

東シナ海大陸棚縁辺域の海洋構造の観測 (第1報)

美澄篤信 *1 原 俊明 *1 黒田芳史 *1
浅沼市男 *1 川畑広紀 *2 甲斐源太郎 *1

1986年秋、奄美大島西方の東シナ海大陸棚縁辺域の海洋構造を把握する目的で海域調査を実施した。ここでは、大陸棚斜面での係留系を用いた測流結果について報告する。

測流期間中、全般的に北東または北西方向の流れが卓越しているが、9月25日から9月29日にかけて係留点付近を冷水性の渦が通過した可能性が考えられる。黒潮の流軸変動である黒潮主流の大陸方向への接岸および離岸時に黒潮直下の反流を伴うことが示唆された。

また、潮汐周期変動として M_2 分潮が卓越している。

Observation of the Hydrographic Structure on the Continental Edge in the Central Part of the East China Sea (First Report)

Atsunobu MISUMI^{*3}, Toshiaki HARA^{*3}, Yoshifumi KURODA^{*3}
Ichio ASANUMA^{*3}, Koki KAWABATA^{*4}, Gentaro KAI^{*3}

A measurement of current with moored current meters was carried out to observe the characteristic flow of the Kuroshio on the continental slope in the central part of the East China Sea during September – October, 1986.

The main stream on the continental slope flowed to the northeast or northwest during mooring duration, but the time series of current showed a southward flow during 25 – 29, September. This variation is thought to be due to the passage of a cold eddy.

When the Kuroshio flowed near the continental slope or offshore, a countercurrent under the Kuroshio occurred to the shelf edge. M_2 component in the tidal current was dominant.

*1 海洋科学技術センター海洋開発研究部

*2 東海大学海洋研究所

*3 Marine Research and Development Department

*4 Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University

1. はじめに

海洋科学技術センターでは、黒潮循環系等の広域の海洋現象を効果的に把握するため、海洋観測のシステム化に関する研究を行っている。

本研究は、海洋観測のシステム化に関する研究の一環として、既存の測器に加え、これまでに当センターで開発した測器等（例えばスライド式曳航体）を東シナ海のエネルギー把握のための調査に適用したものである。

海域のエネルギー把握のためには、海洋構造を理解することが重要となる。東シナ海の海洋構造に関しては、これまで多くの調査研究がなされ数多くの知見が得られている。^{1), 2), 3)}しかし、海域のエネルギー把握に不可欠である測流に関しては、東シナ海大陸棚および大陸棚斜面が好漁場となっているため、長期間の測流例⁴⁾は少ない。したがって、東シナ海を北上する黒潮の陸棚斜面でのふるまいおよび深層の流れに関する知見はとぼしい。

これらの事から陸棚斜面での流れを明らかにするため、昭和61年度は奄美大島西方の陸棚縁辺域の海洋構造について調査した。本報告では、主に係留系によって得られた流速観測資料を解析し、陸棚縁辺域の流れについて報告する。

2. 調査方法

調査海域は図1に示すように奄美大島西方の東シナ海陸棚縁辺域、調査期間は1986年9月16日から10月10日までの25日間である。図1の観測線A上のB1点（ $28^{\circ} 53.104' N$, $127^{\circ} 11.968' E$ ）とB2点（ $28^{\circ} 52.184' N$, $127^{\circ} 13.623' E$ ）でアーンデラ流速計（RCM-4S）を係留し測流を行った。係留系設置点の水深は、約600m（B1点）と700m（B2点）であり、両地点の間隔は2マイルである。係留期間は、1986年9月21日から10月7日までの17日間、測流層の深度は、B1, B2点とも180mと320mの2層である。

このうち、B1点では、320m層、B2点では180m層が流速計の故障のため欠測である。両地点とも測定時間間隔は10分である。

次にCTD観測はB, C, D線で行ない観測点の間隔は2.5マイルから10マイルである。

3. 結果および考察

(1) 水温・塩分・地衡流の鉛直分布

係留系設置点付近の海洋構造を把握するため、図2および図3に観測線Bにおける水温・塩分の鉛直分布を示す。観測線Bは、係留系設置点から南西方向に15マイル離れている。

まず、図2, 図3の鉛直分布をみると、深度200m以深では、水温、塩分の等値線は、大陸棚斜面に沿って上昇する傾向にある。次に、深度100m付近では塩分34.7‰の黒潮水の大陸棚への貫入がみられ、大陸棚縁辺域で大陸沿岸水と貫入した黒潮水との間に顕著な混合がみられる。大陸棚域では、深度50~75m付近で躍層がみられるが、深度50m以浅では混合され一様となっている。

図2, 3に示した水温・塩分から力学計算で求めた地衡流の流速分布を図4に示す。力学計算では600dbを無流面とし、陸棚斜面から陸棚にかけてはCTDの最大観測深度を無流面として計算した。陸棚斜面のSt.8から沖側のSt.18まで黒潮主流におおわれている。黒潮の強流部は陸棚斜面の表層St.8~St.10の間にみられ、最強流速約108cm/Sである。また、強流部の大陸側には反流が形成されている。大陸棚寄りに黒潮の最強流部が形成されていることから、CTD観測の行われた9月22日~23日には、黒潮主流が大陸棚へ接近して流れていたことを示している。

大陸棚斜面の黒潮強流部と大陸棚上に形成された反流域の境界は、図2, 3で示された大陸棚上へ貫入した黒潮と大陸沿岸水の混合域に一致している。

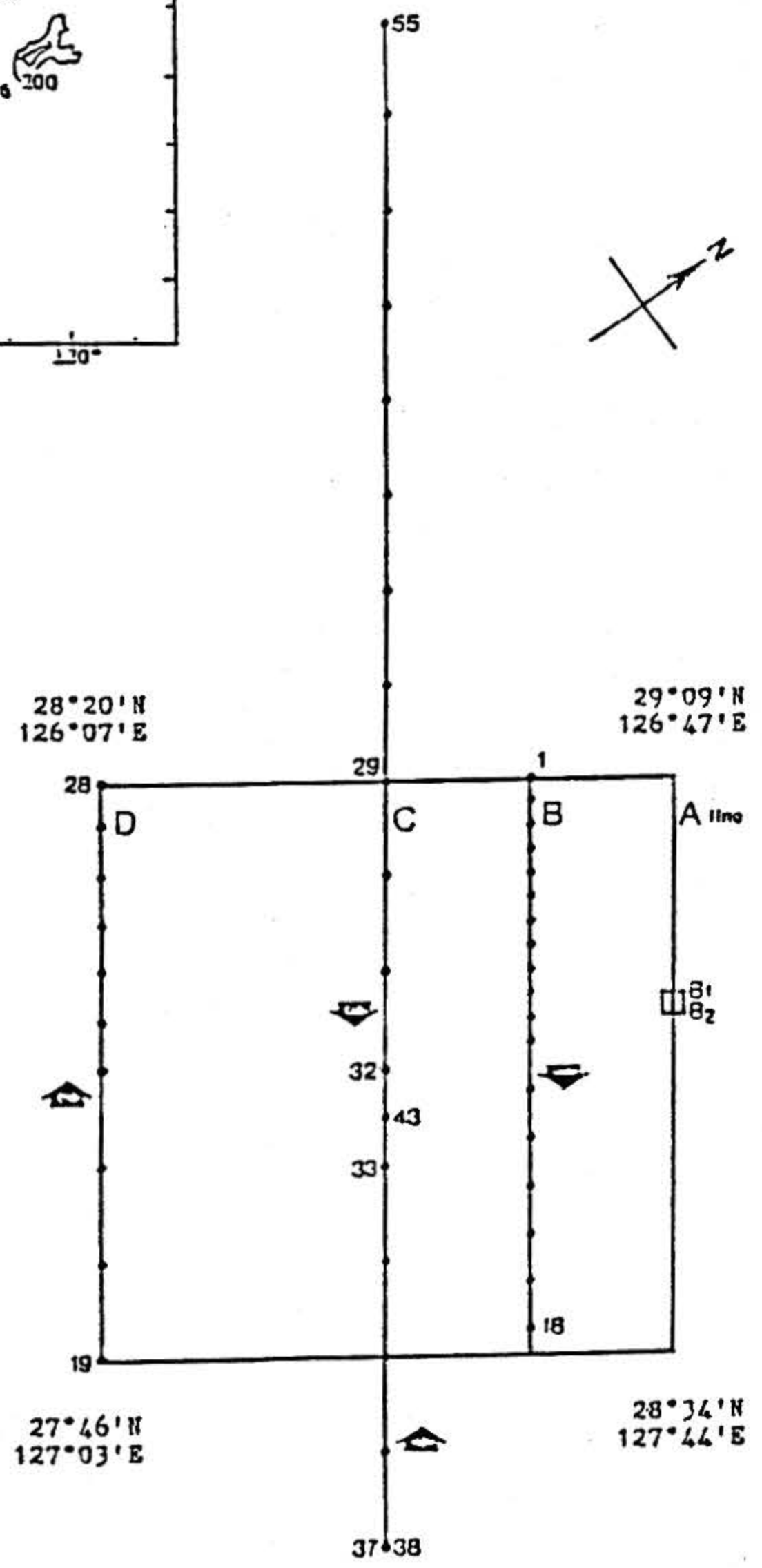
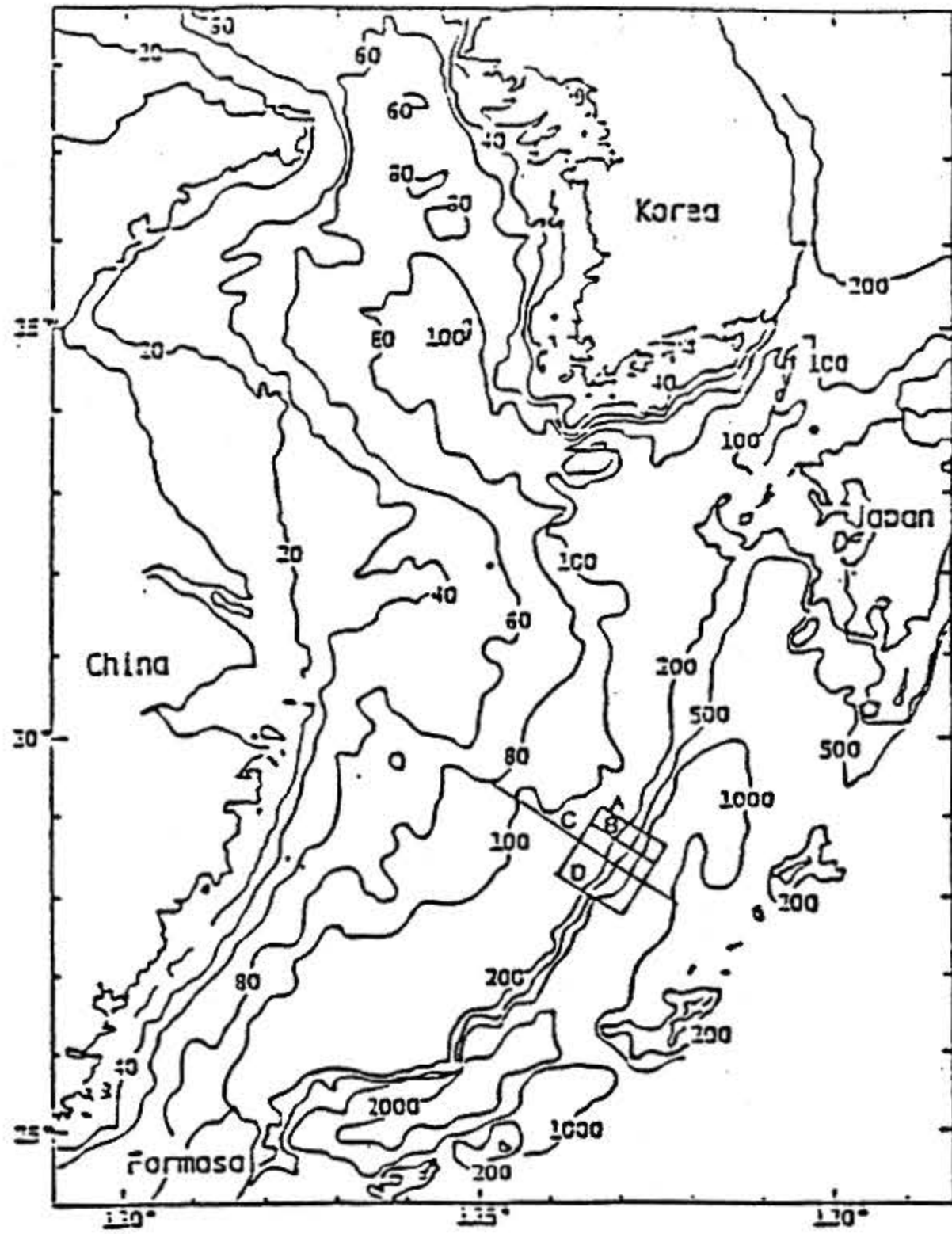
(2) 係留観測結果

i) 測得流の時間変化

図5, 図6はB1, B2点での係留系による測流結果である。測得流速値を1時間平均したものを示している。

B1, B2点では、潮汐に伴う半日周期の変動および7日周期程度の変動が認められるが、以下に両地点をさらに詳しく検討してみる。

図5のB1点での180m層の流動変動をみると、測流開始初期は北東向きの流れが卓越し、最大流速60cm/sに達する。この間の水温は19℃である。9月25日から9月28日にかけて、



(1~55:CTDの測点, B₁, B₂:係留計設置位置)

図1 調査海域図

Fig.1 Location of observation stations and bottom topography in the East China Sea

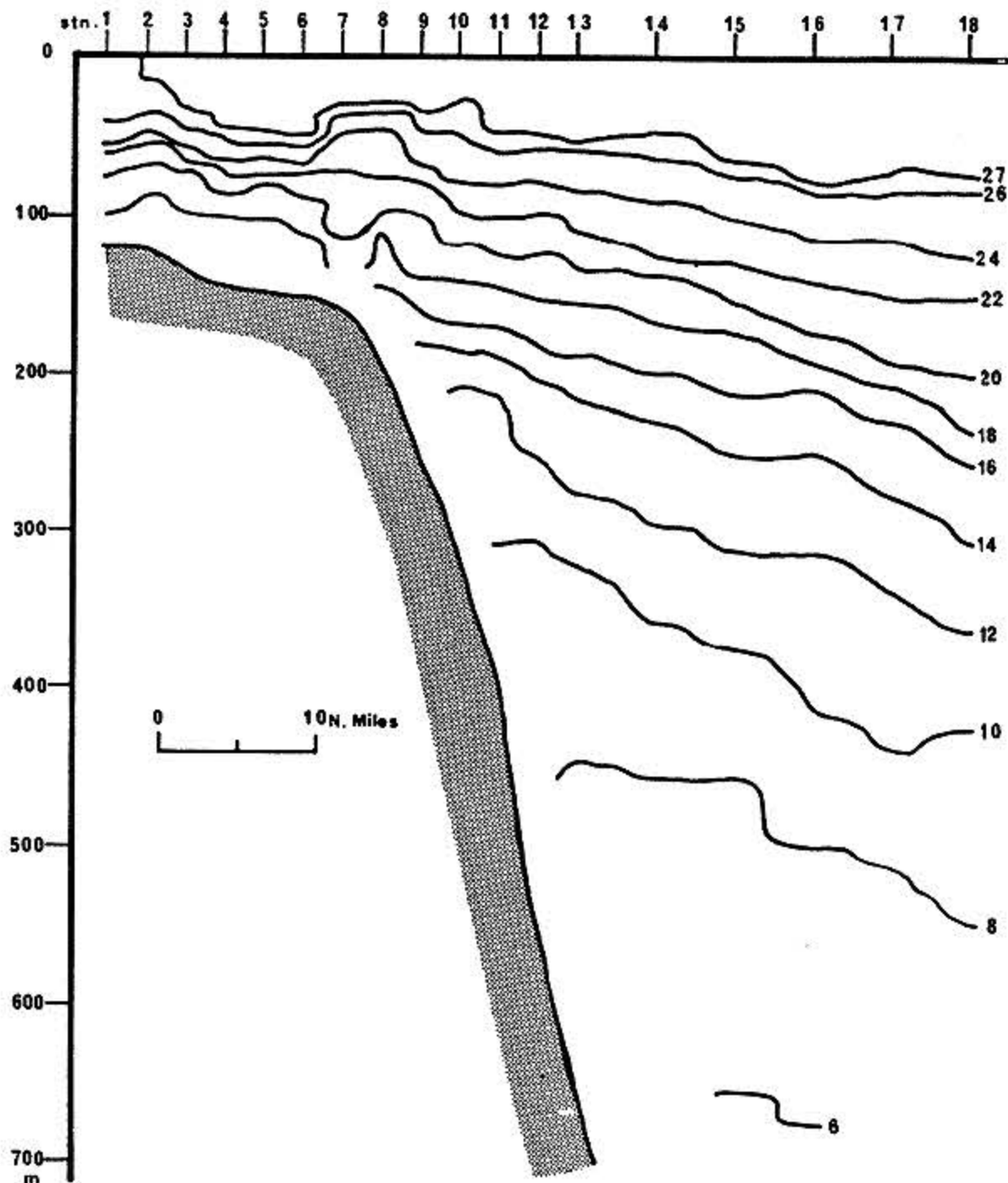


図2 観測線Bにおける水温鉛直分布
(1986年9月22日~23日)

Fig. 2 Vertical distribution of temperature
along Line B

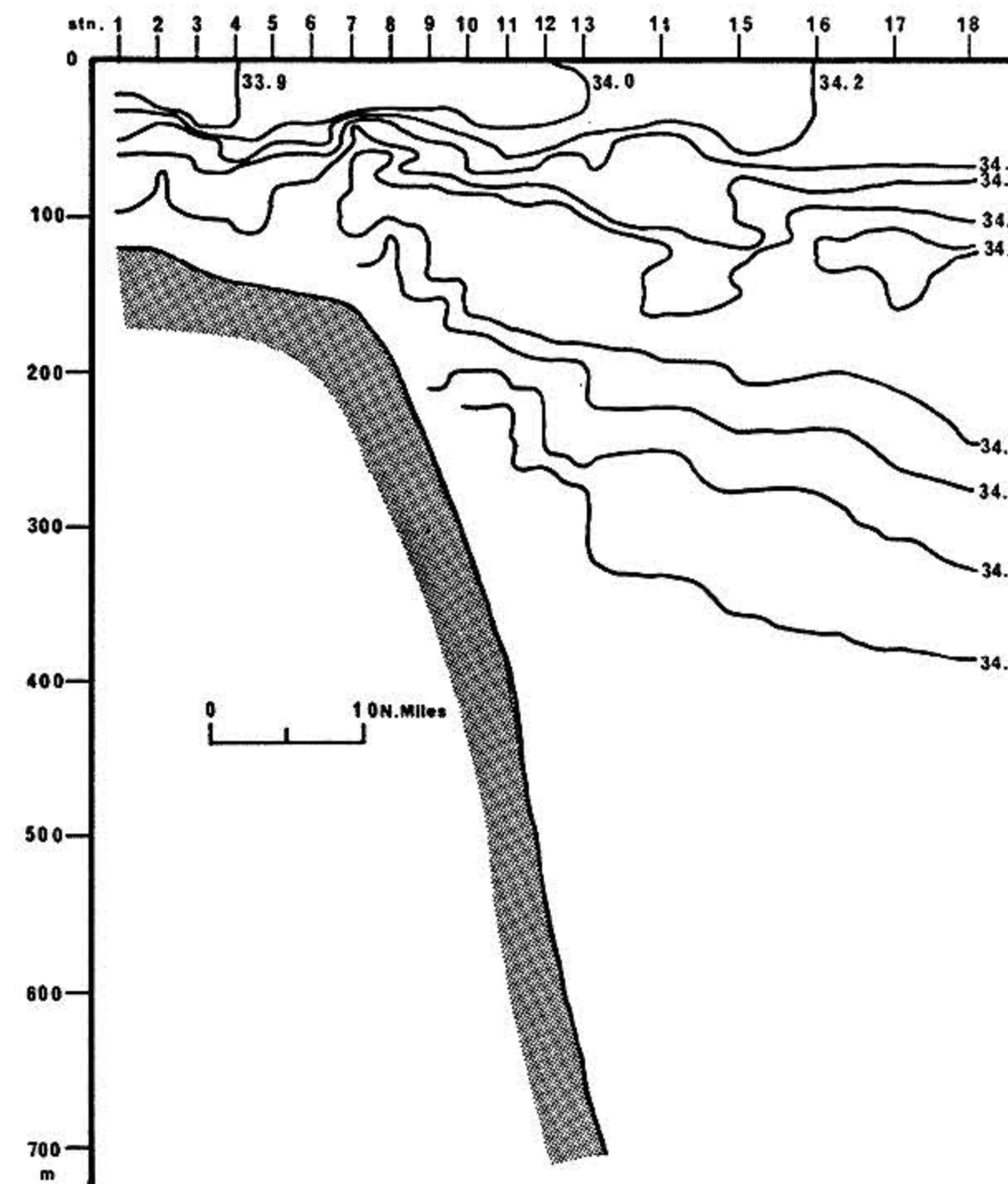


図3 観測線Bにおける塩分鉛直分布
(1986年9月22日~23日)

Fig. 3 Vertical distribution of salinity
along Line B

流速が弱まり流向が逆転し南西から南東方向へ流れ、流速は 20 cm/s となる。水温も 2°C 近く低下して 14.5°C を示している。塩分の値は精度は良くないが、上昇傾向を示している。

9月29日頃に北東向きの流れが卓越し水温も上昇してくる。10月3日以降は、流向・流速共に変動が大きくなるが、10月6日から南向き成分の出現頻度が多くなる。

図6のB2点における320m層の流動変動をみると、測流開始初期は北西向きの流れが卓越し、最大流速も 20 cm/s 程度である。B2点と同様、9月25日から9月29日にかけて、流れは弱まり流向は南西から南東へと逆転する。流速の最大値は 20 cm/s 程度である。9月30日頃から北又は北西向きの流れが顕著となる。10月4日以降は、南西又は南東向きの流れが次第に顕著となり最大流速は 30 cm/s 程度となる。

水温・塩分の変動はB2点と同様の傾向を示すが変動幅は小さい。

B1, B2点で9月25日から9月29日に見られた現象は、一つの可能性として係留点付近を冷水性の渦が通過したことによると考えられる。さらに、図7の進行ベクトル図をみると、B1, B2点とも9月25日から9月29日にかけて反時計廻りのループを描いている。ループの直径は約 16 km 程度である。進行ベクトルは流跡線そのものではないが変動状況を示していることから、渦の通過の可能性を示唆している。

10月3日から10月5日にかけて、B1点とB2点の流速は逆向きとなり、表層の流れは北西から北東、下層の流れは南南西向きに流れている。

奄美大島北西の大陸棚斜面で黒潮直下の流れが逆向きに流れる現象は、前田⁵⁾によって反流コアとして報告されているがこれまで冬期に宮地⁴⁾等によって実測されている。今回観測された下層の南向きの流れは反流コアと同一のものと考えられる。

ii) 潮汐周期変動

流動の周期変動を検討するため、流速の東向き成分、北向き成分および水温のスペクトルを図8に示す。B1, B2点とも東向き、北向き成分のエネルギーレベルは同程度で半日周期に

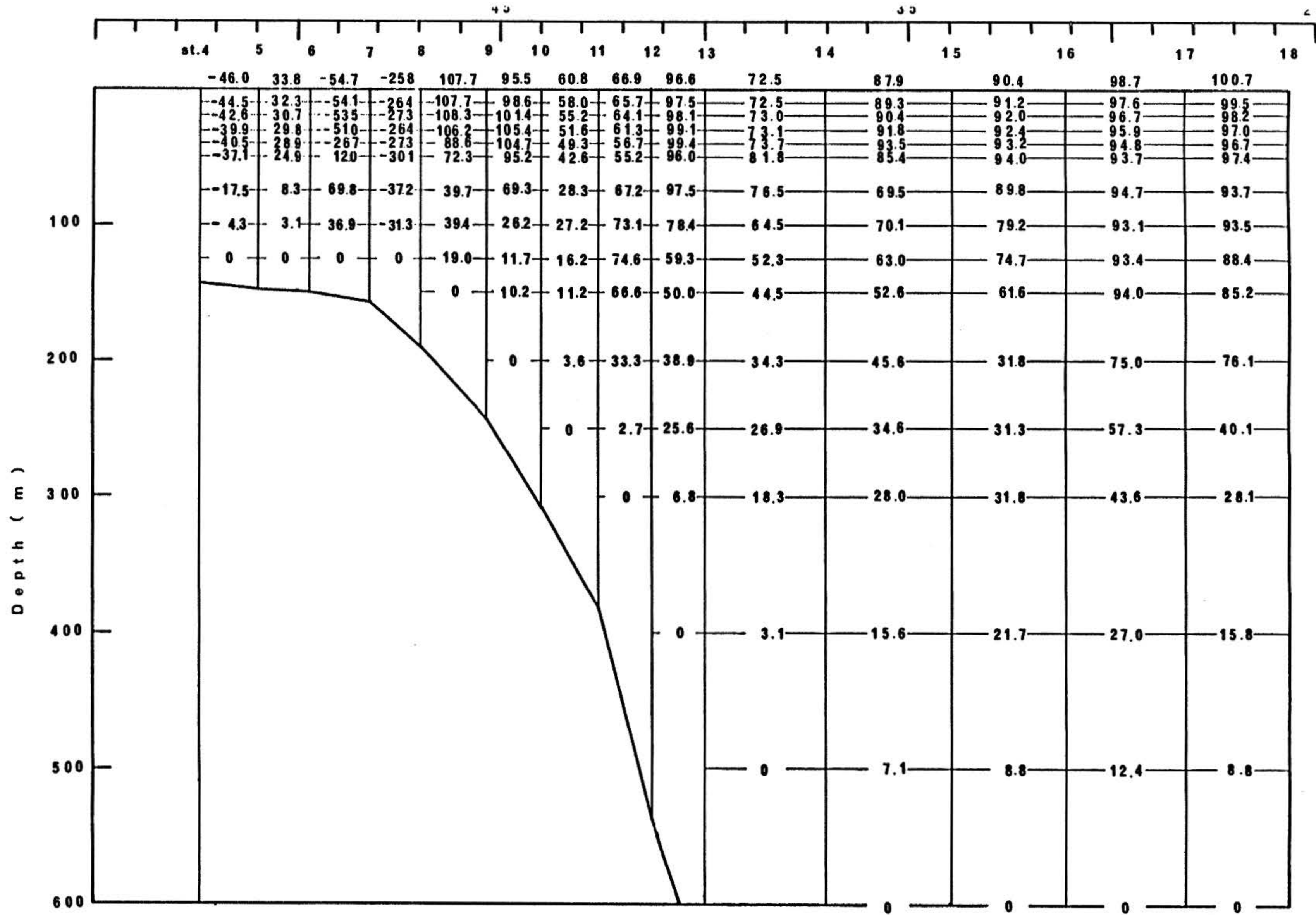


図4 観測線Bにおける地衡流分布 (無流面: 600db, 単位: cm/s)
 Fig. 4 Vertical distribution of geostrophic current velocity along Line B
 (reference level: 600db, unit: cm/s)

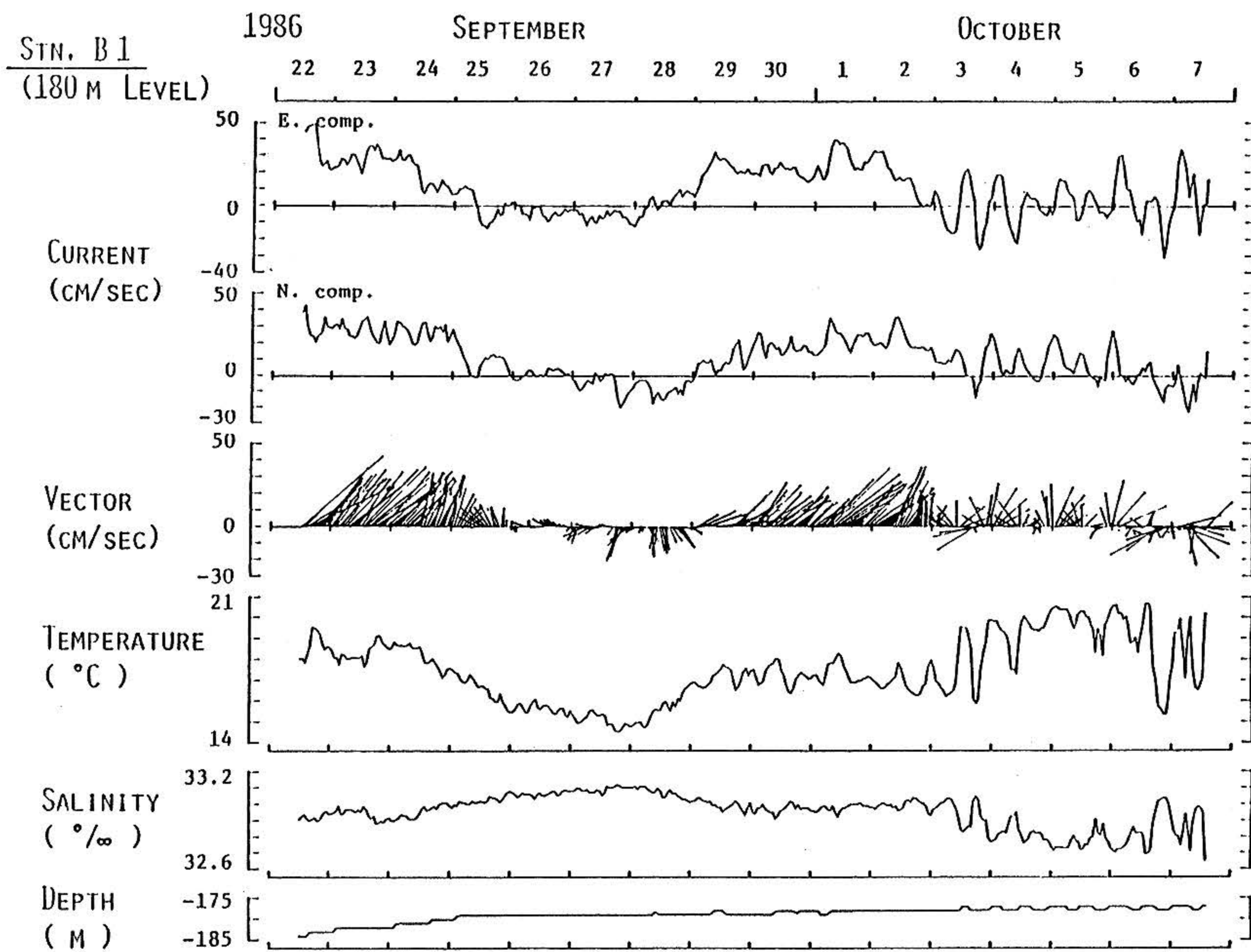


図5 B1地点の180m深における流動、水温・塩分・水深の時系列

Fig .5 Time series of current velocity, temperature, salinity and depth at 180m layer of Stn. B1

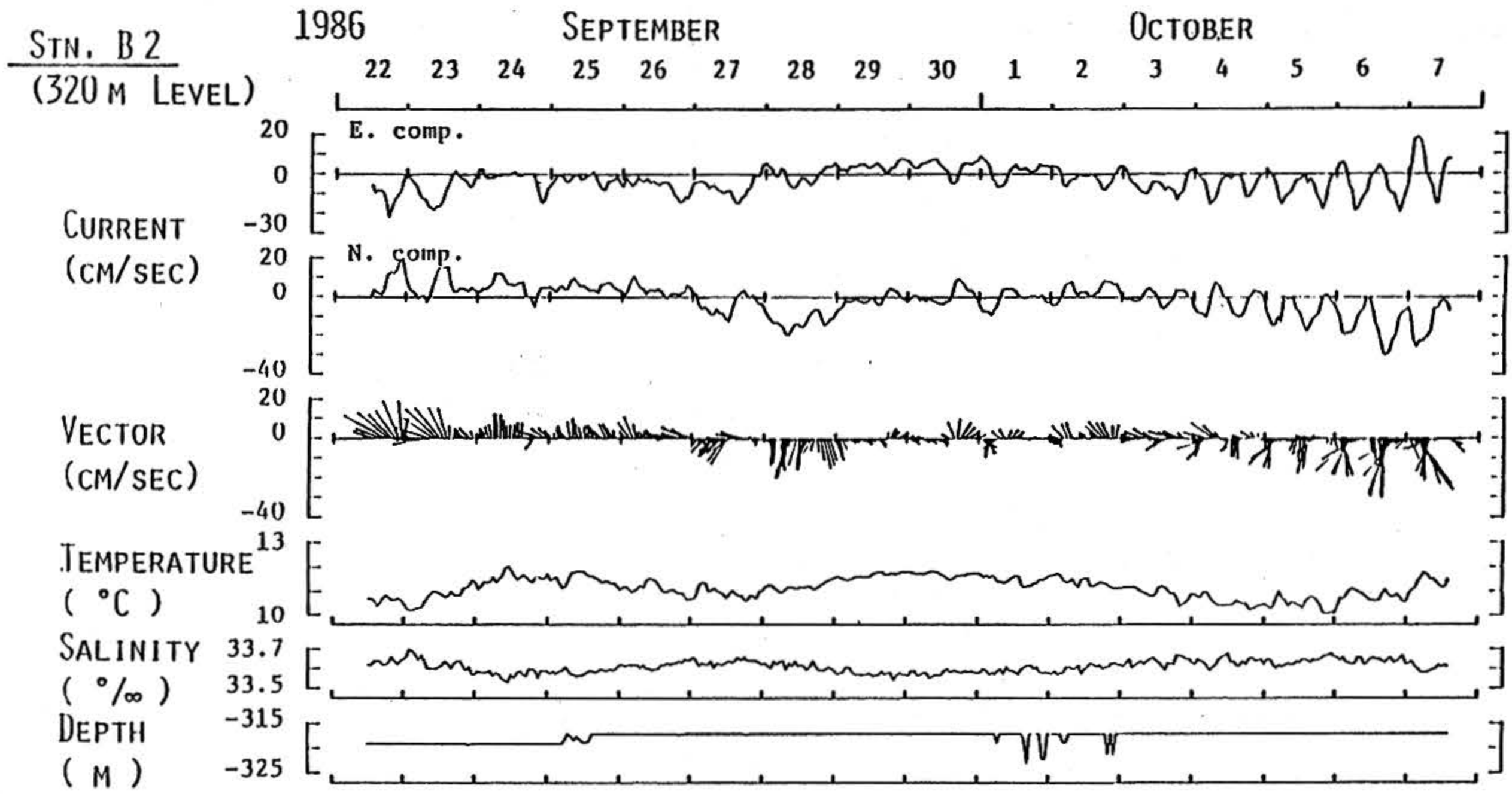


図6 B2点の320m深における流動、水温・塩分・水深の時系列

Fig.6 Time series of current velocity, temperature, salinity and depth at 320m layer of Stn. B2

STN. B2 320mLEVEL

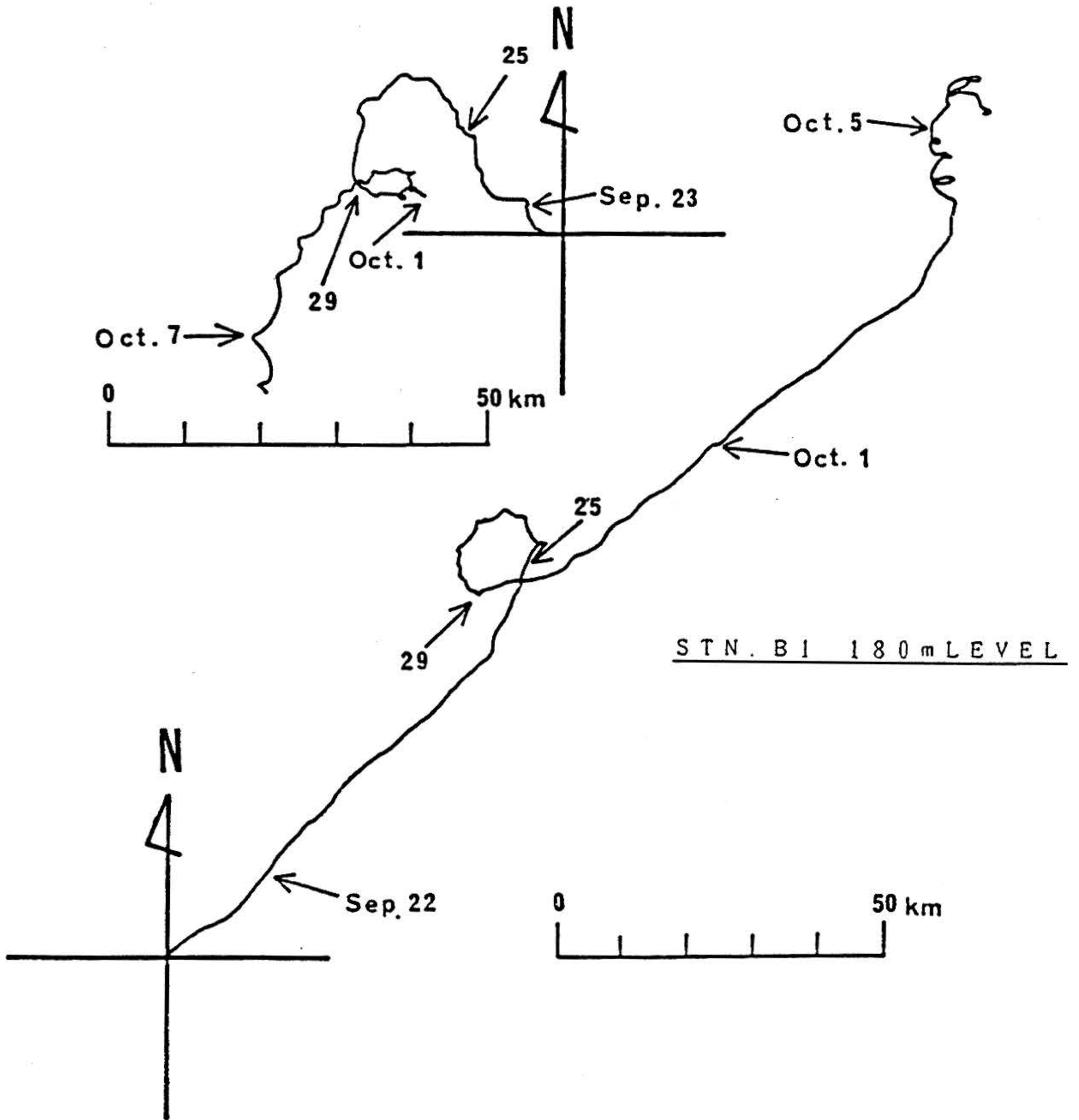
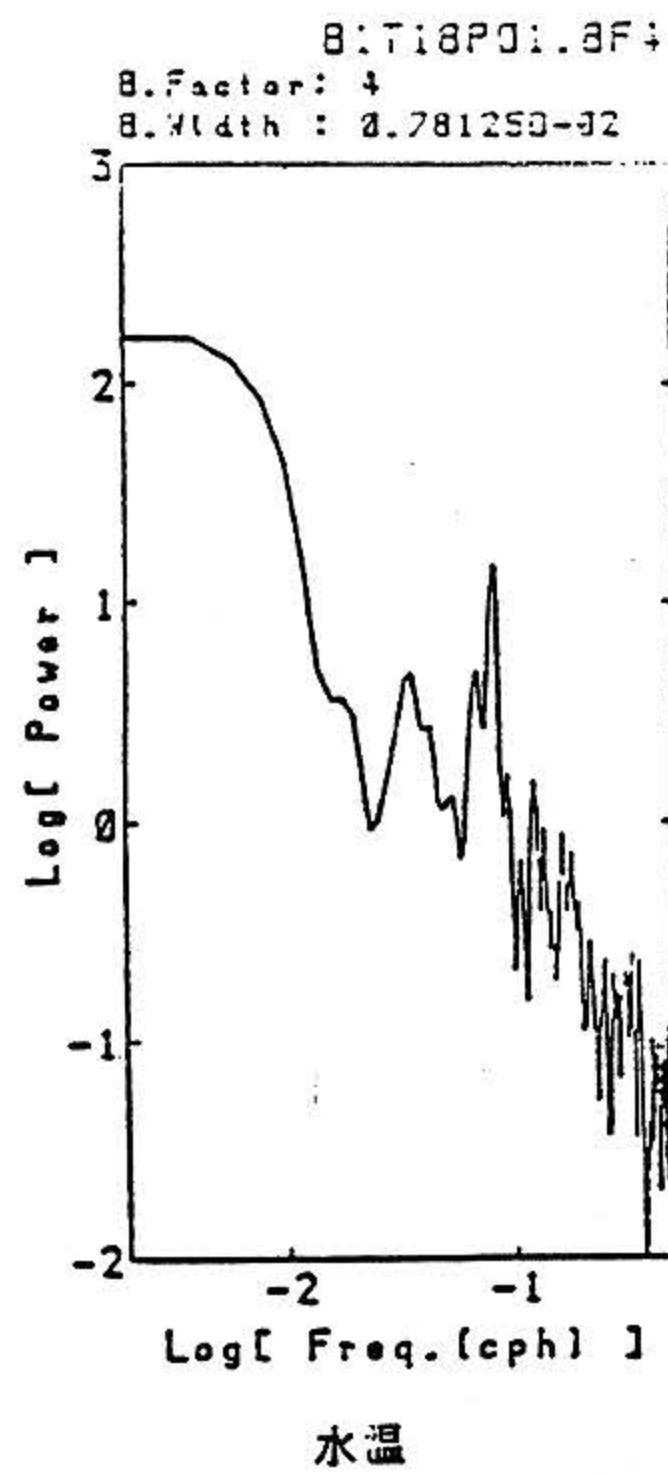
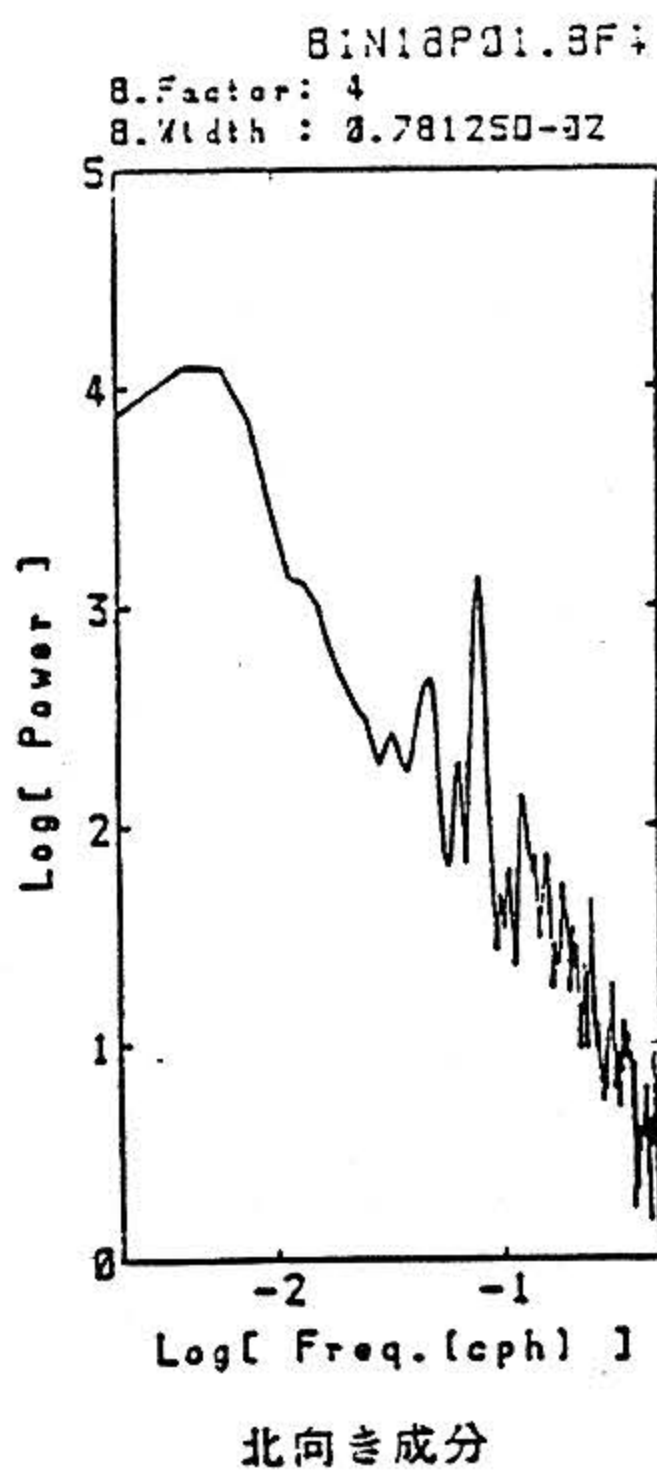
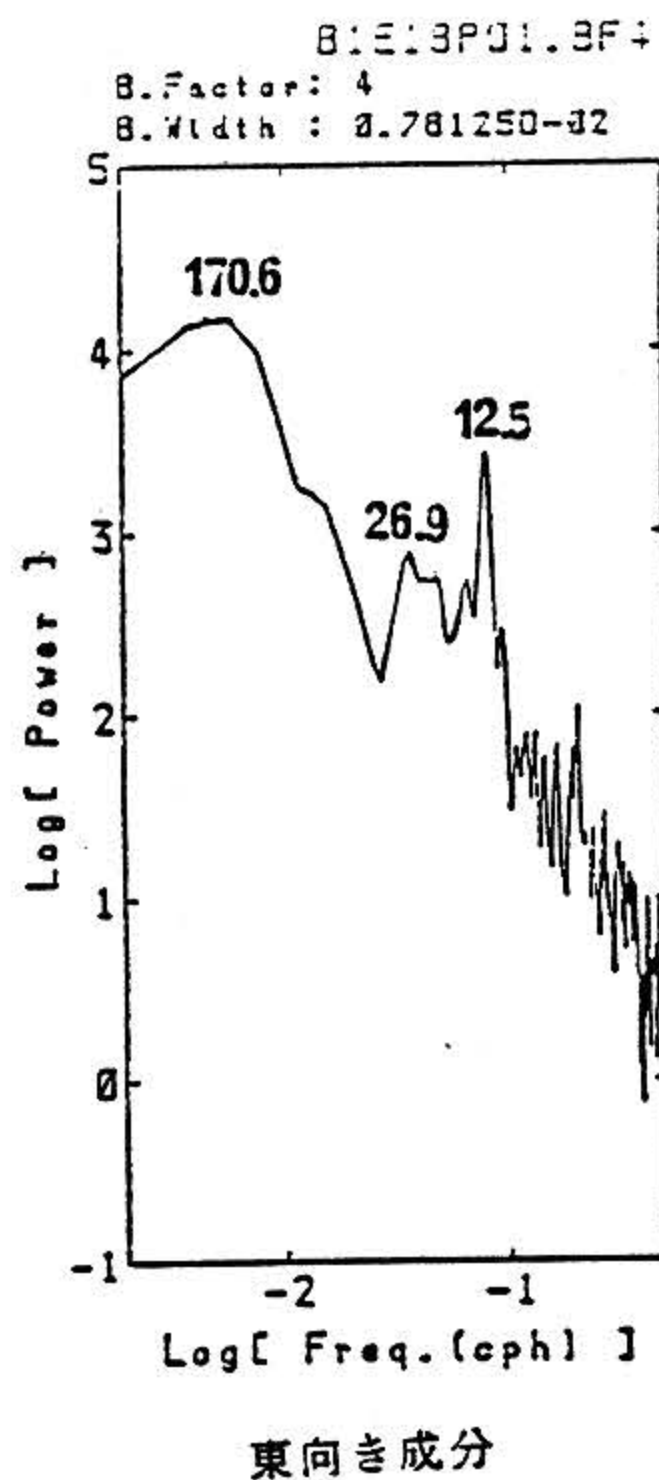
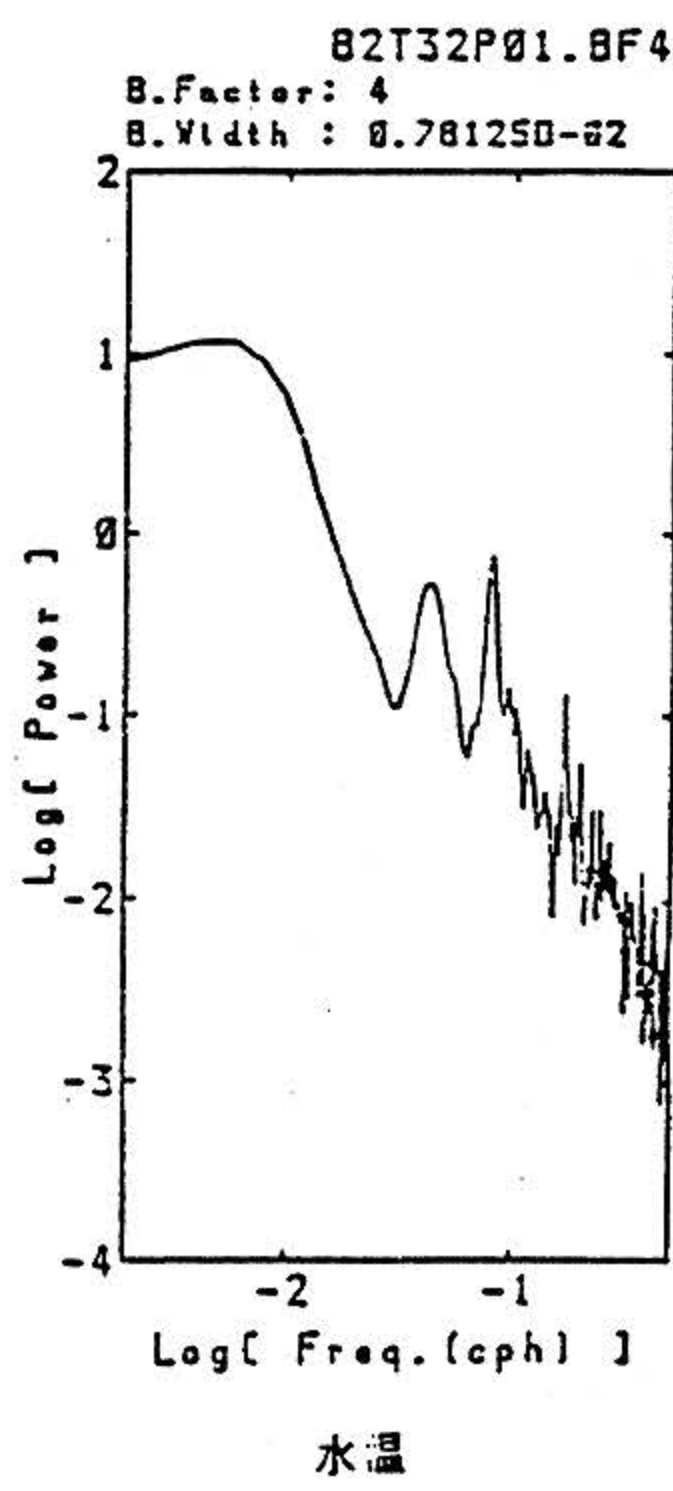
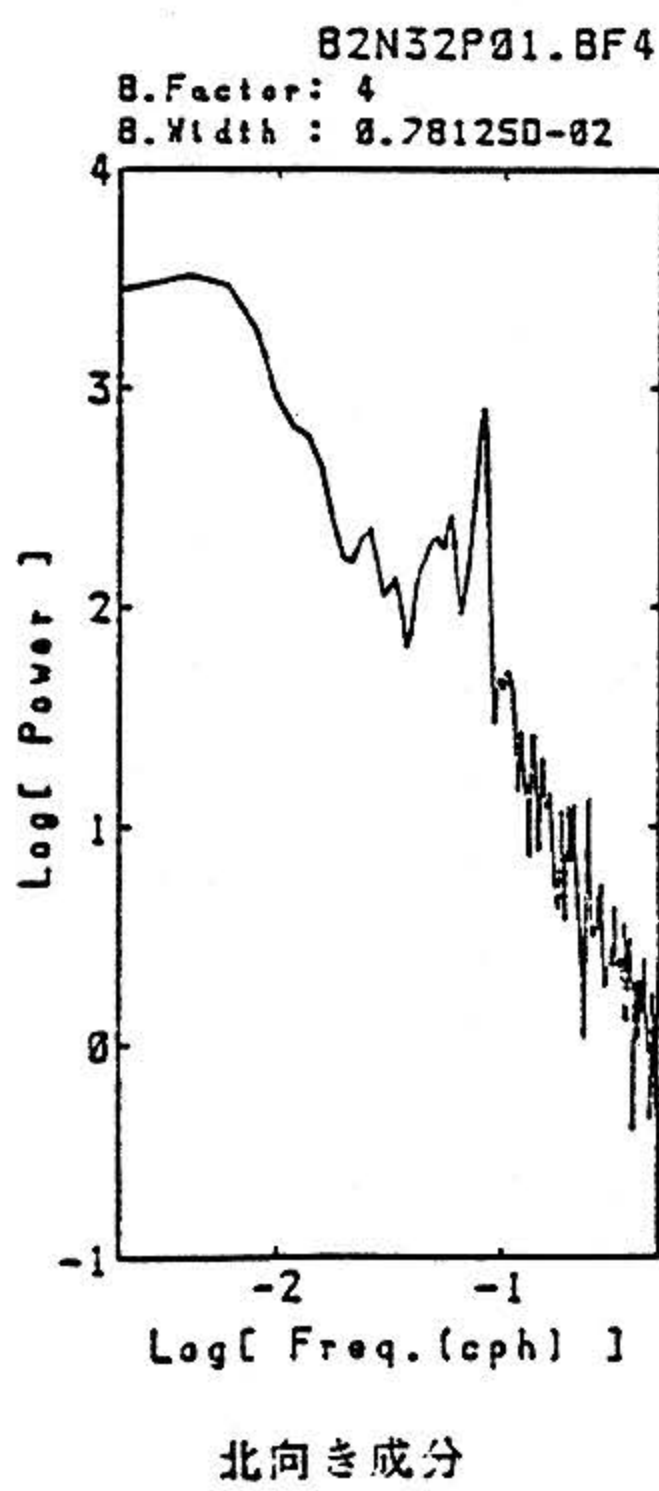
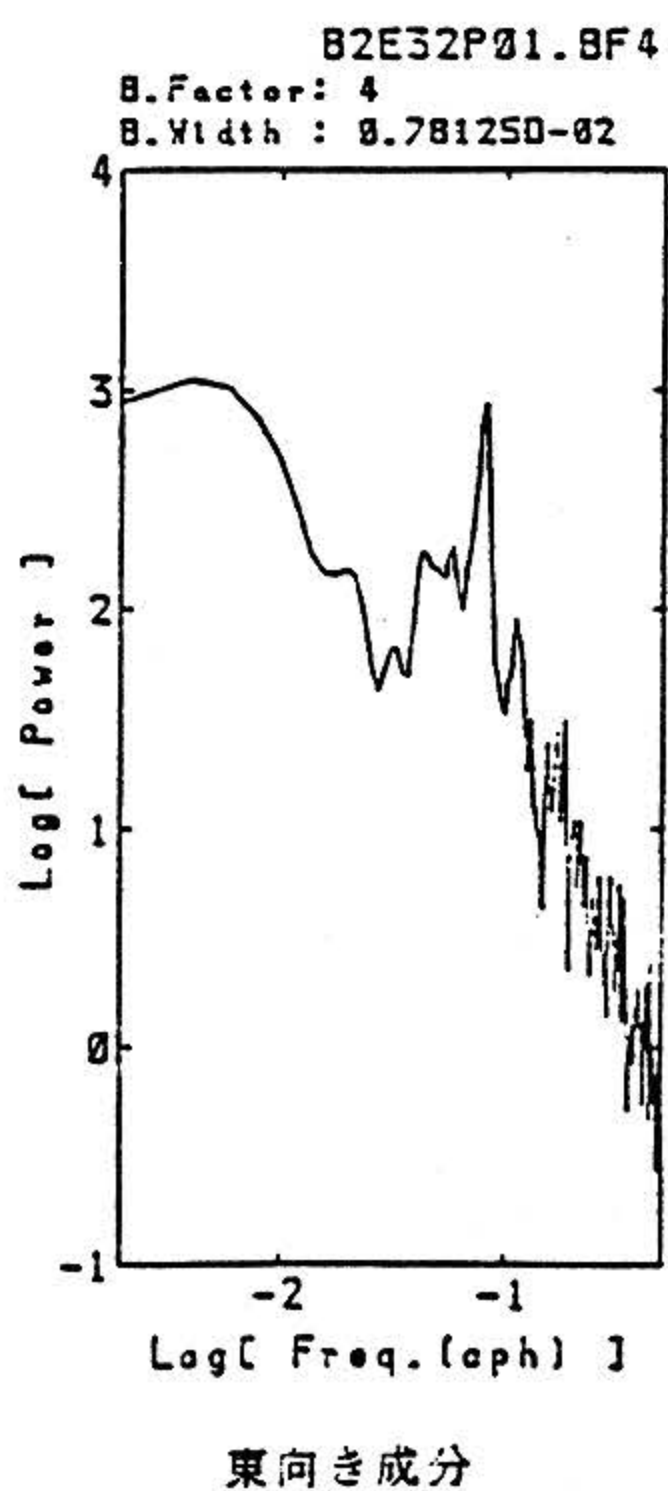


図7 B1, B2点の進行ベクトル図
Fig. 7 Progressive vector diagram at Stn. B1, B2



St B1



St B2

図8 流速の東向き成分, 南向き成分のスペクトルと水温のスペクトル
Fig. 8 Spectrum of current velocity (E comp. & N comp.), temperature

高いピークがあり、次に1日周期となっている。水温変動でも同様の傾向がみられる。

図9に最小二乗法で求めた主要4分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の調和解析結果を示す。B1, B2点ともに流動の振幅は M_2 分潮が卓越している。 M_2 分潮の遅角をみるとB1とB2点で約 110° の位相差がみられる。また、潮流楕円の回転方向は、B2点の O_1 分潮を除き時計廻りである。

山城⁶⁾、前田⁷⁾等は東シナ海大陸棚では M_2 分潮の長軸方向は M_2 分潮の同時潮線とほぼ直交し、陸棚斜面ではかならずしも直交しないと報告している。そこで、今回の陸棚斜面の測流結果と比較すると、 M_2 分潮の長軸方向は、B1点で西から東であるが、B2点では南東から北西であり同時潮線とほぼ直交し、 M_2 分潮の伝搬方向と一致している。B1, B2の結果は山城等が指摘したように同じ傾向を示さず地形の影響を受けていると考えられる。

図5, 6で示した10月4日~7日の流速変動と水温変動では半日周期の変動が卓越していた。さらに陸棚斜面で M_2 分潮が卓越していることから陸棚斜面で内部潮汐が発生した可能性が考えられる。

iii) 衛星データとの比較

黒潮流路との関連について調べるため、調査期間中の気象衛星NOAA搭載AVHRRによる海面温度分布との比較を行った。

夏期から秋期にかけての東シナ海では、表面水温が昇温することから衛星データを用いて黒潮フロントを識別することは困難である。しかし、調査船による海洋観測データを併用すると、調査期間について入手したデータの中でかろうじて使用できるデータは、1986年9月24日(N9-9181), 25日(N9-9195), 10月4日(N9-9322), 7日(N9-9364)で、得られた表面水温分布図の一部を図10に示す。これらのデータから、9月24日に観測線B(図1参照)の南西端が黒潮の一部を切り、その後、9月25日、10月4日と黒潮が観測線Bから離れ、10月7日に黒潮が再度観測線Bに接近してきたと推定される。

これらの結果と測得流の時間変動を比較する

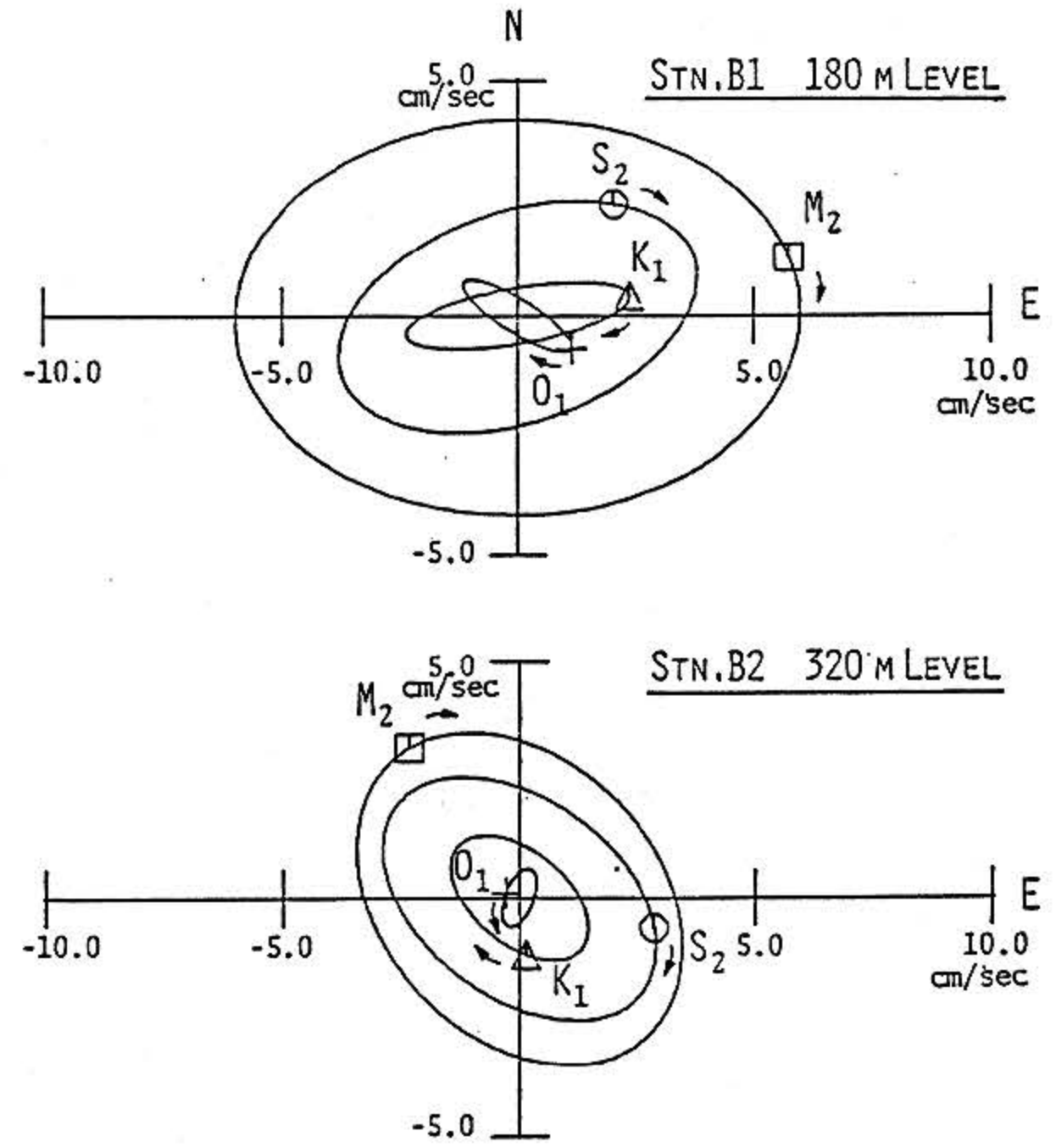


図9 潮流楕円

Fig. 9 Tidal ellipses

と、黒潮が大陸棚斜面へ近づく傾向にある9月24日、10月7日のうち9月24日は北向きの流れが卓越するが、10月7日は南向きの流れも存在する。

次に、黒潮が大陸棚斜面から離れる傾向にある9月25日、10月4日はともに北向きの流れが弱まり、南向きの流れが出現する。

係留観測期間が17日間と短いため、今回観測された黒潮直下の逆向きの流れ(南向きの流れ)は、黒潮が大陸棚斜面から離れるときの特有な現象か否か判断することは困難である。

4. まとめ

1986年秋季に実施した東シナ海奄美大島西方海域の調査から、陸棚斜面の流れに関し以下の事が明らかになった。

1) 測流期間中、全般的に北東または北西方向の流れが卓越しているが、9月25日から9月29日にかけて流向が南西から南東へと反転し、水温の低下も記録された。この現象は、一つの可能性として係留点付近を冷水性の渦が通過したことによると考えられる。

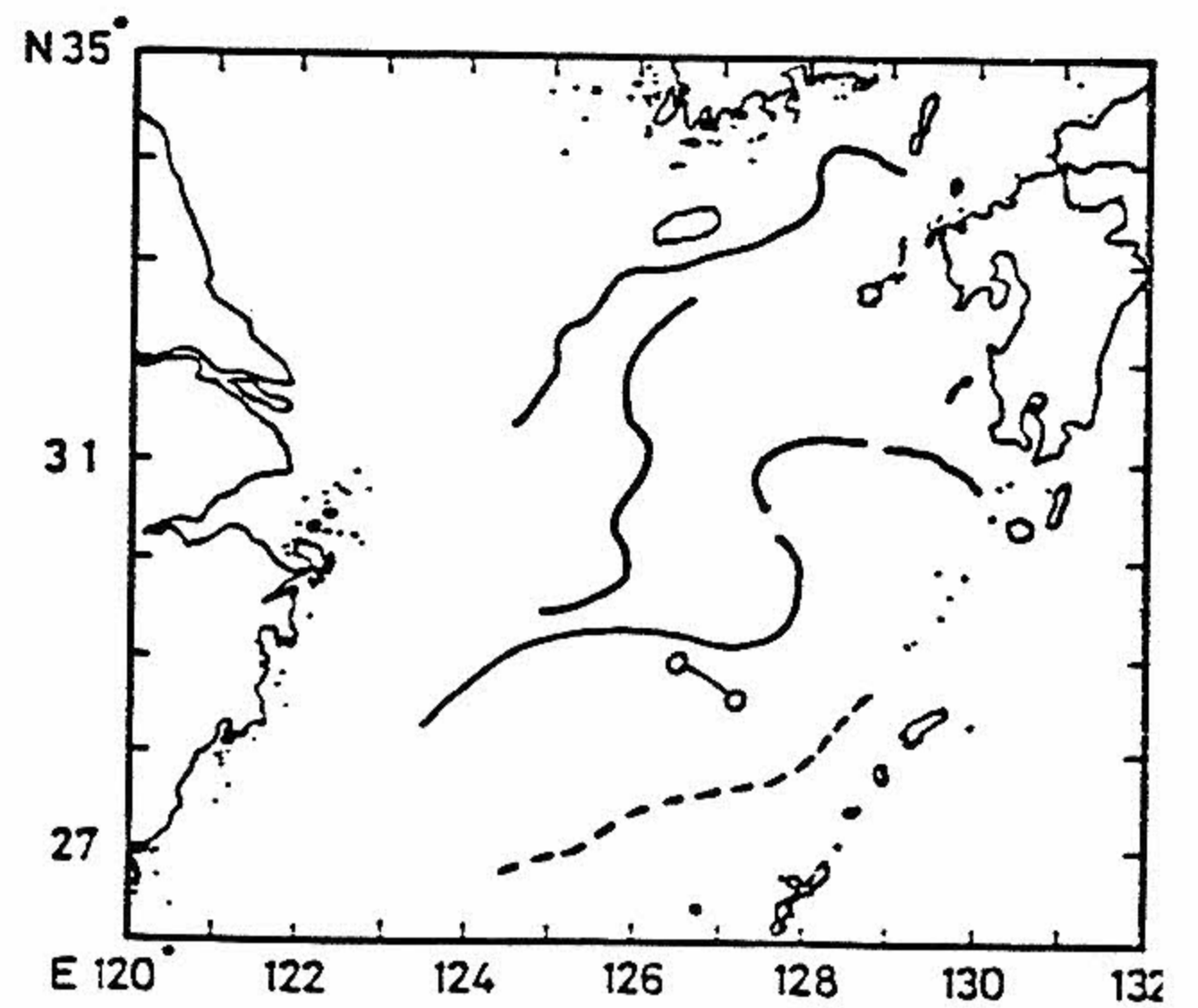
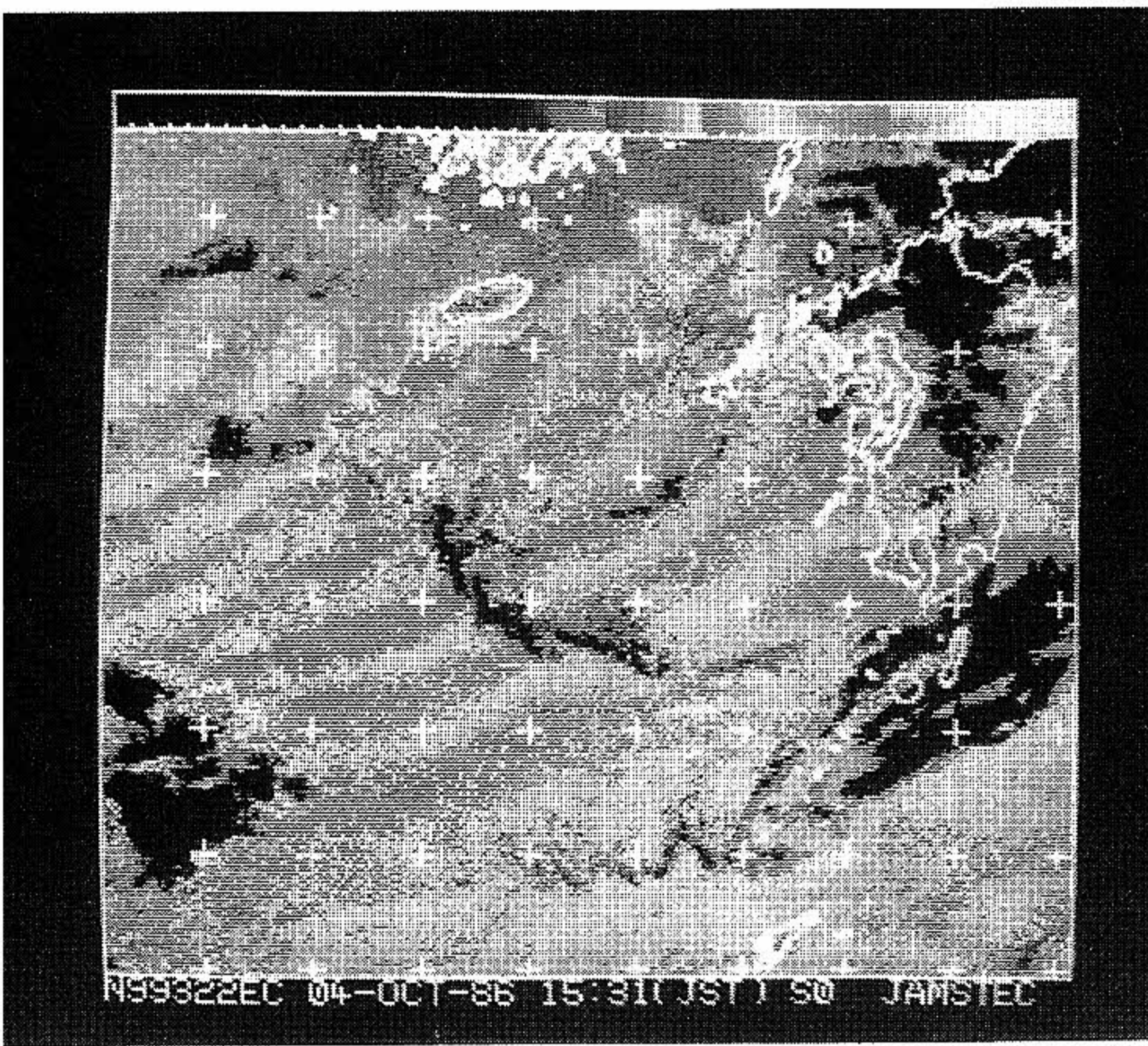
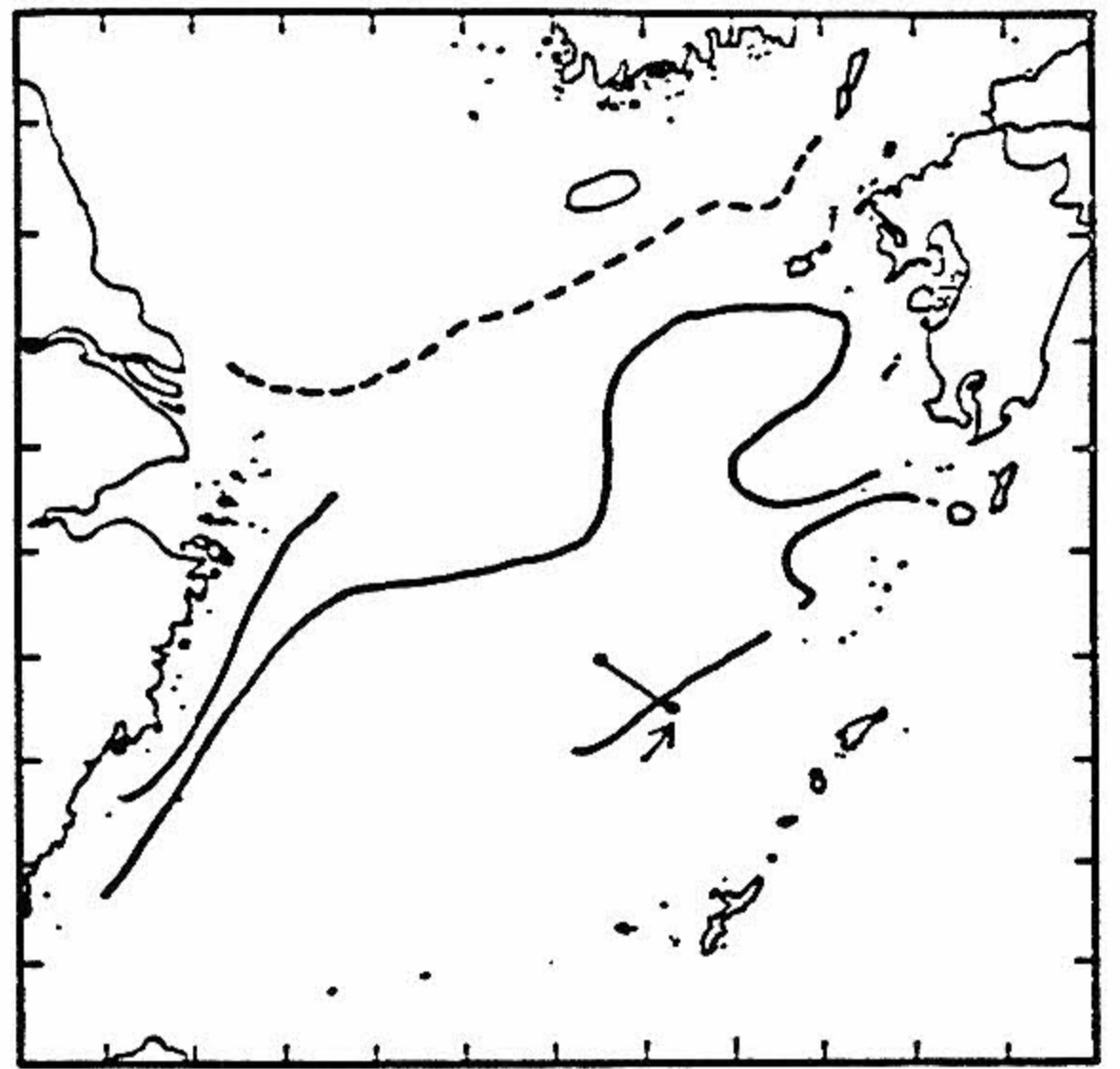
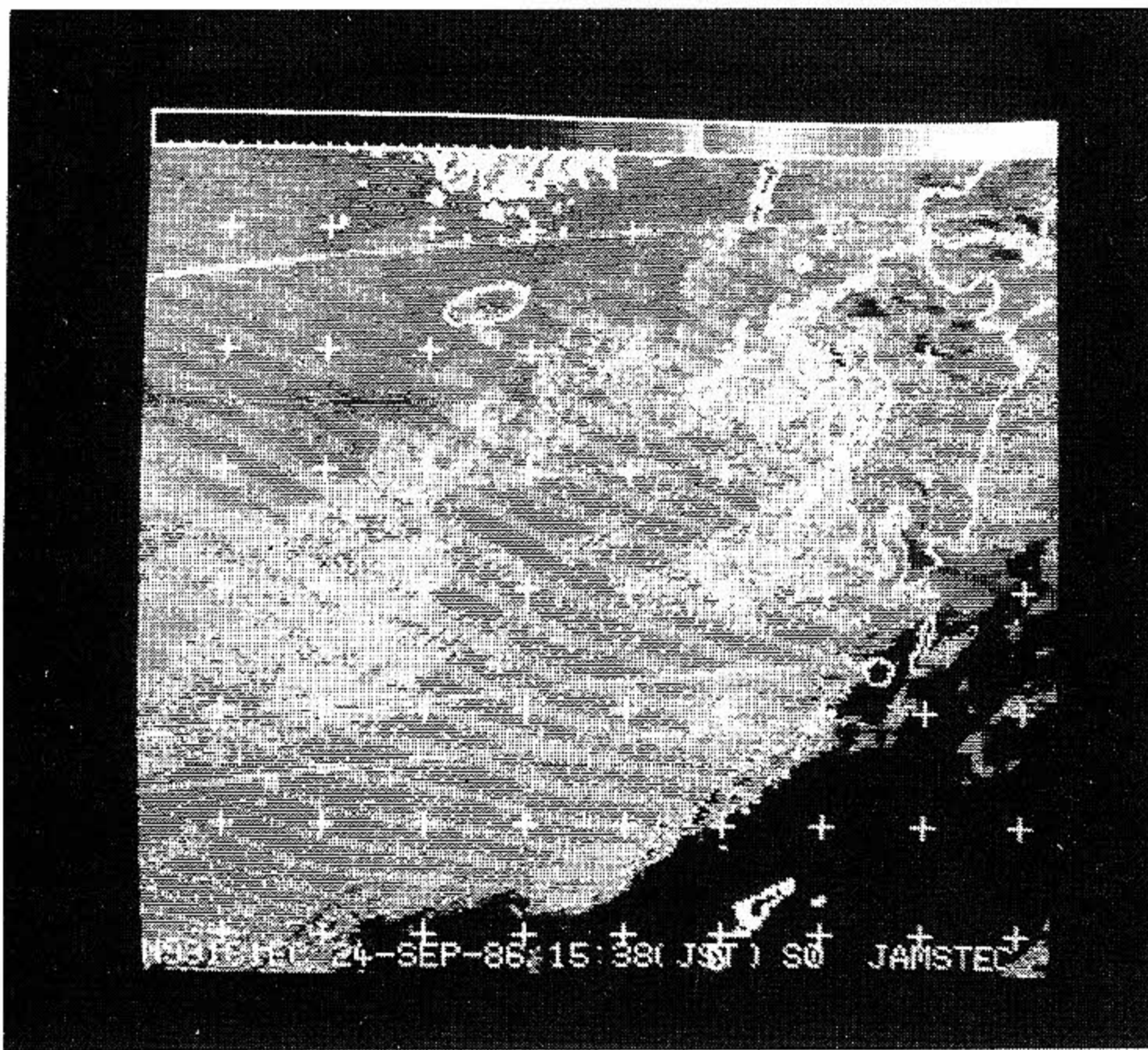


図10 NOAA9 AVHRR画像 9月24日(上図), 10月4日(下図)
 Fig.10 NOAA9 AVHRR image on Sep 24, Oct 4, 1986.

2) 係留系による測流結果と衛星による表面水温分布の比較から、黒潮主流の大陸棚方向への接岸および離岸に黒潮直下の反流を伴うことが示唆された。

3) 流れの変動には、1日および半日周期の潮汐が存在するが、 M_2 分潮が卓越していた。

また、短時間ではあるが、水温変動にも半日周期が卓越していることから、陸棚斜面で内部潮汐が発生した可能性が考えられる。

最後に、調査航海中、堀昭夫船長以下「かいよう」乗組員の方々には係留系の設置、回収作業等に関し多くの御助力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

5. 文 献

- 1) 金子郁雄・高野芳孝・中野俊也・浦島達郎, 1985, KB線でもみた東シナ海の海況季節変化-II, 黒潮の開発利用の調査研究成果報告

書(その8), 96-111

- 2) 前田明夫, 1983, 東シナ海の黒潮及び黒潮周辺の海況, 海洋科学(15), 332-338
- 3) 宮地邦明・井上尚文, 1983, 尖閣諸島近海における黒潮の流動特性, 西海区水研研究報告(60), 57-70
- 4) 宮地邦明・井上尚文, 1986, 東シナ海奄美大島北西海域における黒潮の流動特性, 西海区水研研究報告(63), 1-14
- 5) 前田明夫, 1981, 測流計画のための東シナ海の黒潮とその周辺の海況, 海洋科学(13), 247-254
- 6) 山城徹・前田明夫, 1986, 東シナ海の M_2 分潮流の性質, 海洋科学(18), 430-436
- 7) 前田明夫, 1980, 東シナ海陸棚上成層期における M_2 分潮流, 鹿児島大学工学部研究報告(22), 187-194

(原稿受理: 1987年12月10日)