離200km以上と大きくなり、八丈島の南側を流れて房総半島沖で接岸するC型流路で流れていたことが分かる。この期間は、フェリー航路上に暖水の流入が認められない低温期を示し、1987年10月には $-3^{\circ}\text{C}$ 以上の偏差をもつ低温水の移動が認められた。このような現象は上半期の5月下旬にも認められ、継続期間は先の2例ほどには長くはないもののフェリーの航走水温は低温期を示していた。従って、暖水が流入してこなかった直接の原因は、黒潮流路のB・C型の違いと考えられ、黒潮が伊豆半島沖で接岸するB型時において暖水流入が形成されるものとみられる。

一般にB・C型の変動周期は数ヶ月程度とみられ、1980年から1983年までの「いしかり」の観測では、航走水温が黒潮の離岸距離によって2~3ヶ月周期で変動していたことが分かっている(木村・杉本, 1988)。また、今回の観測でも、黒潮が伊豆半島沖で200km以上離岸し明らかにC型で流れていた時期の間隔は3~4ヶ月でほぼ同程度であった。このような変動周期は、黒潮のC型流路期とB型流路期に相当するものと考えられる、非大蛇行期中の黒潮が八丈島より南側を通過する離岸期と北側を通過する接岸期の110日の離接岸周期(KAWABE, 1987)ともほぼ一致しており、B・C型の変動はかなり普遍的な現象と考えられる。

## (2) 数週間程度の短周期変動

17~26日の変動は、熊野灘大陸棚域(KIMURA and SUGIMOTO, 1987)、熊野灘大陸棚斜面域\*、潮岬沖(木村ほか, 1987)の黒潮前線域に設置した係留系により得られた流速変動並びに熊野灘沿岸の定置網漁場で観測されている水温変動の卓越周期と一致する。特に「さんふらわぁ8」で頻度の高かった17~18日の周期は、同じ観測期間中に熊野灘大陸棚斜面域で実施した係留系による流動観測から得られた流速の卓越周期\* とほぼ同じで、熊野灘から遠州灘に至る沿岸陸棚海域で流速計が設置されている海面から500m程度の水深まで同一な変動周期が認められることを示している。より沖合側を航走する「さんふらわぁ8」でこの周期帯の頻度が大きいことから、黒潮の小蛇行に伴う黒潮内側反流の変動がとらえられたものと考えられる。黒潮がB型流路で流れていた場

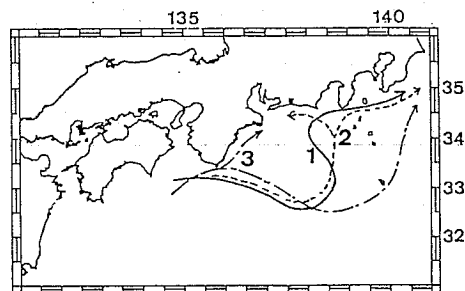


Fig. 8. Types of warm water intrusion from the Kuroshio.

合、この周期で黒潮から切離された暖水が伊豆半島沖から流入するとみられるが、その流入形態は、暖水渦・舌を形成している場合と分枝流として流入する場合とがあり、移動速度は分枝流が暖水渦・舌の2倍以上である。また、より沿岸側を航走する「いしかり」航路上では、ほとんどの暖水の移動速度は50cm/sと速く、黒潮の分枝流としての流入を捉えたケースが多いとみられるほか、沖合を移動する暖水塊から流出する細長い分枝流も頻繁に現れている。Fig. 4 (b) 中に認められるA, B, D, E, FあるいはJ, K, L, M, Nのような10日余りの時間間隔をもって出現する小規模な現象は、黒潮前線域の擾乱の変動周期(木村ほか, 1987)と一致し、また、熊野灘の係留系観測とも一致した。したがって、黒潮前線域における擾乱の影響は、黒潮内側反流にも波及するものと考えられ、「いしかり」航路上にしばしば出現する局所的な暖水流入(A, B, F, K, M)の擾乱は、このような現象をとらえたものとみられる。

## (3) 黒潮系暖水の流入形態とその出現特性

今回の観測期間中、黒潮は安定したB型とC型流路で流れており、この期間中の熊野灘・遠州灘における暖水の流入パターンは3つ認められた。その模式図をFig. 8に示し、特徴をTable 1にまとめた。Table 1の(1)と(2)は、黒潮が伊豆半島沖で向きを東にかえて流れるB型期に伊豆半島沖から流入する暖水で、(3)は黒潮がC型期に潮岬沖から流入する北上暖水である。(1)は流入した暖水が渦を形成する場合を示し、(2)は黒潮内側反流として熊野灘方面に流入する場合を示す。(1)と(2)は周期性の強い現象で、黒潮がB型期には20日前後の周期で流入するものとみられ、(3)はC型期間の存在期間に依存するものと考えられる。また暖水が渦状または舌状に出現する場合、移動速度は遅いものが高温水が広域に波及する傾向が認められる。

\* 1988年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 p. 50-51

Table 1. Characteristics of intruded warm water mass.

type of intrusion	(1)	(2)	(3)
shape of intrusion	eddy	streamer	tongue
type of the Kuroshio		B	C
location of intrusion		Izu Pen.	Cape Shiono-misaki
Period of intrusion		20	depends on term of the Kuroshio type C
duration		7 ~ 10 days	
intrusion speed	20cm/s	50cm/s	20cm/s
width	70~80km	10~30km	100km

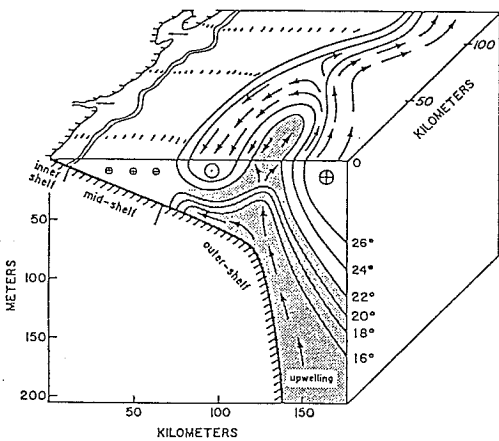


Fig. 9. Schematic characterization of a Gulf Stream frontal eddy (LEE *et al.*, 1981).

(1)と(2)の流入形態は、LEE *et al.* (1981) が三次元構造で示した Fig. 9 の大西洋におけるガルフストリームから切離される暖水のパターンに酷似する。この図ではガルフストリームと流入した暖水との間に湧昇域が形成されているが、今回のフェリーによる観測からはこのような湧昇域は特定できなかった。また、アメリカ大陸東岸の大陸棚は沖に向かって 150km 以上も遠浅であることから、流入した暖水の鉛直的な構造も数十メートル程

度の小さなものである。しかし、黒潮から切離した暖水は、数百メートル程度の大きな鉛直構造をもつ場合が多く、流入過程は似ているものの鉛直構造は異なるものと考えられる。

一方、(3)のような暖水の流入形態は黒潮流路のB型期には認められず、3ヵ月前後の周期で短期的に出現するC型流路の期間に卓越する現象で、その時の熊野灘・遠州灘沿岸の水温は低温で推移する。しかし、その出現頻度は黒潮流路のC型期の長さ依存するものとするれば、今回の観測期間である1987年から1988年にかけては黒潮がB型流路をとっている期間が長かったため、潮岬からの暖水流入の頻度が低くなったものと考えられる。したがって、潮岬からの暖水流入が伊豆半島からの暖水流入に比べて出現頻度が低いかどうかは分からない。また、伊豆半島で接岸するB型黒潮流路の形態的な類似性から推測すると、伊豆半島から流入する暖水は大蛇行期であるA型期においても卓越する場合があると考えられる。

### 5. おわりに

本研究により、熊野灘・遠州灘の沿岸に存在する20日前後の周期的な水温変動が、黒潮から切離された暖水の周期的な流入に伴う現象であることが明らかにされた。今後は、データの蓄積を重ねることにより現象をより具体的にとらえていく必要があるが、その際、本研究で対象とした黒潮が遠州灘沖でやや蛇行している場合ばかりではなく、大蛇行期及び直進期における観測に焦点を当てて、その流入過程を明らかにしていくことが重要と考えられる。

また、この海域の沿岸ではこのような黒潮系の暖水流入に伴う変動ばかりではなく、気象条件によっても海況が変動することがある。熊野灘沿岸域では南西寄りの風が、遠州灘沿岸域では南西ないしは西寄りの風が卓越する時に風による沿岸湧昇とみられる中層水温の低下現象が認められ(宇野木・海野, 1983; 竹内, 1987)、それは熊野灘では漁況変動にも影響を及ぼし暖水系魚種の逸散と漁獲魚種組成の変動をもたらす(竹内, 1987)。更に、雪解け水や豪雨による河川系低塩分水の流入、夏季の海面加熱に伴う沿岸水温の上昇も漁況に影響する可能性があると考えられる。そこで、沿岸海況変動の類型化を進展させ、河川系低塩分水の流入など沿岸の局所的な現象や海況変動に影響を及ぼす気象変動現象にも着目し、それらの要因を加えた漁海況変動特性の解明に研究を進展させる必要がある。

本研究で用いたこの航走水温観測手法は、一度観測システムを設定してしまうとその後の観測に要する経費があまりかからないこと、保守・点検が容易で人手を要さないなどの技術的な利点がある。しかし、海洋の流動状態を直接に測定したものではないこと、鉛直的な海洋構造の観測ができないこと、リアルタイムな情報の取得には特別な装備を加えることを要するなどの問題が残されている。そのうち、海洋構造の鉛直的な把握については、XBTの設定時刻毎の自動投下による水温の鉛直断面観測が技術的に可能で、現在そのシステムの作成が試みられている。しかし、将来における漁海況の短期予測手法の確立に向けた沖合における数日程度のリアルタイムな海洋変動情報の取得のためには、得られた航走水温観測データを船舶電話などを介して自動的に転送するシステムへの発展が望まれる。

なお、本研究の一部は、昭和63年度の文部省科学研究費補助金における奨励研究(A)「熊野灘・遠州灘沿岸海域における漁海況短期変動」(課題番号 63790365)によるものであることを付記する。

## 6. 謝 辞

終りに臨み、航走水温観測に御協力を頂いている㈱日本高速フェリー所属「さんふらわあ8」と㈱太平洋フェリー所属「いしかり」の船長・乗組員及び社員の方々に感謝する。また、「いしかり」の航走水温資料を快く提供して下さいた東北大学理学部花輪公雄助教授に厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- HANAWA, K. (1983) Sea surface temperature off Sanriku Coast and east of Tsugaru Strait monitored by ferry Ishikari. The Science Reports of the Tohoku University, **29**, 129-149.
- KAWABE, M. (1987) Spectral properties of sea level and time scales of Kuroshio path variations. J. Oceanogr. Soc. Japan, **43**, 111-123.
- KIMURA, S. and T. SUGIMOTO (1987) Short period fluctuations in oceanographic and fishing conditions in the coastal area of Kumano-nada Sea. Nippon Suisan Gakkaishi, **53**, 585-593.
- 木村伸吾・小林雅人・杉本隆成(1987) 熊野灘の短期漁海況変動. 海洋科学, **19**, 429-433.
- 木村伸吾・杉本隆成(1988) 遠州灘沿岸域における短期漁海況変動. 水産海洋研究会報, **52**, 221-228.
- LEE, T., L. ATKINSON and R. LEGEKIS (1981) Observations of a Gulf Stream frontal eddy on the Georgia continental shelf, April 1977. Deep-Sea Res., **28A**, 347-378.
- 松本孝治(1985) 黒潮流路の蛇行状態と黒潮内側反流. 水産海洋研究会報, **49**, 52-54.
- 松村皐月(1986) 気象衛星受画装置(NOAA-APT)に見られる黒潮内側反流域の海況変動. 航水研ノート, 空と海, **8**, 27-37.
- 西村昭史(1987) 熱赤外面像から見た熊野灘の海況変動. 海洋科学, **19**, 434-440.
- 西村 司・島山祐二・杉村俊郎・田中総太郎(1986) 黒潮研究への渦運動論的アプローチ—衛星リモートセンシングの効用—. 日本リモートセンシング学会誌, **6**, 297-315.
- 岡田鋭一・為石日出生(1983) 衛星情報システム試験によって得られた知見. 航水研ノート, 海と空, **6**, 13-30.
- 斎藤誠一(1983) リングの変動と資源生物の時空分布. 海洋科学, **15**, 274-285.
- 杉本隆成・佐々木十一郎・小林雅人(1985) 熊野灘・遠州灘の海洋構造と変動. 水産海洋研究会報, **49**, 33-37.
- SUGIMOTO, T. and M. KOBAYASHI (1988) Current observation system using ship-drift and its applications in Kumano-nada and Enshu-nada Seas. J. Oceanogr. Soc. Japan, **43**, 363-376.
- 竹内淳一(1987) 熊野灘南部海域における暖水舌と沿岸湧昇. 海洋科学, **19**, 447-455.
- 為石日出生(1985) 漁業情報としての赤外リモートセンシング. 海洋科学, **17**, 453-463.
- 為石日出生(1986) 赤外面像からみた渦動の生成・成長と漁場. 航水研ノート, 空と海, **8**, 1-13.
- 宇野木早苗・海野 裕(1983) 東海・関東沿岸海域における暖候期の低温化現象. 水産海洋研究会報, **44**, 17-28.