

## 南西諸島海域の流況について (ADCP, アルゴス漂流ブイ等の観測結果から)

三宅 武治：第十一管区海上保安本部水路調査課

### On the Currents around the Nansei Syoto (Results of ADCP and ARGOS drifting buoy Observations)

Takeharu Miyake : 11th R. M. S Hqs.

#### 1. はじめに

第1図はJODC(日本海洋データセンター)発行の「日本近海海流統計図」(1991年)である。黒潮は台湾と西表島の間を通り、東シナ海を大陸棚外縁に沿って北上する。また、石垣島南方では亜熱帯反流となって東進する。以上が南西諸島付近の平均的な流れであるが、この統計図の基礎となっているデータは、偏流やGEKのデータのため絶対数が少なく、流れの観測値が無い部分が統計メッシュには多々見られる。

このようにこの海域のデータは少なく、過去の論文等を調べても、「(この付近は…)時間的にも空間的にも観測密度が低いため確認されていない」(海洋大事典, P495)等と記述されている事が多い。

ところが、近年巡視船にGPSが装備されADCPのデータの精度が向上し、その測得数も増加した。また、各管区本部には海洋データ高度利用システムにより、ネットワーク化されたWS(ワークステーション)が配備され、管区でも本庁と同様なデータにアクセスし処理できる環境が整えられた。

このような背景からADCPデータおよびアルゴス漂流ブイ等のデータをもとに、最近の海流観測の結果と併せて南西諸島の流況をまとめてみた。

#### 2. ADCPデータを基にした海流統計図

第2～5図に巡視船により得られたADCPデータを解析し、海流値を季節別に統計処理した統計図を示す。使用したデータはGPS搭載により、信頼できるデータが得られるようになった1993年9月以降のものである。統計処理の方法は各データを緯度経

度10分メッシュに分類し、さらに流向により16方位に分類した。この各方位毎のデータを平均化し、最頻度のデータを代表値として採用した。一般的な北方東方成分に分解し平均化する方法をとらなかった訳は、このデータを漂流予測等の資料に活用するためには流れの最頻度方向が重要だと考えたからである。また、潮流の補正は行っていない。

統計結果からは黒潮本流域付近を除いて、一定の流れが存在する傾向は明瞭でない。また、巡視船の哨戒行動に合わせて観測されるためデータは東シナ海側に多い。

#### 3. アルゴス漂流ブイデータを基にした海流統計図

第6～9図はアルゴス漂流ブイにより求めた統計図である。本庁海洋調査課WSのアルゴス漂流ブイのデータを、当管区WSに転送し処理した。処理方法は上記ADCPデータの場合と同様である。

南西諸島付近に投入されたか、あるいはこの付近を通過したアルゴス漂流ブイは、1995年10月現在全部で30個あり、比較的多くの観測実績がある。

流速の計算方法は同一ブイの前後2個の位置及び時間から、移動距離と経過時間を計算し、移動方向及び速度を計算しこれを海流値とした。採用したデータは経過時間が0.2から48時間以内で、かつ移動距離が0.2から60M(マイル)の間のデータである。

アルゴス漂流ブイのデータは、ADCPによる統計結果が少ない太平洋側に多くADCPのデータを補完する関係となっている。黒潮本流域を漂流したブイはほぼ2ノット以上の値を表していることから、海流の計算値はほぼ妥当と思われる。

#### 4. 海流観測による結果

当本部では1993年から海流観測の方法を、比較的狭い範囲を精密に観測できるように、格子状に観測線を設定してきた。これは従来のように広く薄く観測することより、範囲は狭くても海洋の微細な構造を探ろうと意図したものである。

この結果特に次に述べる2海域で、興味深い現象が明らかになった。

##### 1) 与那国島南方南下流

1993年12月24日から12月27日、巡視船「はてるま」により実施した先島群島周辺海域の観測では、黒潮本流とは別に与那国島と西表島の間を南に流れる反流を確認した(第10, 11図)。このような南向きの流れは従来観測されたことはなかった。なお、翌1994年9月の観測ではこの南下流は、観測できなかった。

このほか、本観測時に台湾北方の冷水域を取り囲む反時計回りの流れも観測された。

##### 2) 沖縄本島南東海域暖水渦

1995年8月25日から8月29日、巡視船「くにかみ」により実施した観測では、沖縄本島南東海域に暖水渦が存在するのを確認した。

また、9月10日から9月12日に行った追加観測でも暖水渦がほぼ同様の位置に確認された。

沖縄本島及び宮古島の太平洋側では従来より循環流の存在が論じられており、過去にも冷水渦が幾度か観測されていた。小杉(1983)はその出現数を調査しているが、これらの観測の多くは何れも観測線が1本だけであったり、水温分布による類推からであった。一方、暖水渦についての観測結果は報告されていない。

今回の観測はADCPによる流れの連続的な観測及びXBTによる密な観測(20M間隔)を複数の測線(測線間隔15M)で行い、しかも幸運なことに暖水渦の中心となる測点27は観測範囲の中心であった(第12, 18, 24図)。これらのデータから今回の暖水渦を解析した。

##### イ) 水温

第13, 14図は測線方向を南北に、第15, 16図は東西に取った水温鉛直分布図である。いずれも渦の中

心の測点27付近で暖水が確認された。

50m付近に存在する季節躍層の上は表層混合層となっており、この水温鉛直分布図から暖水の存在が確認できるのは250m以深である。つまりこの暖水渦がそれほど新しいものではないことを示唆している。今回の観測結果を基に過去に遡って調査したところ、この暖水渦は当本部や他機関の観測データでは少なくとも1995年7月には存在していたことを確認している。

第17図, 18図はXBTによる5m, 400m層の水温水平分布図である。400m層の水温水平分布図では、測点27を中心にバラの花びらのように広がった水温の分布が分かる。暖水渦の直径は東西160M, 中心は喜屋武岬の東南東約70M(25—30N, 129—00E)であった。第19図は暖水渦の水温構造を3次的に表したものである。400m層における暖水渦中心の温度の高まりが、視覚的に理解できる。

##### ロ) 流況

ところで我々がこの海域を調査しているとき、偶然にも2個のアルゴス漂流ブイが同海域を漂流していた(第20, 21図)。NO: 23904及びNO: 23907がそれであり、いずれも本庁水路部が1995年に投入したブイである。

NO: 23904は南方で投入された後、おそらく北赤道海流に乗ったと思われるが、1995年6月には宮古島東方に到着し再び南下した後北上し、6月13日頃今回の暖水渦に捉えられて時計回りの巡回を3回繰り返した。8月5日頃沖縄本島東方海域で渦を離脱した。

NO: 23907は、沖縄本島の南東東海域で投入され、すぐに反時計回りの循環流にのり、7月28日から8月25日にかけて反時計回りに一周している。その後、8月26日から今回の暖水渦に乗りつつ西進した。このブイが25Nを西進している時まさに、我々は同じ25Nの測線を巡視船で東に航走していたのである。その後9月1日に129Eを通過し、この暖水渦を時計回りに一巡し再びこの点に戻ってくるのは、9月13日であった。その後9月16日頃暖水渦を離れ宮古島南東海域に至り、停滞している。おそらく宮古島南方海域の冷水渦に捉えられたものと思わ

れる。

以上のようにして得られた ADCP 観測及びアルゴス漂流バイデータを総合的に図化したのが第22～25図である。

第22図のブイ NO:23904は6月13日から6月16日にかけて北上しているが、その流速は2ノット以上で、最大流速は3.3ノットと計算された。この間の流速は2ノット以上が52個、3ノット以上が8個あり計算誤差ではないと思われ、アルゴス漂流ブイがなぜこのような速さで漂流したか疑問が生じる。第22図のブイ NO:23904は、25-00N, 132-00E 付近から24-00N, 131-00E 付近に7月5日から7月8日の間に平均1.2ノットで南下し時計回りの軌跡をとっている。一方第23図では NO:23907が、同付近を7月27日から8月1日にかけて平均0.8ノットで南下しているが、このブイは南下の後東へ転向し反時計回りの軌跡を描いている。両者のブイはたかだか20日位の差しかないのに、その後の軌跡が大きく異なるのは興味深い。またこの付近の慣性周期は約28時間であるが、NO:23907は7月27日から8月20日にかけての反時計回りの循環の間で慣性周期と思われる振動を繰り返し北上している(第21図)。

第24図中の8月25日から8月29日にかけての、ADCP 観測における平均流速、最大流速は以下のとおりである。

観測層	平均流速 (Knot)	最大流速 (Knot)	方向	緯度	経度
3m	0.98	2.5	266	25-00N	129-00E
100m	0.98	2.1	251	25-00N	129-20E
150m	0.94	2.0	238	25-00N	129-44E

第25図中の9月10日から12日にかけての、ADCP 観測における平均流速、最大流速は以下のとおりである。

観測層	平均流速 (Knot)	最大流速 (Knot)	方向	緯度	経度
3m	1.09	2.3	90	26-00N	129-15E
100m	1.09	2.3	80	25-47N	129-05E
150m	0.97	1.9	145	25-45N	130-08E

それぞれの観測結果からの暖水渦の中心位置は、8月が25-20N, 129-15E, 9月が25-32N, 129-25Eと推定された。この期間中に暖水渦は北に約12M, 東に約10M移動したと思われる。また最大流速域が8月は25-00N, 129-00E 付近であったのに対し9月では、26-00N, 129-15E 付近となっている。

ハ) 暖水渦の構造

第26～28図には8月25日から8月29日の ADCP 観測により得られた、流速のスカラ値を等値線で表した。3m, 100m, 150m層ともに流速の最大値は25-00N, 129-30E 付近で、最小値は渦の中心付近の25-20N, 129-20E 付近であった。渦の流速の強さはどの部分も均一でなく、南側及び北西に強い流れが存在している。

第29, 30図は ADCP 観測の海流値を北方, 東方成分に分解し、等値線で表したものである。北方成分の最大値は測点15の1.26ノット、最小値は測点49の-1.14ノットで129-10E を境に西側が+, 東側が-とほぼ対称な分布となっている。東方成分は、最大値は測点58の1.42ノット、最小値は測点5の-1.98ノットで25-30N を境に北側が+, 南側が-となっている。南側の部分は北側と比較して等値線の幅が狭く、流速の変化が激しい。一方向の成分が+方向より絶対値が大きいことから、東向きの成分より西向きの成分が卓越していることがわかる。

第33図は暖水渦中心からの距離と各層の水温との関係を表している。上段図(3m層), 中段図(200m層)には、その関係は見られないが、下段図(400m層)では、水温は距離に反比例している。水温は暖水渦の中心から1M離れる毎に約0.42℃低下している。

第34図は暖水渦中心からの距離と各層の流速との関係を表している。上段図(5m層), 中段図(100m層), 下段図(150m層)で、縦軸は流速を10倍しその対数をとったものである。渦中心からの距離が20～80Mの間は、比較的ばらつきが少なくほぼ一定の流速値を示している。これは先に述べた、この暖水渦の直径を160Mとしたこととよく一致する。

ニ) アルゴス漂流ブイにより得られた水温変化  
ブイにとりつけた水面下、20～30cmの水温セン

サーで測定した漂流期間中の水温の変化を示す(第35~39図)。第35, 37図は水温値の生のデータであるが一日周期の水温変化が表れており, その変化は最大で2℃以上の時がある。第39図はNO: 23907の8月10日から8月16日の水温生データを拡大した図であるが, これによると水温の最大値はほぼ13時から15時の間に表れている。この変化は一般にみられる気温変化と同様のパターンを示していることから, 太陽輻射との対応が予想される。

第36, 38図は一日毎に平均した水温変化である。第31, 32図は各ブイの一日の平均水温を地図上にプロットしたものである。太線は期間中の平均水温より高い時期を表す。35図と31図を対応させたが, 水温と暖水渦及び冷水渦との対応は認められなかった。これは先の水温鉛直分布でも述べたが, 暖水渦の水温構造が, 表層に現れないことの反映であろう。

ホ) 過去のアルゴス漂流ブイの軌跡

今までに得られたアルゴス漂流ブイのデータから, 同海域付近の循環流と思われるケースをまとめたのが表1である。この海域には冷水渦や暖水渦が頻繁に存在していると推定されるが, ブイの運動から類推すると暖水渦の出現の頻度も多いように思われる。これは従来の水温等の調査から示唆される事実とは異なった結果である。

またこれらの渦の起源を解明することは筆者の手に負えないが, その手がかりとして南西諸島付近に到達したいくつかのブイの軌跡を示す(第40~43図)。NO: 4600, 8719は共に紀伊半島南部を南下し沖縄本島南東部に達している。なお, このときは四国沖の黒潮は大蛇行の時期であった。

一方, NO: 8714は南方海域から南西諸島海域に到達している。NO: 8201は22N, 145Eに投入され西進の後, 北上し四国沖に近づき再び南下し沖縄本島の暖水渦と思われる循環に乗り, 沖縄本島と宮古島の間を東シナ海に抜けている。

5. おわりに

現在当本部には, 5隻の千トン型巡視船が配備され何れも ADCP を装備し, 観測データを着々と収集している。また, 本庁の海洋観測データもアルゴス

漂流ブイの他に JODC の海洋データ管理・検索システム (J-DARS) を使用すればオンラインで管区 WS 上に得ることができる。さらに, 1995年からは NOAA 衛星画像も WS 上で処理できる環境が構築される。管区の家象係として, このようなデータを駆使し, 管区に特有な現象の解明に取り組みたい。

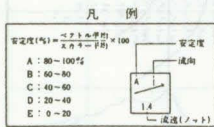
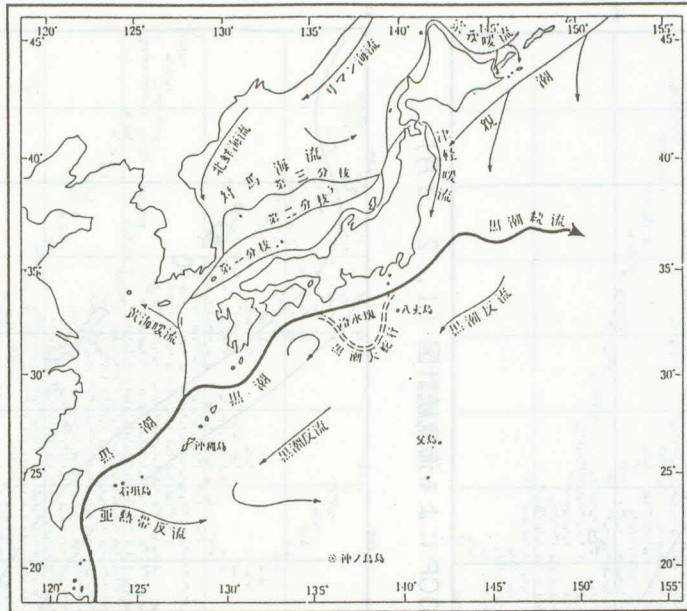
アルゴス漂流ブイのデータ入手にあたり海洋調査課並木官, 木下官, J-DARS でのデータ収集に海洋情報課若松官, 本論の内容にアドバイスを頂いた海洋調査課石井補佐官, 海洋研究室道田研究官, 巡視船での海流観測で苦勞された十一管区水路職員をはじめ多くの方々にお世話になりました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

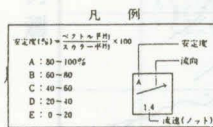
日本海洋データセンター 日本近海海流統計図 (1991)  
 海洋大辞典 東京堂出版  
 第十一管区海上保安本部 海洋概報平成6年第2号  
 第十一管区海上保安本部 海洋概報平成7年第5号  
 石井春雄, 倉本茂樹(1981): 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書(その4) 140~146  
 小杉 瑛(1983): 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書(その6) 93~99

ブイ番号	投入日時	投入位置 (緯度, 経度)	回収日時	回収位置 (緯度, 経度)
NO: 4600	1995.08.10	23.90N, 140.00E	1995.08.16	23.90N, 140.00E
NO: 8719	1995.08.10	23.90N, 140.00E	1995.08.16	23.90N, 140.00E
NO: 8714	1995.08.10	23.90N, 140.00E	1995.08.16	23.90N, 140.00E

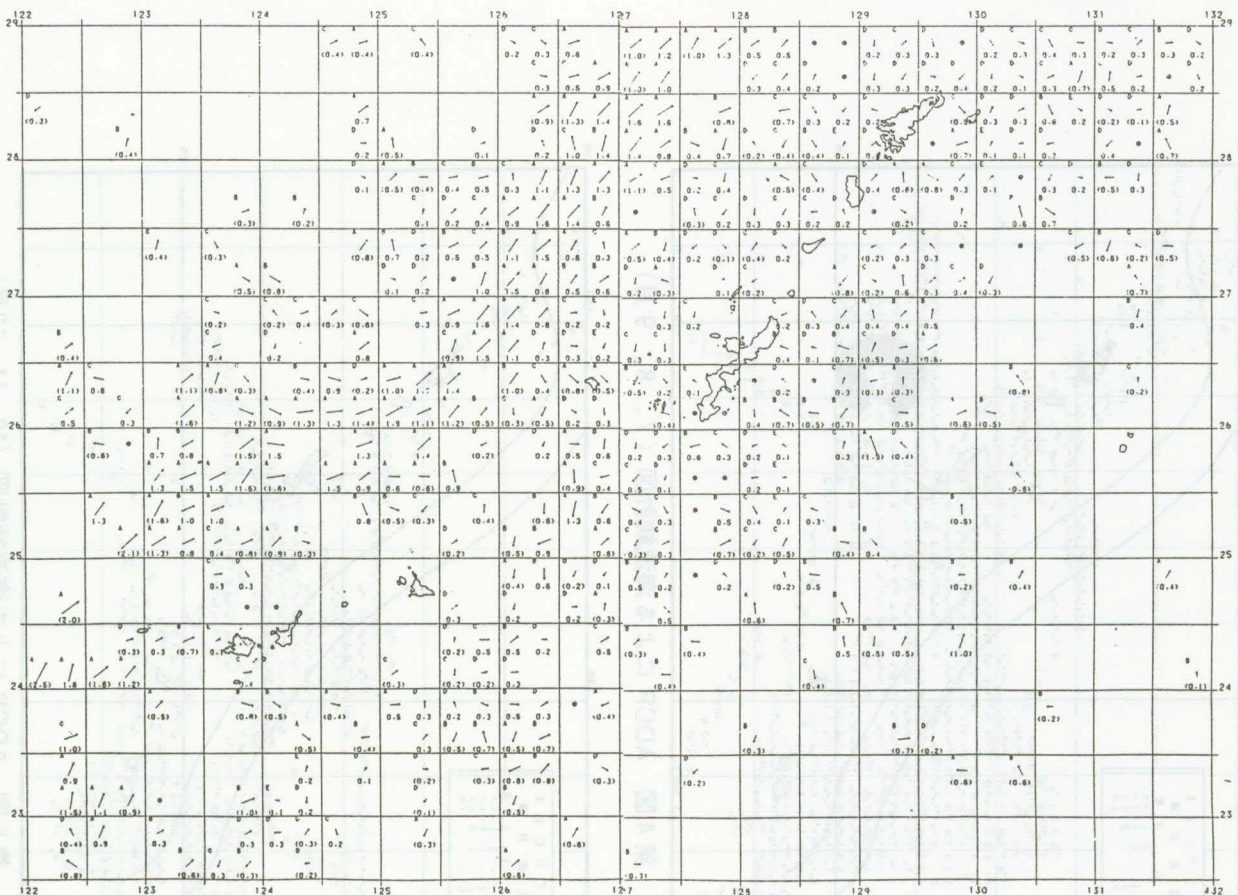
ブイ番号	投入日時	投入位置 (緯度, 経度)	回収日時	回収位置 (緯度, 経度)
NO: 8201	1995.08.10	22.00N, 145.00E	1995.08.16	22.00N, 145.00E
NO: 8714	1995.08.10	23.90N, 140.00E	1995.08.16	23.90N, 140.00E



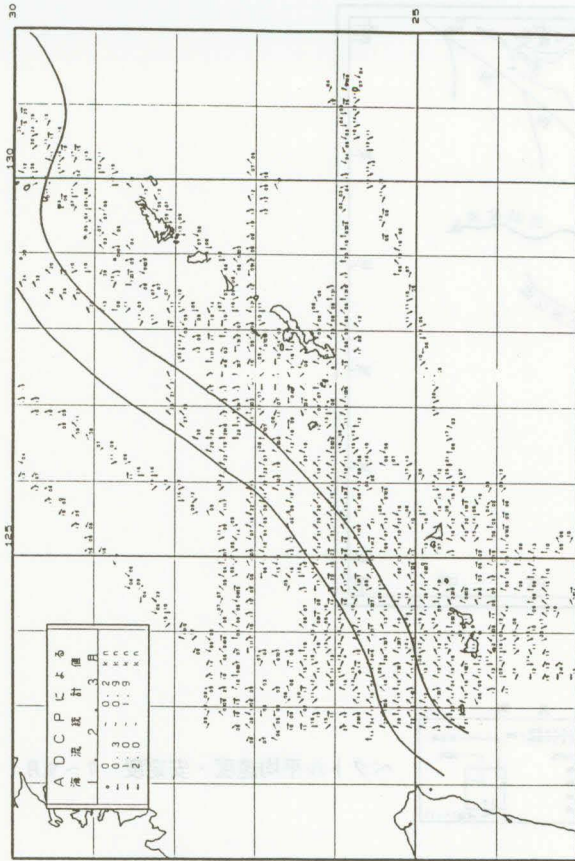
ベクトル平均速度・安定度 7-9月



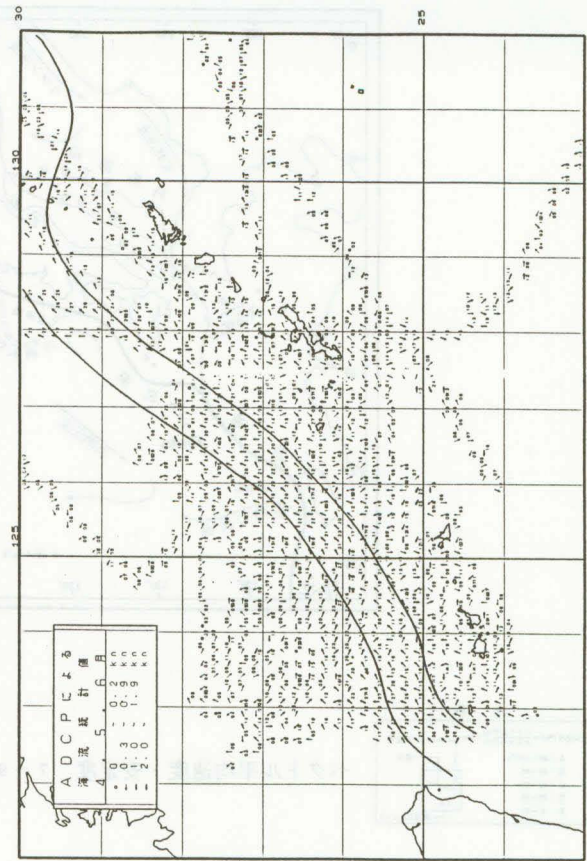
ベクトル平均速度・安定度 7-9月



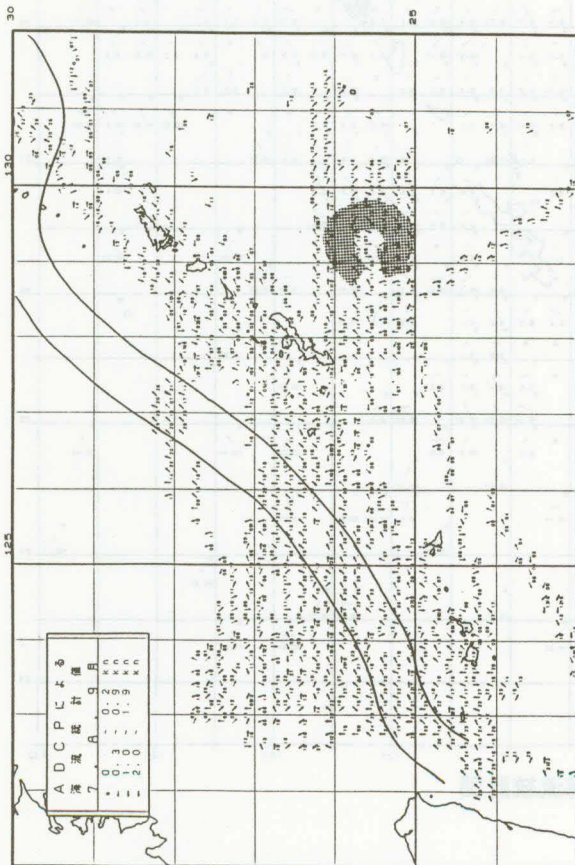
第1図 日本近海海流統計図



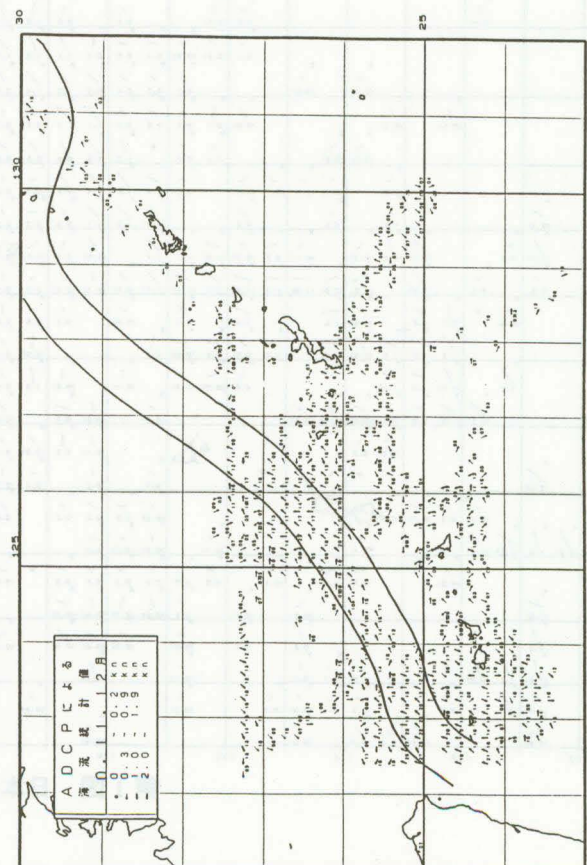
第2図 ADCPによる海流統計図(1, 2, 3月)



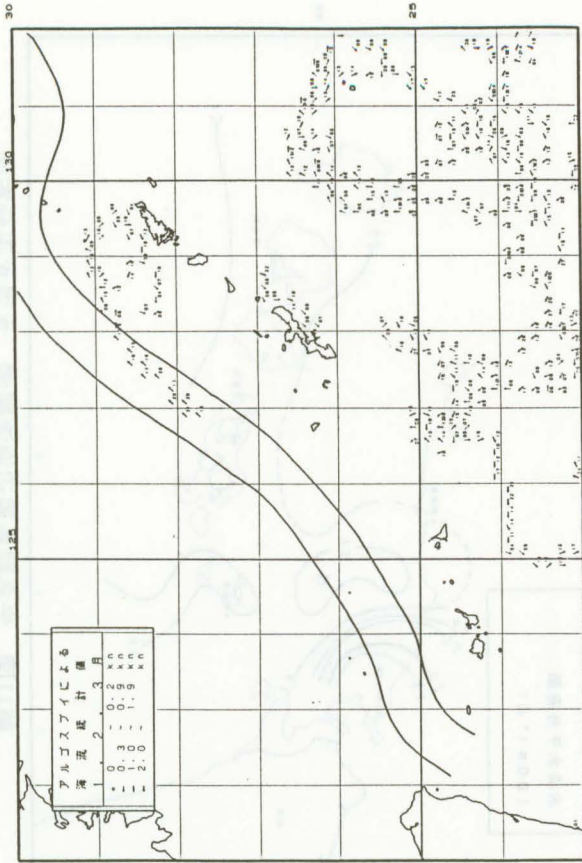
第3図 ADCPによる海流統計図(4, 5, 6月)



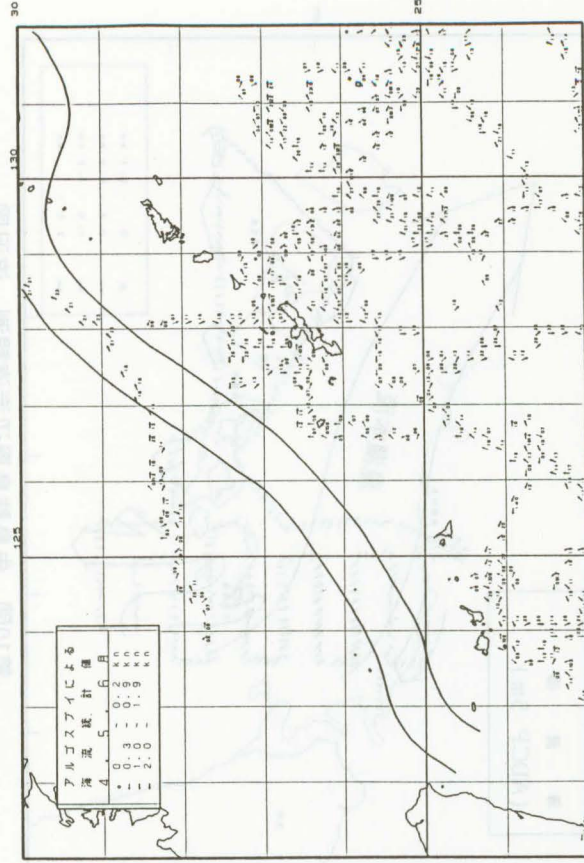
第4図 ADCPによる海流統計図(7, 8, 9月)



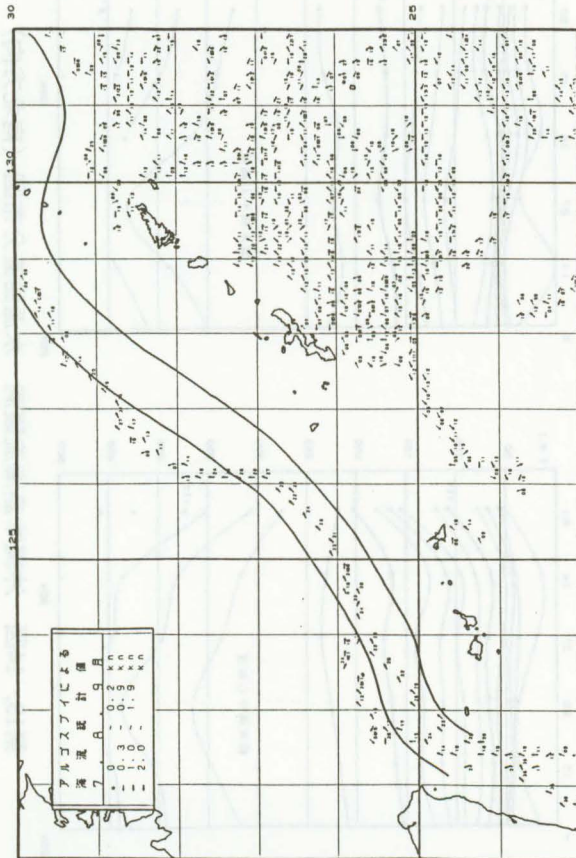
第5図 ADCPによる海流統計図(10, 11, 12月)



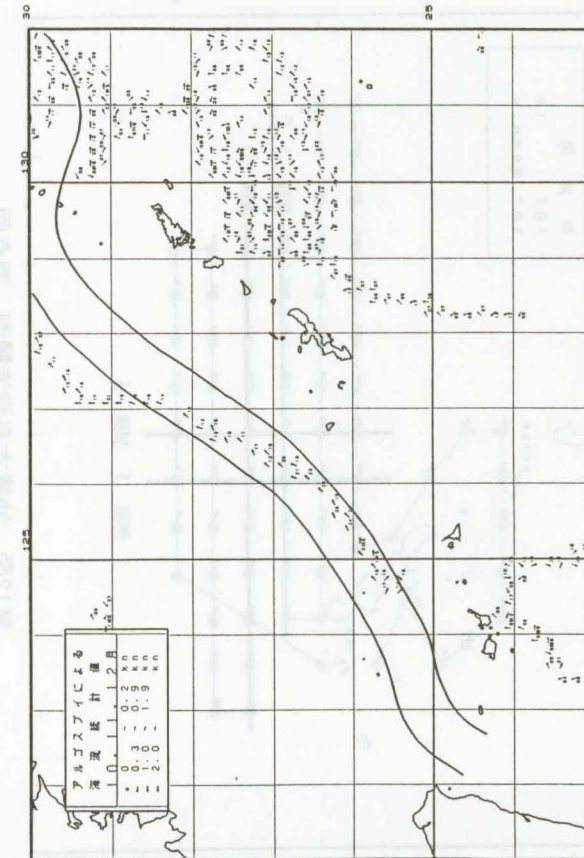
第6図 アルゴスブイによる海流統計図 (1, 2, 3月)



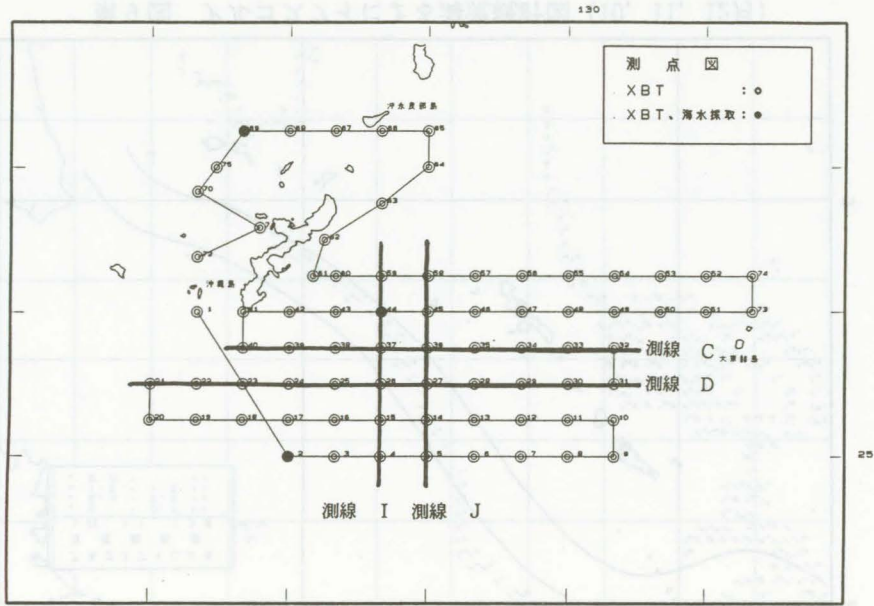
第7図 アルゴスブイによる海流統計図 (4, 5, 6月)



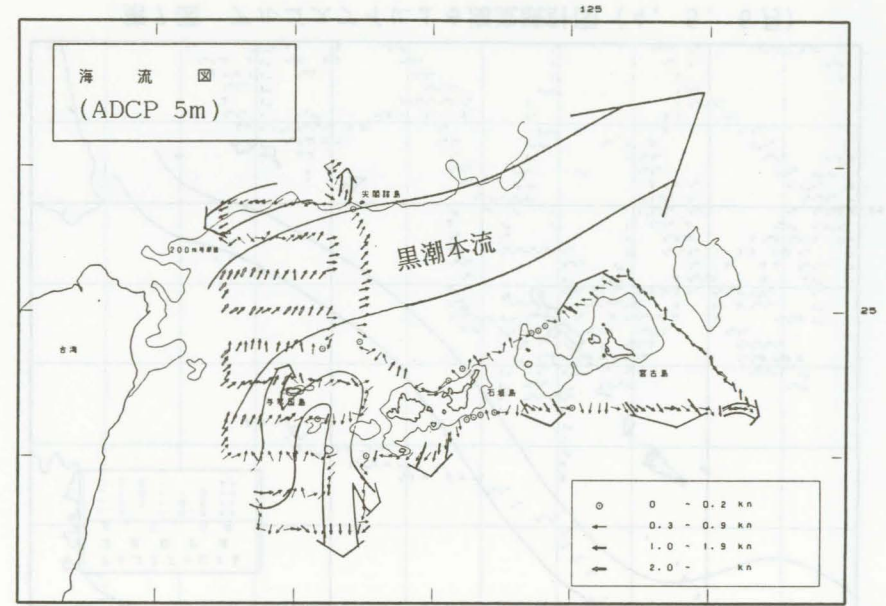
第8図 アルゴスブイによる海流統計図 (7, 8, 9月)



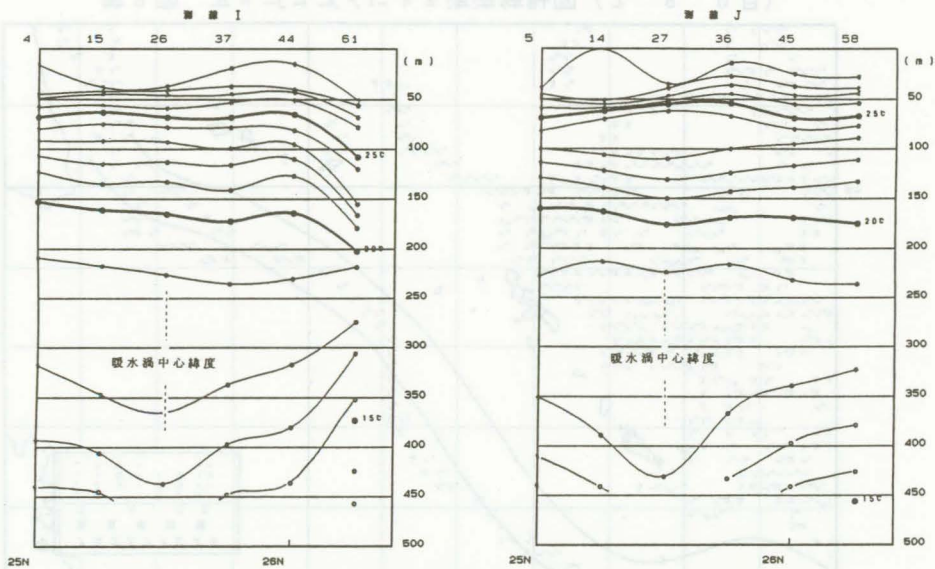
第9図 アルゴスブイによる海流統計図 (10, 11, 12月)



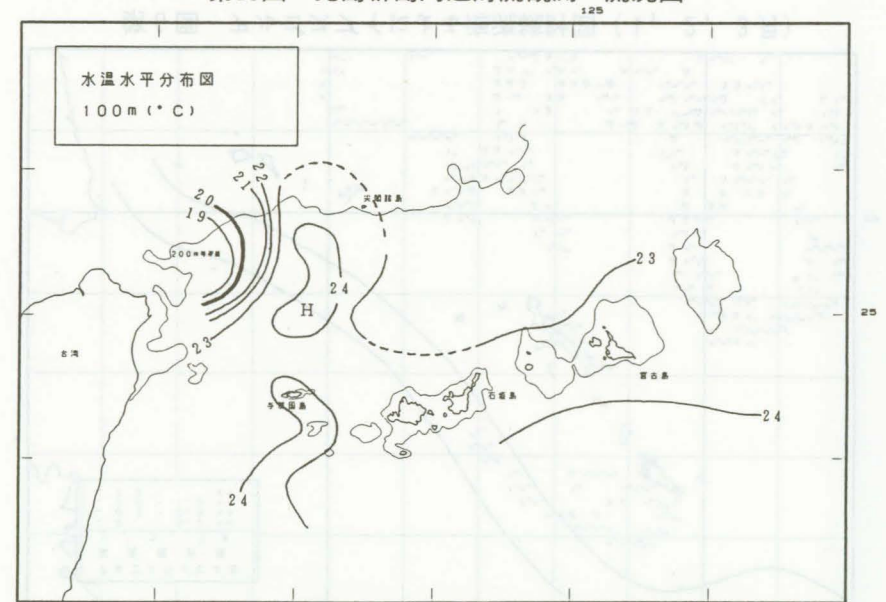
第12図 沖縄本島海流観測 測点図



第10図 先島群島周辺海流観測 流況図



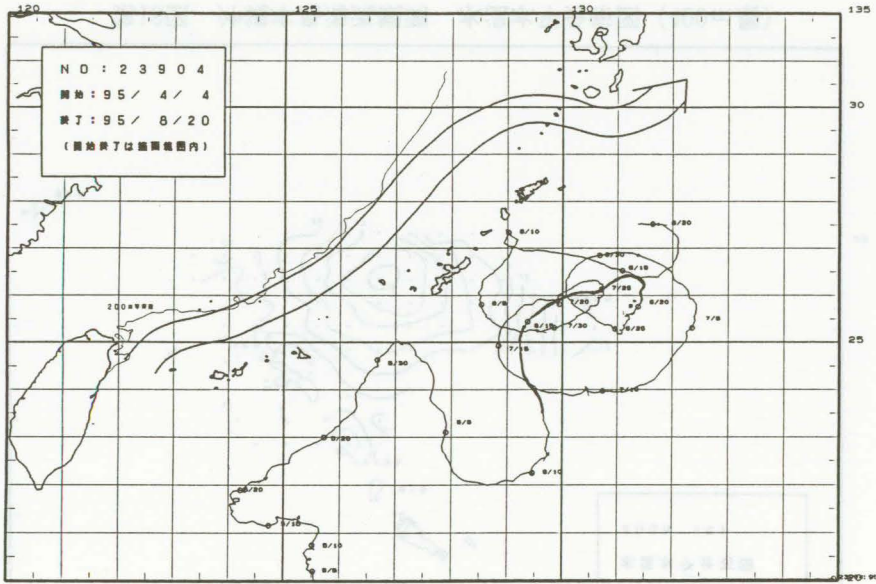
第13, 14図 沖縄本島海流観測 水温鉛直分布図 (南北方向)



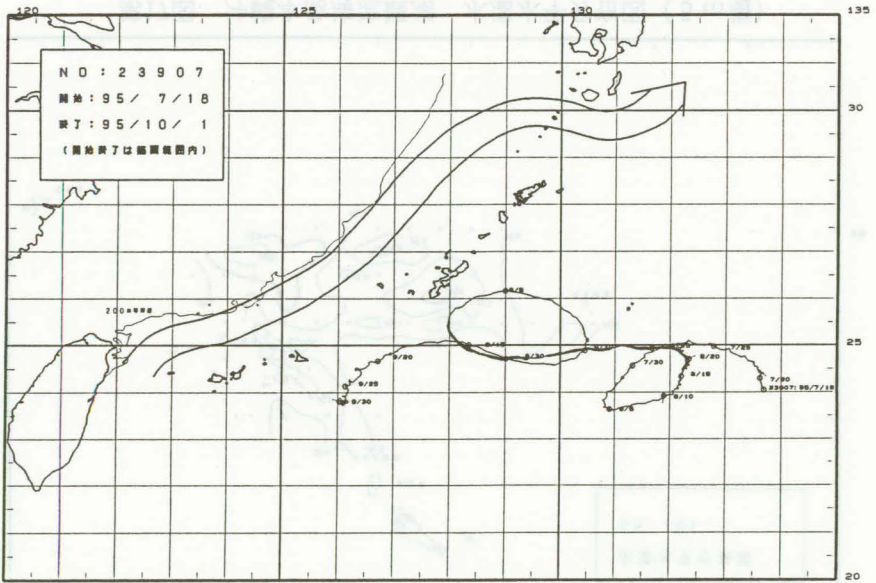
第11図 先島群島周辺海流観測 水温水平分布図



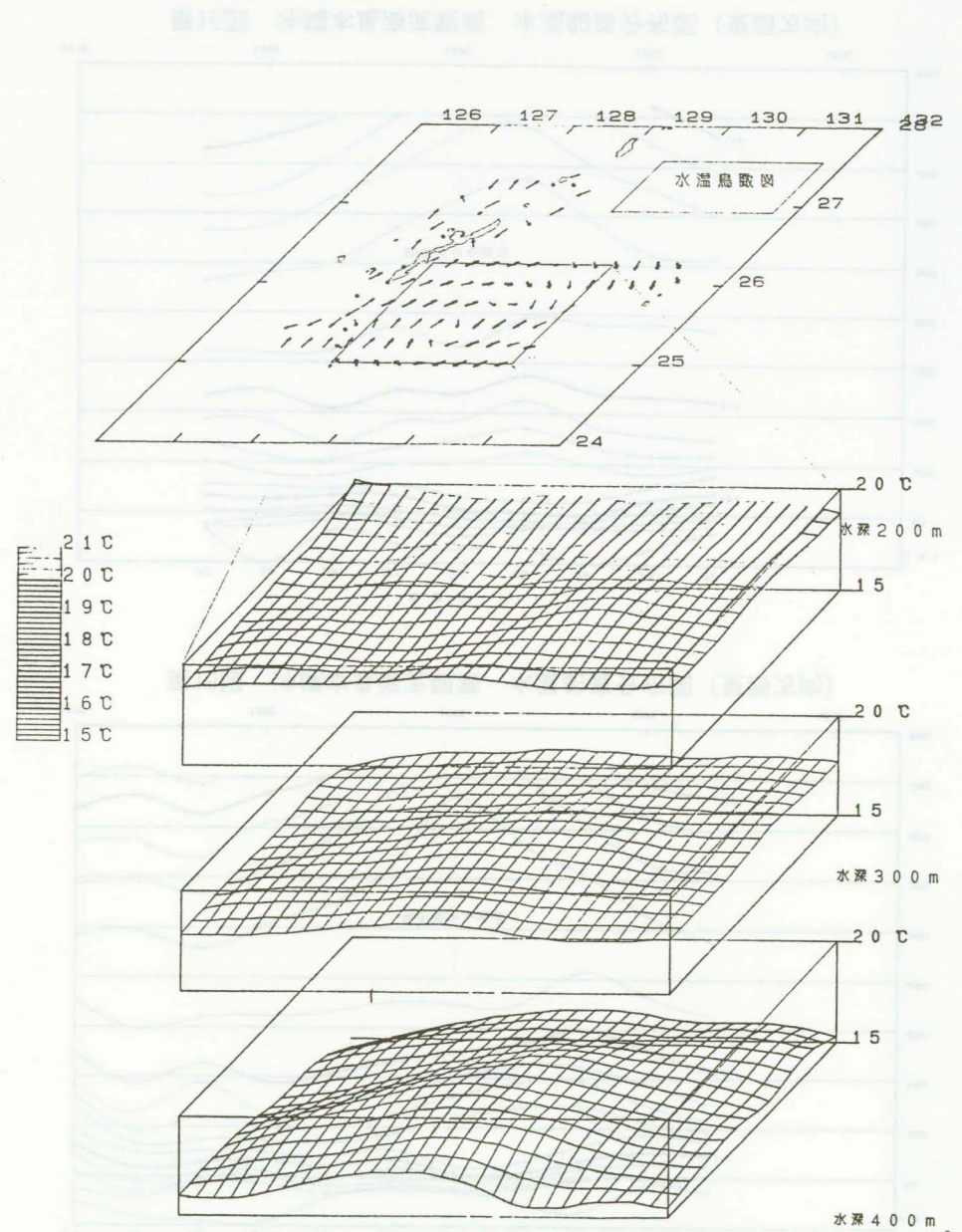




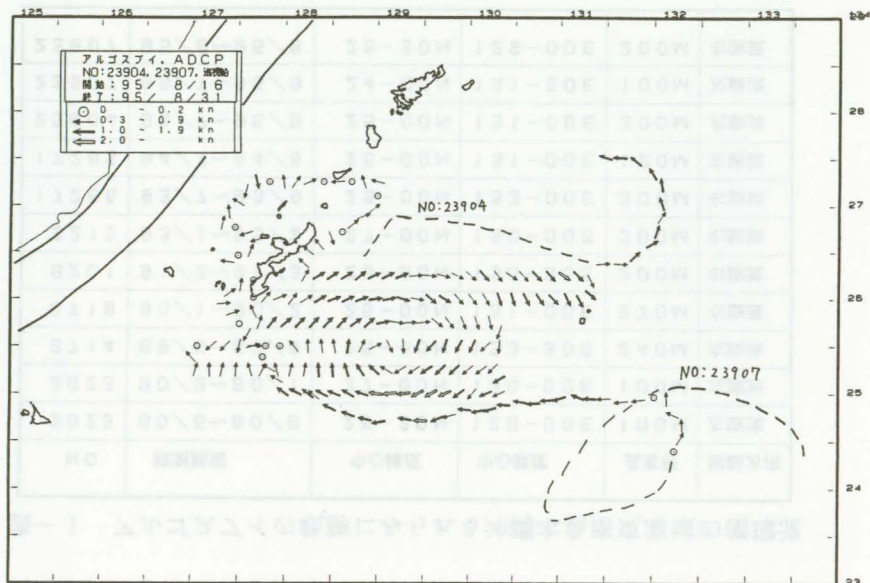
第20図 アルゴスブイ漂流軌跡 (NO: 23904)



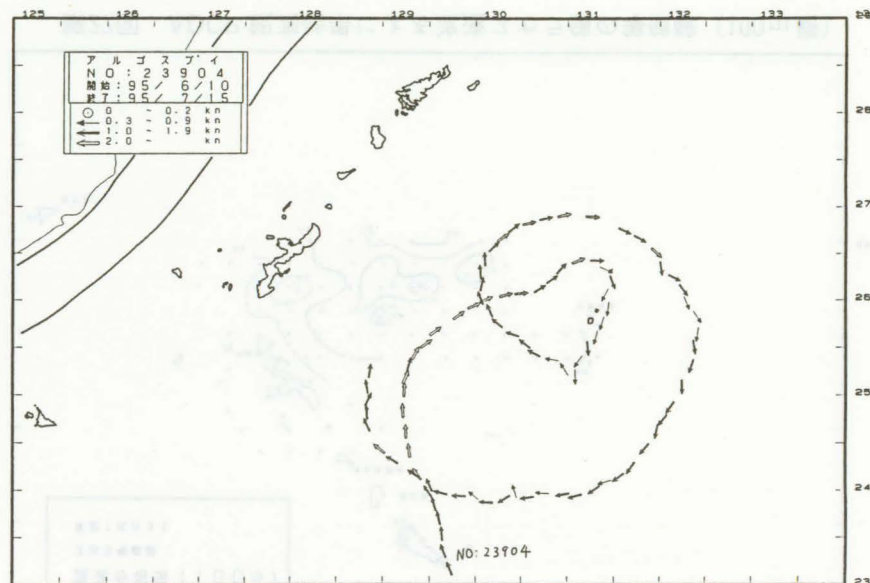
第21図 アルゴスブイ漂流軌跡 (NO: 23907)



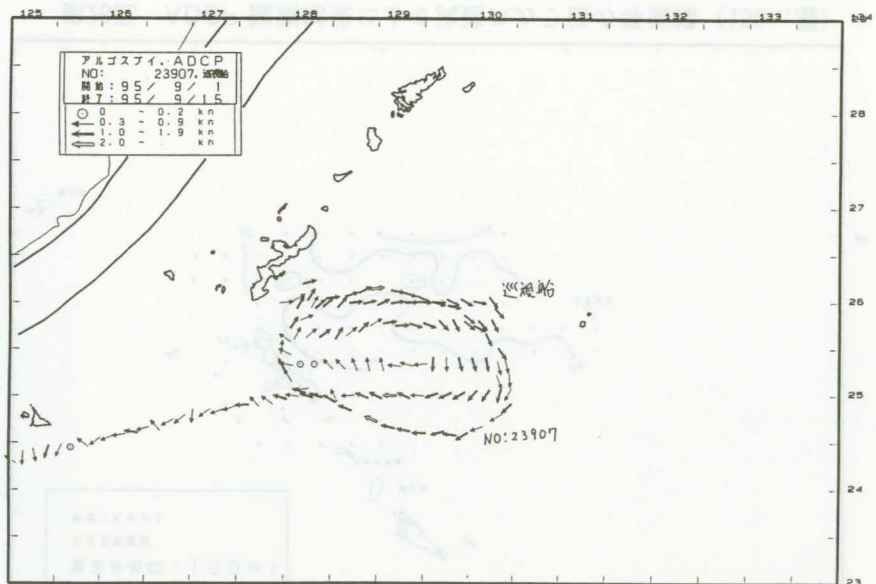
第19図 沖縄本島海流観測 水温鳥瞰図



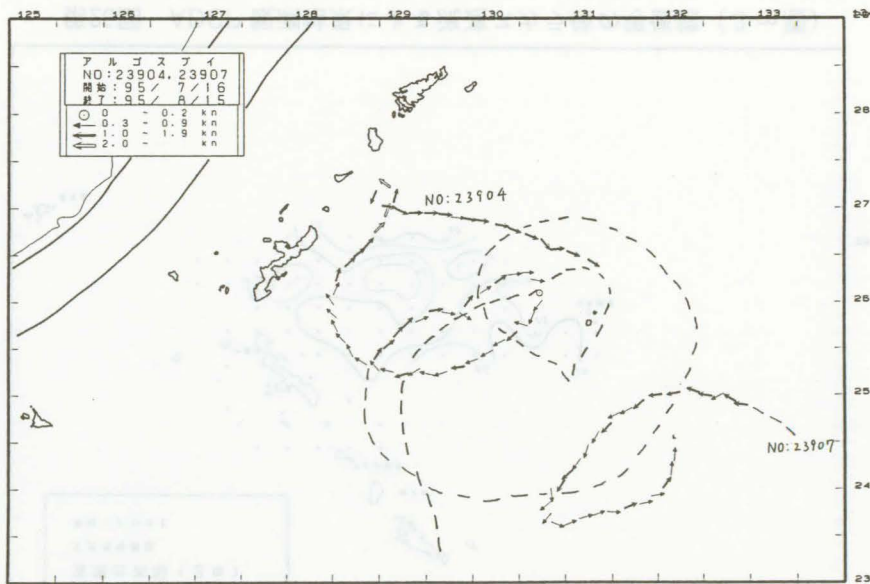
第24図 ADCP 観測結果及びアルゴス漂流ブイから計算した流況図



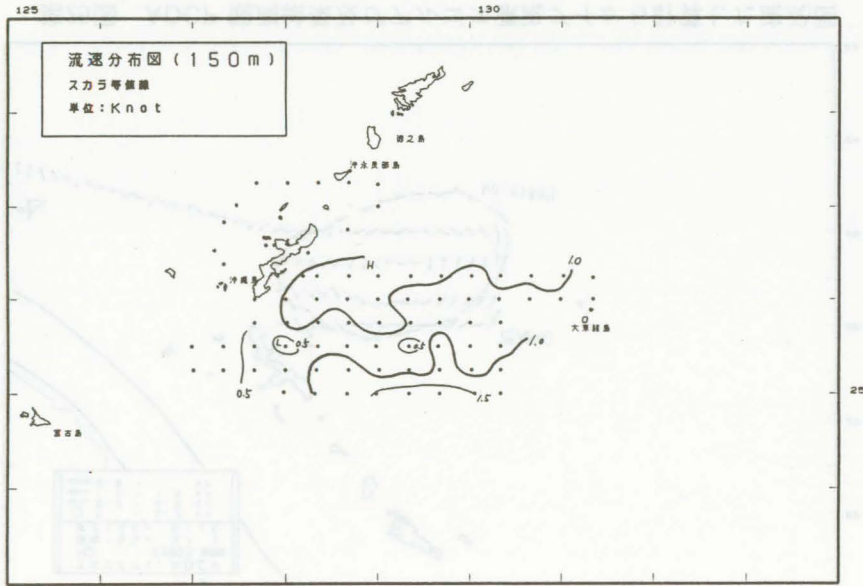
第22図 アルゴス漂流ブイから計算した流況図 (NO:23904)



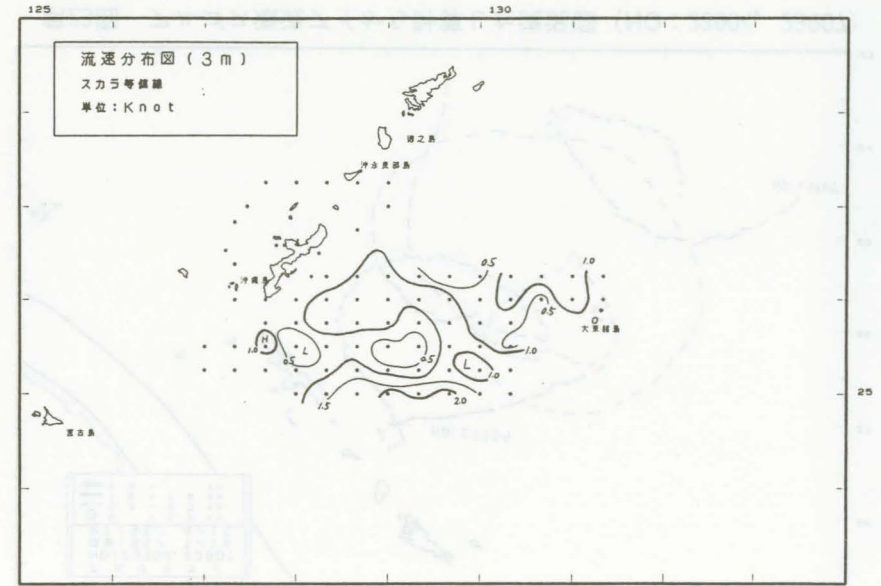
第25図 ADCP 観測結果及びアルゴス漂流ブイから計算した流況図



第23図 アルゴス漂流ブイから計算した流況図 (NO:23904, 23907)



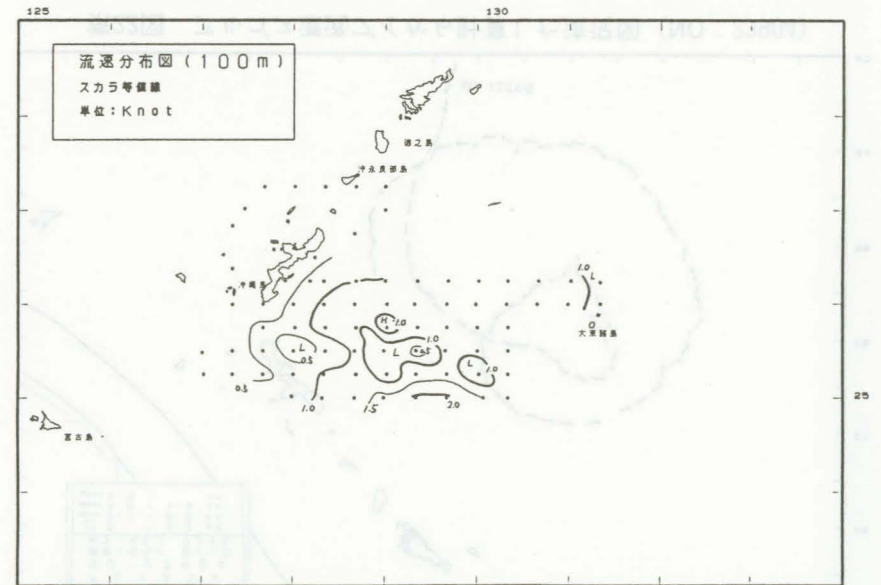
第28図 ADCP 観測結果による流速スカラ値の等値線 (150m層)



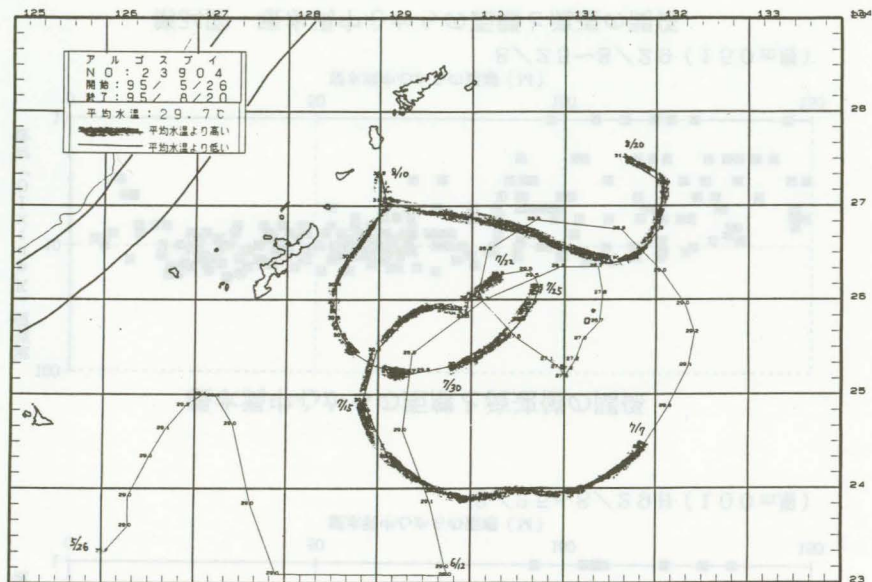
第26図 ADCP 観測結果による流速スカラ値の等値線 (3 m層)

表-1 アルゴスプイの軌跡にみられる沖縄本島南東海域の循環流

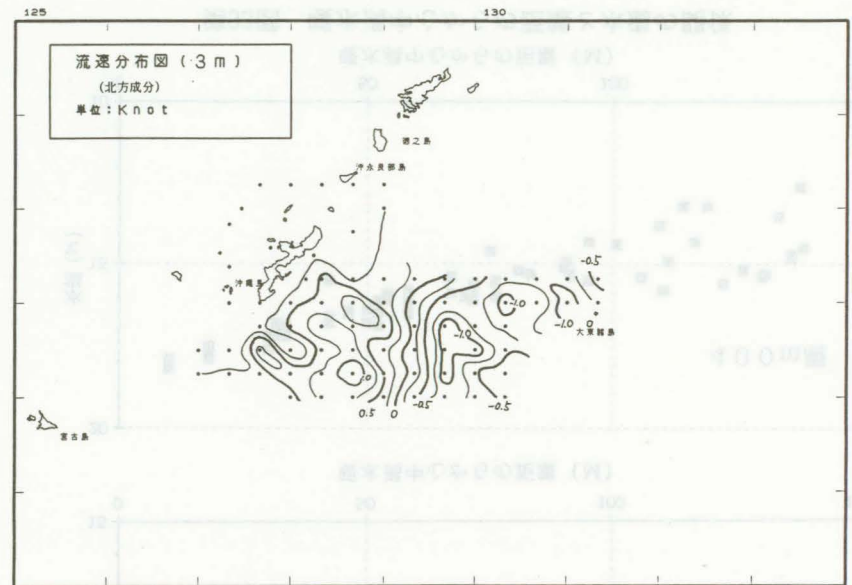
NO	観測期間	中心緯度	中心経度	長直径	回転方向
2023	80/6~80/8	25-20N	128-00E	100M	左旋流
2023	80/9~80/1	27-00N	130-00E	100M	左旋流
8714	89/5~89/6	25-00N	133-30E	240M	左旋流
8719	90/1~90/2	25-00N	131-00E	270M	右旋流
8201	91/2~91/3	25-00N	130-30E	200M	右旋流
2213	93/1~93/2	27-00N	130-00E	200M	右旋流
17266	93/7~93/9	26-00N	133-00E	300M	右旋流
17285	94/7~94/8	25-00N	131-00E	120M	左旋流
23904	95/7~95/8	25-00N	131-00E	300M	右旋流
23907	95/7~95/8	24-00N	131-30E	100M	左旋流
23907	95/8~95/9	25-30N	129-00E	200M	右旋流



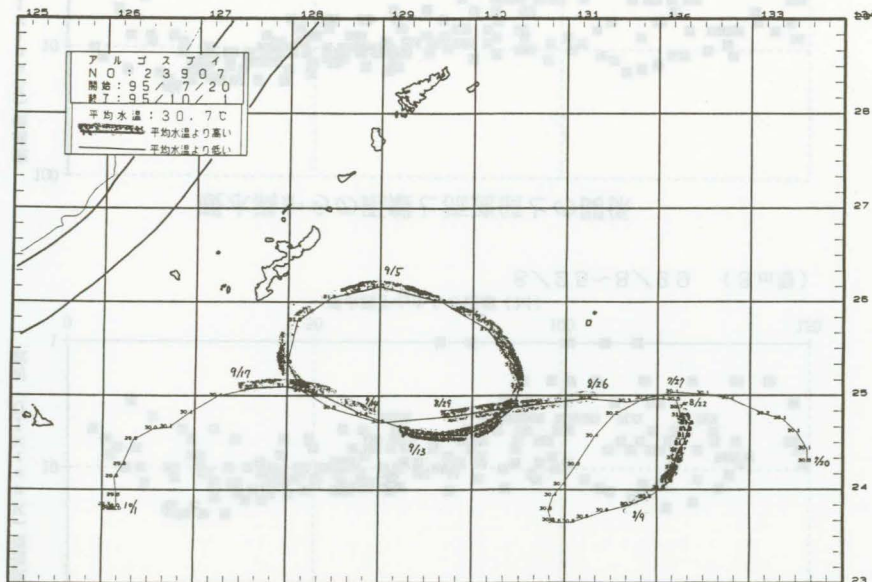
第27図 ADCP 観測結果による流速スカラ値の等値線 (100m層)



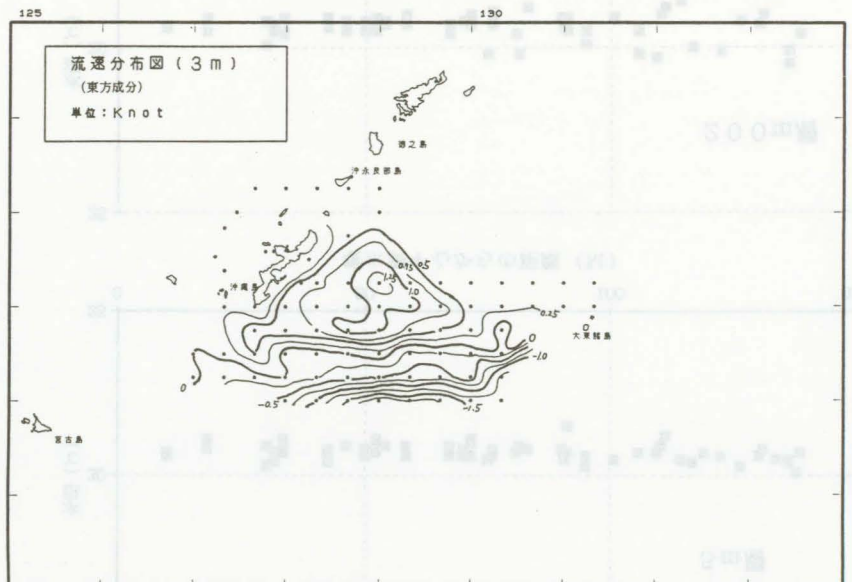
第31図 アルゴス漂流ブイから得られた水温 (NO: 23904)



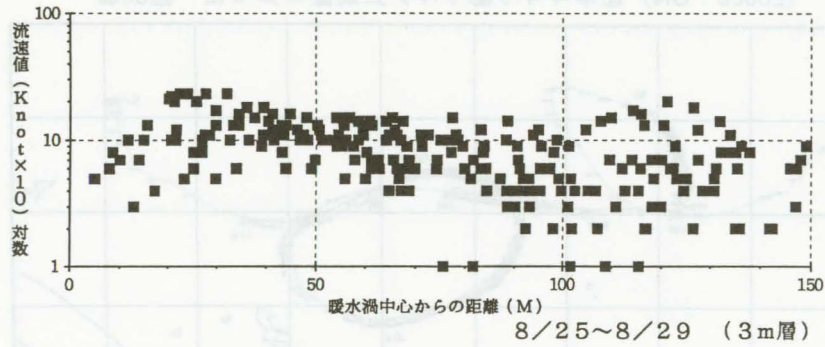
第29図 ADCP 観測結果による流速 (北方成分) (3m層)



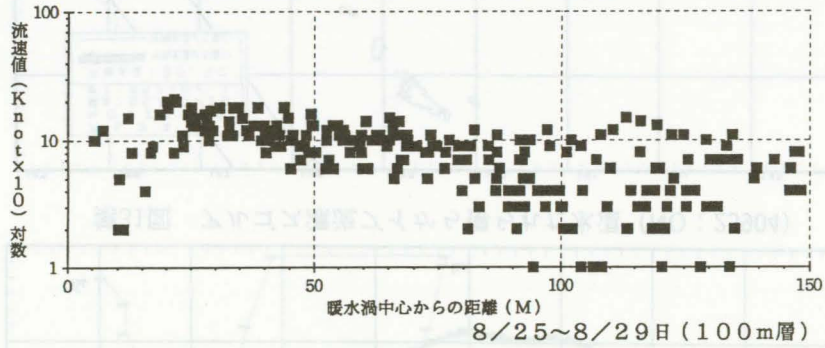
第32図 アルゴス漂流ブイから得られた水温 (NO: 23907)



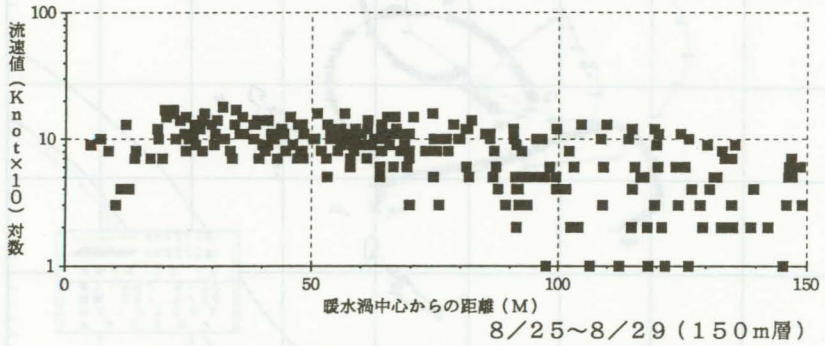
第30図 ADCP 観測結果による流速 (東方成分) (3m層)



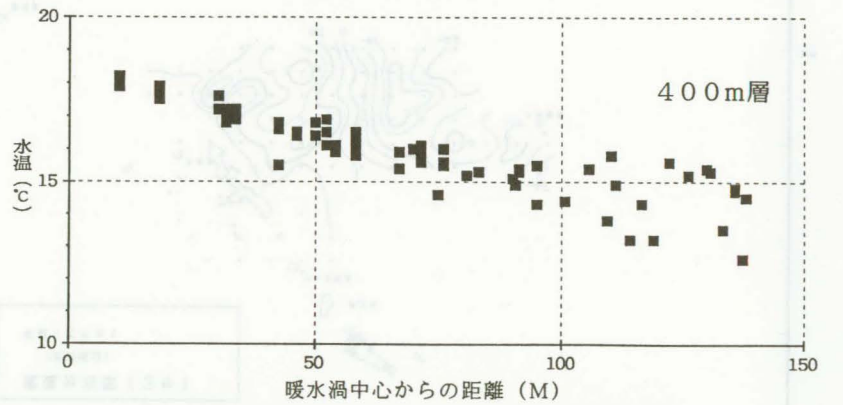
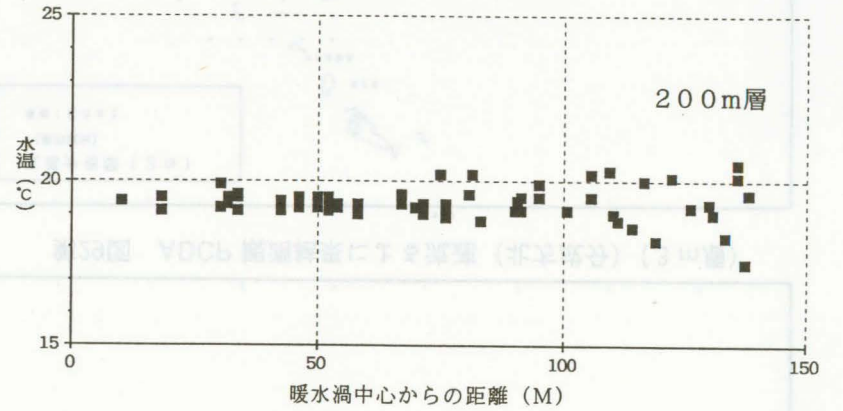
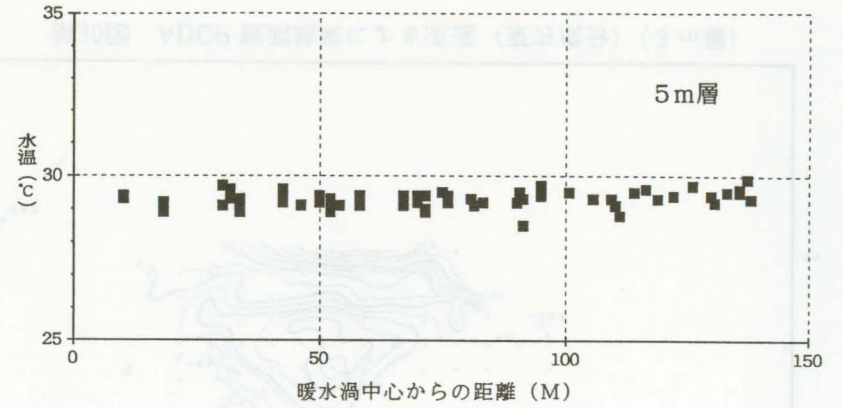
暖水渦からの距離と流速値との関係



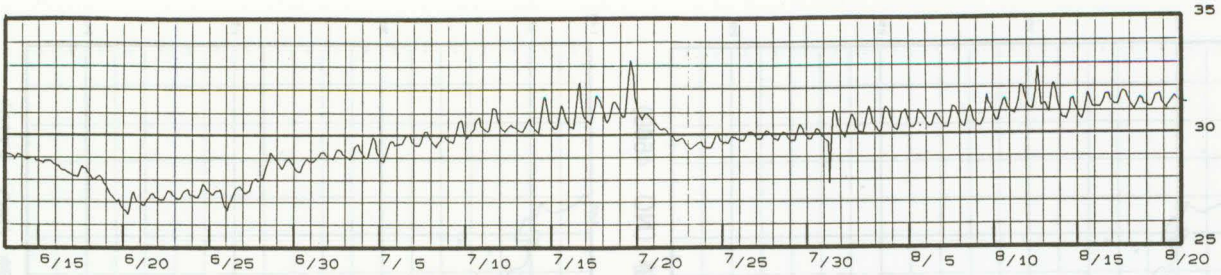
暖水渦中心からの距離と流速値の関係



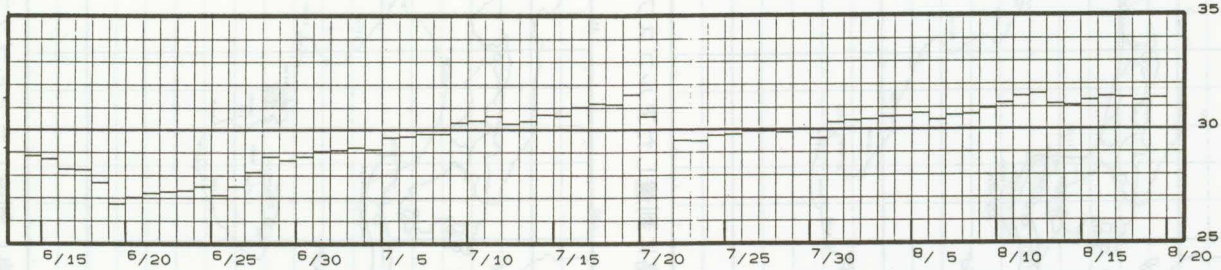
第34図 暖水渦中心からの距離と流速の関係



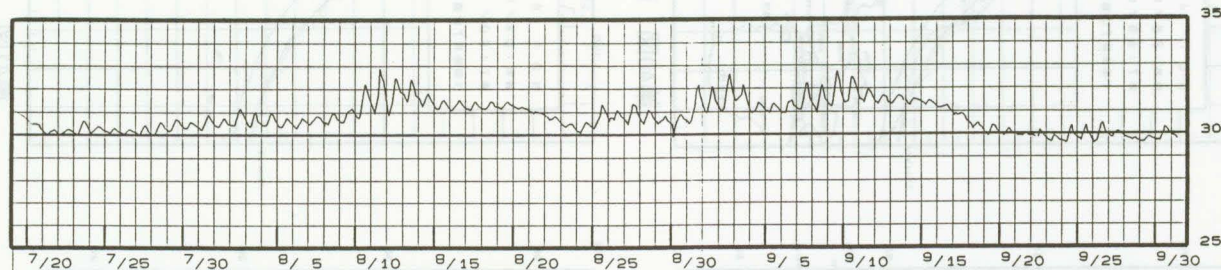
第33図 暖水渦中心からの距離と水温の関係



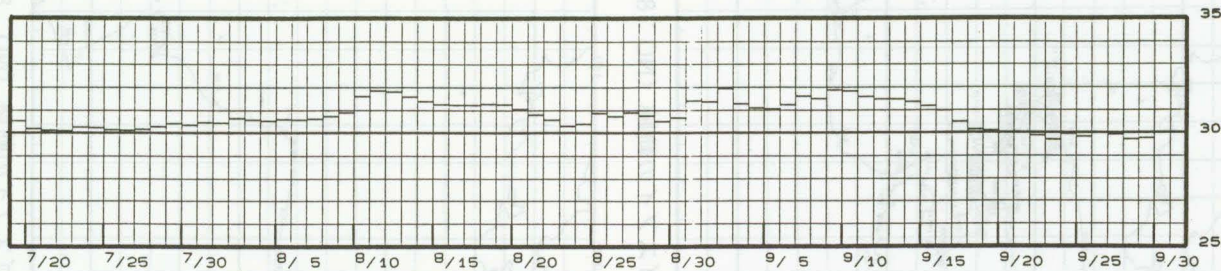
第35図 漂流期間中の水温の変化 (NO : 23904)



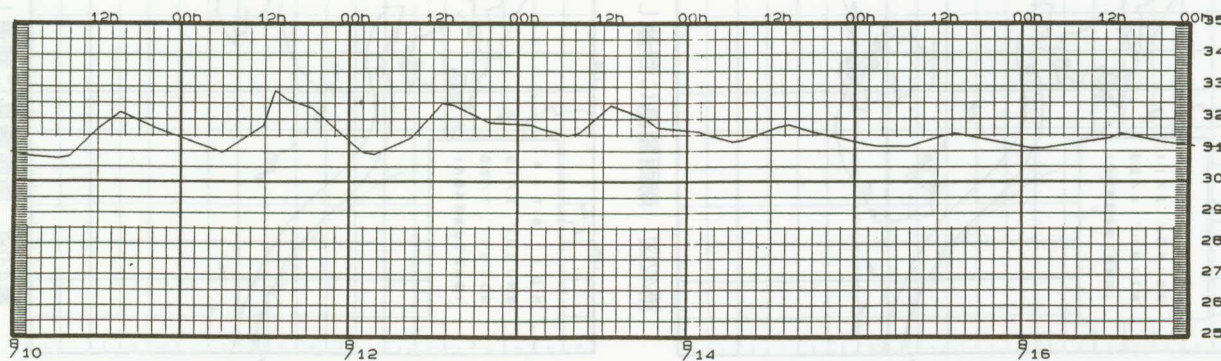
第36図 漂流期間中の水温の変化 (一日平均) (NO : 23904)



第37図 漂流期間中の水温の変化 (NO : 23907)



第38図 漂流期間中の水温の変化 (一日平均) (NO : 23907)



第39図 漂流期間中の水温の変化 (拡大図) (NO : 23907)

