

沖縄島南東沿岸の海況変動と その変動要因

金城清昭・友利昭之助*

1. 緒言

沖縄島東岸沿岸は、曳縄・トビイカ釣り・マグロ延縄などの沖縄県の漁業の重要な漁場となっている。さらに琉球列島東方海域は春季のカツオ一本釣漁場であり（宮崎県水産試験場日南分場、1983）、またウナギやクロマグロの主産卵場ともされており（Matsui, 1957; 木川ら、1982）、全国的にも水産上重要な海域である。しかしながら琉球列島東方の太平洋での観測例はきわめて少なく（海洋資料センター、1975）、長崎海洋気象台（1961, 1965, 1966, 1967, 1975）の列島東方の観測、長崎県水産試験場（1964, 1965）の沖縄南東海域の観測、浅見ら（1968）の列島東方か台湾東方海域の観測、石井ら（1981）のアルゴスブイの航跡とそれにもなう観測を数えるにすぎず、この海域での海況の変動パターンやその変動要因については、ほとんど知られていない。

本稿では沖縄県水産試験場が1972年から行なっている漁況海況予報事業の沖縄南部沿岸定線で得られた海洋観測資料を用いて、150m層水温の変動や表面流況の変化などから沖縄島南東沿岸の海況変動について述べ、その変動要因について考察した。

永年にわたり海洋観測業務にあたられた沖縄県水産試験場の漁業室ならびに漁業調査船くろしおおよび図南丸の方々に感謝する。

2. 資料と方法

用いた資料は1972年8月から1983年12月の間に沖縄県水産試験場が行なった沖縄南部沿岸定線（図-1）観測によって得られたものである。

この定線では1972年8月から1975年8月の間はSt. 1～3、4'～6'、7～10の定点で、それ以降はSt. 1～10の定点で最深200mまでの各層観測を行なった。また1980年8月以降はSt. 1～4、6～8の7定点でGEK観測を、1983年2月以降はSt. 5でのDBTによる800mまでの水温観測を加えて行なった。この定線の観測は1～2日間で終了する。

観測の頻度はおおむね月1回であったが、悪天候やほかの理由で毎月行なわなかったり、同じ月に2回行なったこともあった。そのため各月の観測回数はまちまちで、9月が6回、11月が4回と少ないが、ほかの月は8～12回である（図-2）。また観測の実施日を月の一定の時期に決めなかったため、観測日は上旬から下旬までに及んでいる。月2回の観測を行なった場合は、各々をその月の観測値として扱った。

各層観測は最深200mまで行なったが、測深儀のワイヤーの傾角が大きい場合には200m層の資料が得られないことが多かったため、各層観測の最深層の資料は150m層を用いた。

* 沖縄県水産試験場八重山支場

またSt.1, 9, 10の資料は島にごく近かったり、水深が浅いために、ここでは用いず、St.2~8の資料のみを用いた。

水温の平均値からの偏差は、月平均水温とある月のSt.2~8の水温の平均値との差で示す方法と月ごと定点ごとの平均水温とある月の任意の定点の水温との差で示す方法の2通りによった。前者は平均水温からの偏差の時系列変化を、後者はある月の平均水温からの偏差の水平分布を表わす場合に用いた。

3. 結果

水温変動

10m層の月平均水温は2月に最低値21.71°C, 8月に最高値28.60°Cを示し、顕著な季節性がみられる(図-2)。一方、150m層では5月に最低値20.30°C、9月に最高値21.41°Cを示したが、この差は1.11°Cで、10m層のような顕著な季節性はみられず、年間を通じて比較的安定している(図-2)。

St.5でのDBTによる水温観測では、1983年8月以前には150m層水温の変動はより深層の水温変動とよく対応していた。1983年9月から11月の間は150mと200m層水温に対応関係がみられたものの、それ以深の層の水温との対応は認められなかった(図-3)。

これは春季の昇温期や夏季の成層期には海水の鉛直安定度が大きくて躍層が発達するので、150m層水温が深層の水温変動をよく反映するが、9月から11月の降温期には鉛直混合が活発になり、150m層水温が上層の水温の影響を受けるために深層の水温変動を反映しなかったと解釈される。

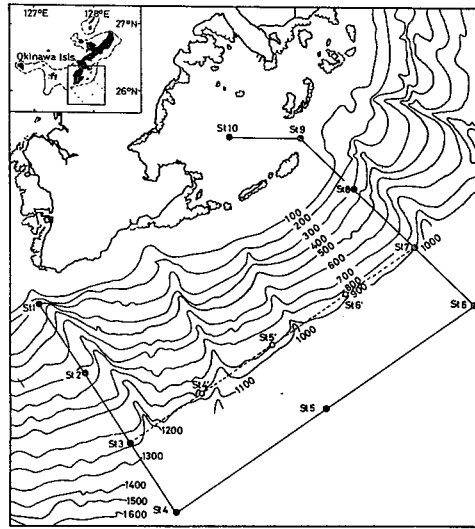


図-1 調査海域と定線

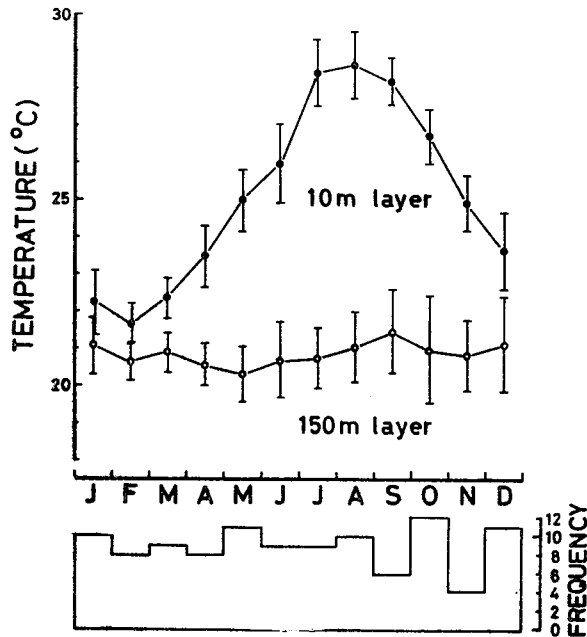


図-2 10mと150m層の月平均水温とその標準偏差および月ごとの観測回数の頻度

このような前提に立って、1972年8月以降の150m層水温とその平均値からの偏差の時系列的な変化をみると、150m層水温は19°C台から23°C台の間を大きく変動していた(図-4)。しかも1975年のように夏季に高水温、冬季に低水温を示すこともあれば1981年のように夏季に低水温、冬季に高水温を示すこともあり、季節とは無関係な水温の変動を示した(図-4)。またDBT観測の結果は、例えば500m層で3°C、800m層で1.5°Cの幅の深層水温の大きな短期変動を同様に示した(図-3)。

仮に海水の急激な動きがないとすれば、150m層水温の平均像には季節性がみられ、また150m層やより深層での水温の短期的かつ大きな変動はみられないはずである。それゆえ、これらのことはこの海域でかなり短期的な深層にまで及ぶ海水の動きによる海況の変動が存在することを示唆している。

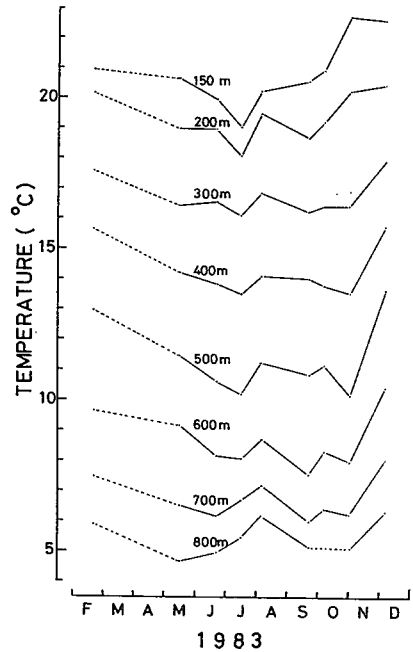


図-3 St. 5でのDBT観測による各層の水温の変化

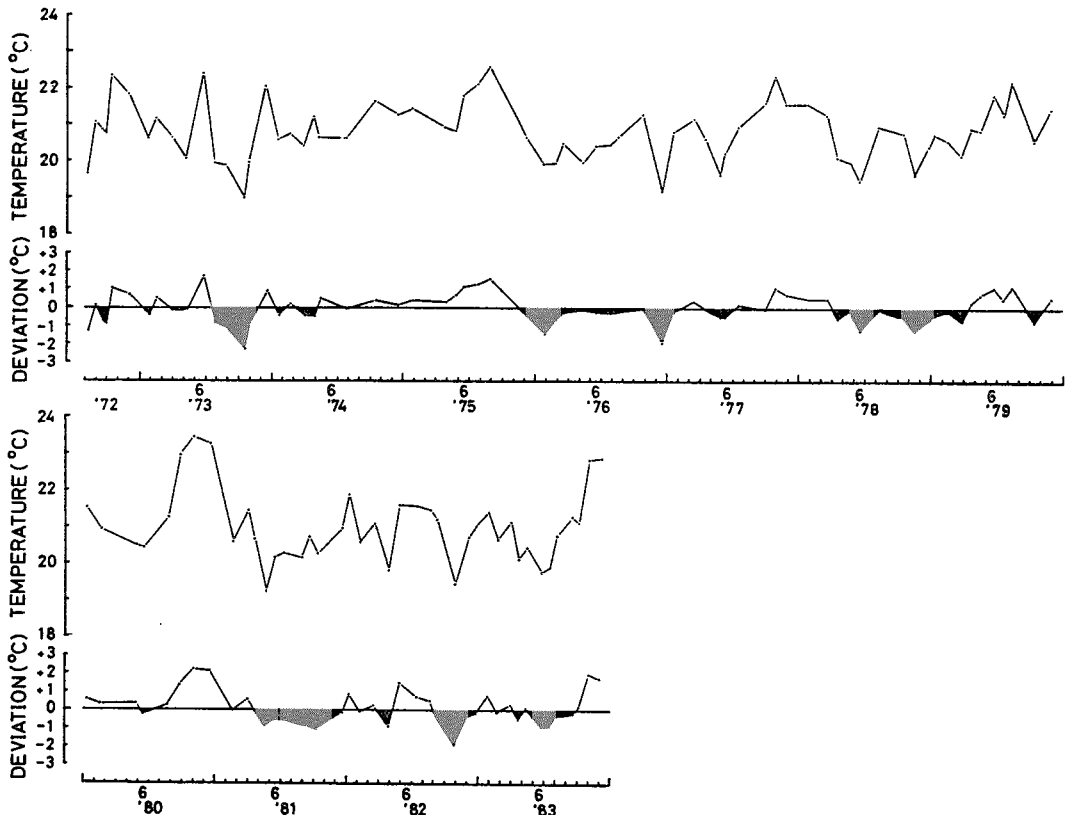


図-4 150m水温とその平均値からの偏差の時系列的な変化

表面流況

1981年から1983年の間の2月、5月、8月と12月の各月の表面流況と各々の観測時の風向・風速を図-5に示した。なお秋季については、過去の11月の観測が悪天候などによって欠測したために12月を代表させた。

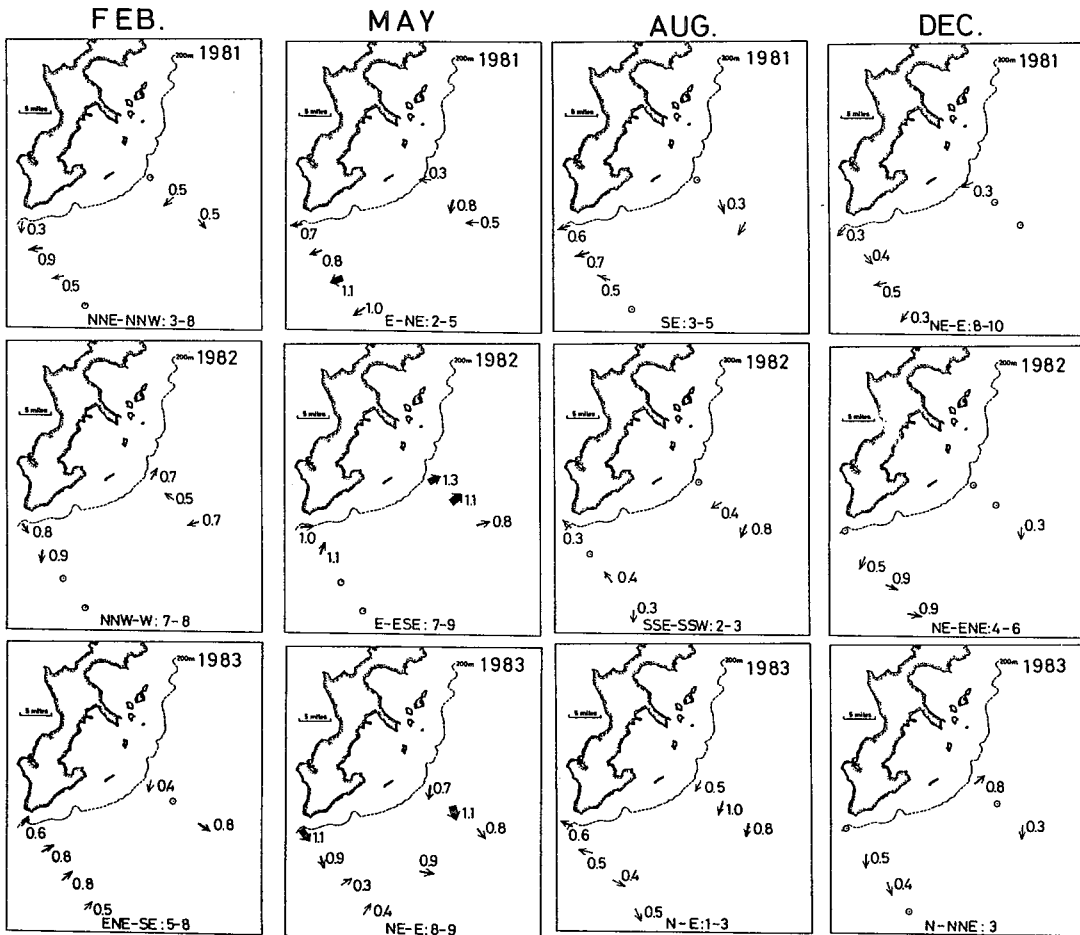


図-5 1981年から1983年までの2・5・8・12月の表面流況。矢印は流向、矢印の近くの数字は流速をノットで示した。各々の図中の中央下部には、観測中の風向と風速 (m/s) を示した。

表面流は1981年12月などのように流速が0.5ノット以下のこともあれば、各年の5月や1983年8月のように1ノットを超える流れがみられることもあった。どの年にも5月の表面流は速かったが、流向は年によってまちまちであり、またほかの月については流向・流速ともに各年の月の間に共通性は認められなかった。(図-5)。

沖縄では冬は北東季節風が、夏は南東季節風が卓越する(琉球气象台, 1964)ので、仮にこの海域の表面流が風に起因するとすれば、エクマン理論から冬は北西方向、夏は北東方向の流れが卓越すると考えられる。しかし図-5に示した表面流の流向には顕著な季節風の影響は認められなかった。

観測時の風向風速と表面流の間には、1981年の2月、1982年の5月、1983年の2月については、風の吹く方向に右直角な流れがみられ、風と表面流の関係が見出せた。しかしほかの9回についてはこの関係はみられなかった。(図-5)。

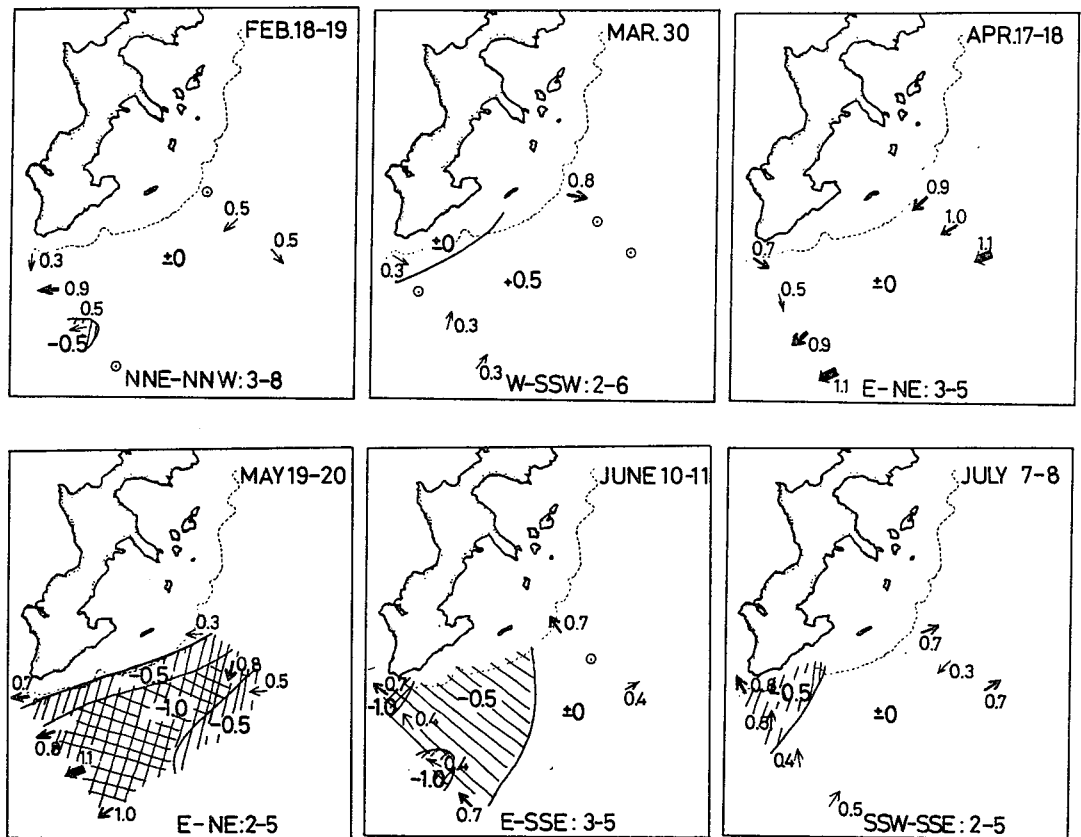
また定線の沖側の定点の水深は1,500m内外に達するので(図-1)、潮汐の影響は小さいと考えられる。

以上のことはこの海域では風や潮汐の影響を多少とも受けながらも、これらの要素以外の何かによって表面流の流向や流速が変化していることを示唆している。

表面流況と150m層水温の平均値からの偏差の関係

表面流況と150m層水温の平均値からの偏差の関係の例を図-6と図-7に示した。

1981年2月から7月の例(図-6)では、2月と3月に表面流は弱く、海域全体に流れの方向性は認められないが、4月には1ノット内外の南西流がみられ、5月にも0.5~1.1ノットの南西流



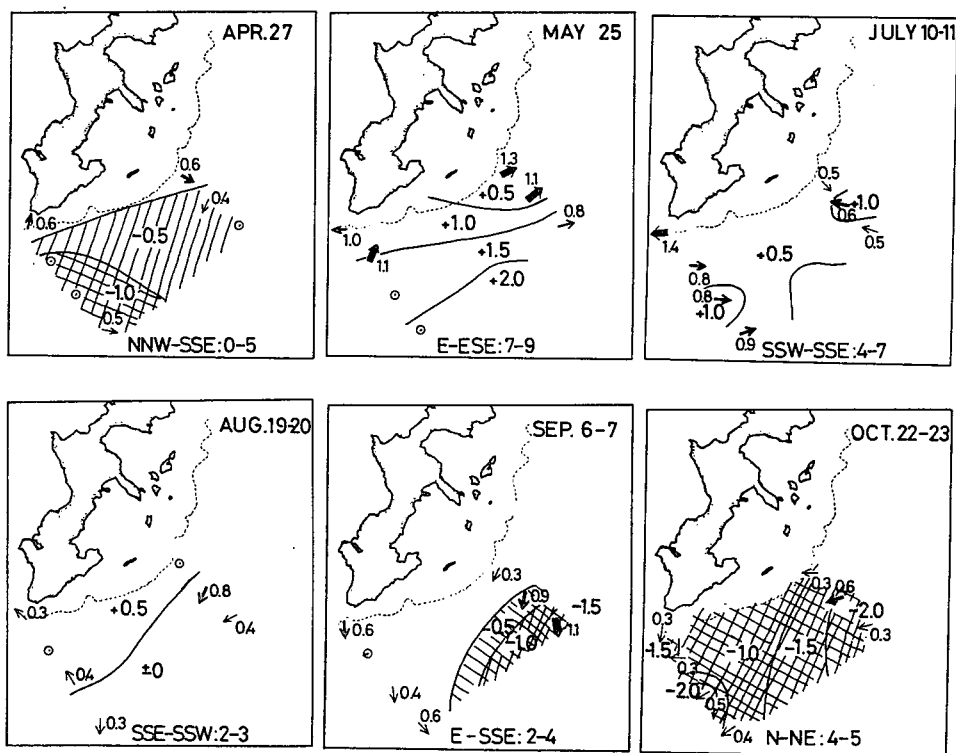
FEB. - JULY, 1981

図-6 1981年2月から7月の間の表面流と150m層水温の平均値からの偏差の関係。表面流と風向・風速の表現は図-5の説明参照。図中の+、-の表示は偏差を示し、偏差が-0.5以下の場合、その部分を斜線で示した。

がみられた。また5月の150m層水温は平均値からマイナスの偏差となっていた。6月と7月には西側のSt.1~4の定点で北西から北寄りの流れがみられ、150m層水温は徐々に平均値に回復した。

1982年4月から10月の例(図-7)では、4月には表面流は弱く全体に流れの方向性は認められないが、150m層水温はマイナス偏差であった。5月になると1ノット内外の北東方向の流れがみられ、150m層水温は沖合部で2°C以上プラス偏差の部分がみられ、全体的にプラス偏差であった。7月には西側のSt.2~4の定点で東方向の流れがみられ、150m層水温は0.5~1°C程度プラス偏差であった。8月には全体に流れは弱い、沖合部では南から南西の流れを示し、150m層水温は平均値に近づいた。9月には流れは全体に南方向で1ノット内外と強くなり、東側沖合部に-1°C以下の偏差の部分がみられ、10月になると全体に流れは南西から西方向を示し、150m層水温は海域全体で1~2°Cマイナス偏差となった。

すなわち1981年2月から7月の例(図-6)では、4月に東方から反時計回りの冷水渦が沖縄島南東沿岸に接近し、5月に海域全体をおおい、その後徐々に西方へ移動していったと解釈できる。また1982年4月から10月の例(図-7)では、5月には時計回りの暖水渦が海域全体をおおい、その後西方へ移動したのち、8月から9月に東方から反時計回りの冷水渦が接近して、10月には海域



APR.-OCT., 1982

図-7 1982年4月から10月の間の表面流と150m層水温の平均値からの偏差の関係。

図中の表現は表-5と6の説明参照。

全体をおおったと解釈できる。

このように表面流況と150m層水温の平均値からの偏差には対応関係がみられ、沖縄島南東沿岸に反時計回りの冷水渦や時計回りの暖水渦が東方からやって来て、西方へ移動していくという想定でよく説明される。

さらにこの想定に立って、海域全体として流れに方向性がみられない場合、時計回りと考えた場合、反時計回りと考えた場合の3つについて、その時の150m層水温の平均値からの偏差がどうであったかを29回の例について類型分けした(表-1)。

流れに方向性がみられない場合には150m層水温はマイナスからプラス偏差に幅広くみられたが、 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内の偏差に最も多かった。時計回りと考えた場合には $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内の偏差からプラス偏差に片寄り、マイナス偏差にはみられなかった。また反時計回りと考えた場合には $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内の偏差からマイナス偏差に片寄り、プラス偏差はみられなかった。ここでも表面流況と150m層水温の平均値からの偏差との間には、対応関係が認められた。

次に流れが反時計回りで150m層水温が -1°C 以下のマイナス偏差の1981年5月と時計回りで150m層水温が 1°C 以上のプラス偏差の1982年5月についてSt. 2~8の表面から200m層までのT-Sダイアグラムを示した(図-8)。

1981年5月は低温・高鹹、1982年5月に高温・低鹹であり同時期にもかかわらず両者の水

表-1 表面流の方向性と150m層水温の平均値からの偏差の関係。表中の数字は流れの方向性と偏差の各々の組み合わせの頻度を示す。

| 流れの方向性 | 150m層水温の平均値からの偏差の階級 | | | | |
|--------|---------------------|---|---|---|----|
| | CC | C | O | W | WW |
| 時計回り | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 方向性なし | 0 | 4 | 9 | 1 | 3 |
| 反時計回り | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 |

CC : $\leq -1^{\circ}\text{C}$, C : $-1^{\circ}\text{C} < < -0.5^{\circ}\text{C}$, O : $\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
 W : $+0.5^{\circ}\text{C} < < +1^{\circ}\text{C}$, WW : $\geq +1^{\circ}\text{C}$

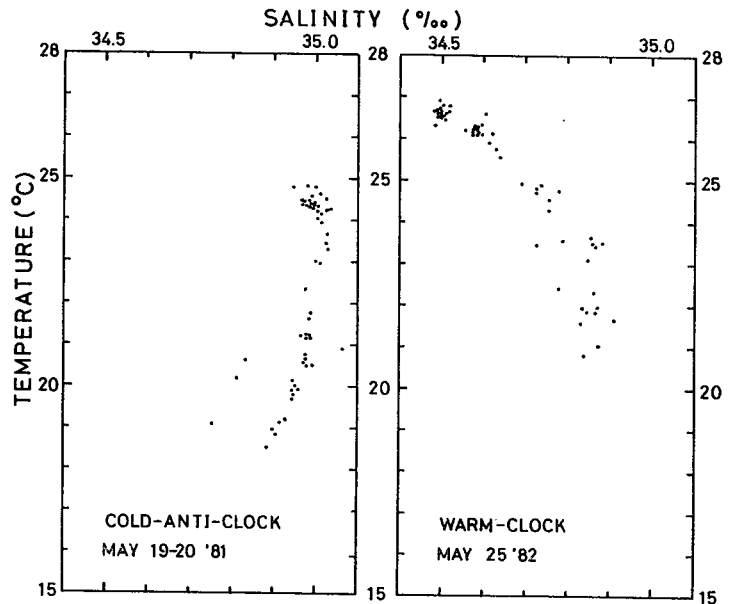


図-8 1981年5月と1982年5月のT-Sダイアグラム。前者は低温・反時計回り、後者は高温・時計回りの例。

温は各層で約2°Cの差がみられ、塩分極大層の水深にも相違がみられ、1981年5月のT-Sダイヤグラムからは中層水の湧昇が読み取れた。

このように表面流の方向性と150m層水温の平均値からの偏差が両極端の場合を比較すると海況状態が非常に異なるのがわかる。

4. 考 察

1959年ごろの中立ブイによる深層流観測や1970年代はじめごろにポリゴンやモード観測などが行なわれるようになって、海洋中には低気圧性や高気圧性の中規模渦が存在することが明らかになり、一方黒潮と同じ西岸強化流であるGulf Streamでは蛇行部分から切離したGulf Stream ringが南西に移動することが知られている(永田, 1981)。前者は流速10cm/s程度、水平スケール200km程度、性質的にはバロトロピックで、2cm/sの速度で西方へ移動し、また後者は表面流速が最大1.5m/s、水平スケール100~400kmの楕円形で、寿命が1~4年、性質的にはバロクリニックな渦である。(松浦, 1981)。さらに黒潮においてもGulf Stream でみられるのと同様に黒潮続流域で南に切離する冷水渦や北へ切離する暖水渦の存在が知られている(Chenney, 1977; 友定, 1983)。

一方、琉球列島東方海域では、沖縄島と奄美大島東方海域でアルゴスブイが約6ヶ月間にわたり反時計回りの流路を示し、その時に奄美大島東方で冷水渦が確認されている(石井ら, 1981)。また宮古島南東方の23°N, 125°~126°E付近では反時計回りの冷水域(長崎海洋气象台, 1965; 浅見ら, 1968)や沖縄島南方の24°N, 128°E付近を中心とする時計回りの暖水渦(長崎海洋气象台, 1975)などが観測されている。宮古島南冷水渦(斎藤, 1983)は古くからその存在が知られている。さらに小杉(1983)は1938年から1980年までの沖縄東方海域の観測資料から、過去に38回の冷水域の存在を確認し、観測例の少ない海域にもかかわらず冷水域の出現率は高く、またかなり広範囲に分布していることから、この海域ではいつもどこかに冷水域が出現存在し、これらが移動性のものではないかと考えている。

このように海洋中には様々な渦が存在すること、琉球列島東方では多くの冷水渦や例は少ないが暖水渦が観測されていることは、反時計回りの冷水渦や時計回りの暖水渦が東方から沖縄南東沿岸に不規則に接近し、西方へ移動すると想定した場合に、定線調査の海域で表面流の変化と150m層水温の変動がよく説明されることの根拠を与えていると考える。

沖縄島の周辺でマイワシの当才魚が漁獲された記録(金城ほか, 1984)やサンマの卵・稚仔成魚が冬季にこの海域でみられること(琉球水産研究所, 1956, 1958, 1959; 喜屋武, 1979)を考慮すると、これらの魚が黒潮から切離した冷水渦によって沖縄近海まで輸送されて来たとも考えられ、Gulf Stream ringに相当する渦の沖縄東方海域での存在の可能性を示唆するものであろう。

沖縄島南東沿岸での表面流の変化、150m層水温の変動、さらに深層水温の変動などにみられる

海況変動が、冷水渦や暖水渦がランダムなコースで西方移動することによってもたらされるとするには、調査海域が沖縄島のごく沿岸の狭い範囲であるため、きわめて困難がある。そのため将来、この海域での広域な多船同時観測や多数の測流計を用いた観測など組織的な調査が望まれる。

5. 文 献

浅見忠彦・花岡藤雄・松田星二, 1968: 四国南方, 九州南西および台湾東方海域の海洋生物調査. 漁業資源研究会議報, (7), 45-68.

Chenney, R. E., 1977: Synoptic observations of the oceanic frontal system east of Japan. J. Geophys. Res. 82 (34), 5459-5468.

石井春雄・倉本茂樹, 1981: 漂流ブイによる調査(2). 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書(その4), 科学技術庁研究調整局・海洋科学技術センター, 140-152.

海洋資料センター, 1975: 海洋環境図 外洋編一北西太平洋. 日本水路協会, x+165 pp.

金城清昭・川崎一男, 1984: 沖縄島におけるマイワシの出現. 水産海洋研究会報, (45), 180-181.

木川昭二・西川康夫・本間操, 1982: 昭和56年度「近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究」(マリンランディング計画) プロGRESSレポート, クロマグロ (2). 遠洋水産研究所, 21-26.

小杉瑛, 1983: 沖縄東方海域における冷水域の出現. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書(その6), 科学技術庁研究調整局・海洋科学技術センター, 93-99.

喜屋武俊彦, 1979: 沖縄近海に出現する稚仔魚. 沖縄水試資料 No.39, 65 pp.

Matsui, I., 1957: On the records of a leptocephalus and catadromous eels of *Anguilla japonica* in the waters around Japan with a presumption on their spawning places. J. Shimonoseki Coll. Fish., 7(1), 151-168, pl. 1.

松浦知徳, 1981: 海洋中の中規模渦. 月刊海洋科学, 13(4), 255-263.

宮崎県水産試験場日南分場 1983: 昭和57年宮崎県カツオー一本釣漁場の海況と漁場. 宮崎県水産試験場試験報告 第85号, 38 pp.

長崎海洋气象台, 1861: 海洋速報. 長崎海洋气象台, 第12-04号, 40 pp.

_____, 1965: _____. _____ 第65-07号, 49 pp.

_____, 1966: _____. _____ 第66-07号, 72 pp.

_____, 1967: _____. _____ 第67-01号, 48 pp.

_____, 1975: _____. _____ 第77号, 32 pp.

長崎県水産試験場, 1964: 支那東海漁場開発調査第24号. 長崎水試登録第235号, 45 pp.

_____, 1965: _____ 第25号. _____ 第247号, 41 pp.

永田豊, 1981: 海洋の物理・海の中の風と嵐. ブルーバックス, 講談社, 東京, 227 pp.

琉球气象台, 1964: 沖縄群島の気候表, 戦前・戦後の区分観測所気象統計資料. 琉球气象台,

140 pp.

琉球水産研究所, 1956: 5, 秋刀魚の漁場調査, (56年2~3月). 1956年度琉球水産研究所事
報告書, 19-22.

————, 1958: 第1, 2, 3次秋刀魚回游状況調査. 1958年度————, 25-31.

————, 1959: 1, 秋刀魚游調査. 1959年度————, 1-2.

斎藤誠一, 1983: リングの変動と資源生物の時空分布 —— 人工衛星データによるアプローチ.
月刊海洋科学, 15 (5), 274-285.

友定彰, 1983: 黒潮統流の南へ切離するコールドリングの海洋構造. 黒潮の開発利用の調査研究
成果報告書(その6), 科学技術庁研究調整局・海洋技術センター, 100-121.