

TOCS 航海中に観測された 西部熱帯太平洋域の海洋構造

黒田 芳史^{*1} 安藤健太郎^{*1} 三寺 史夫^{*1} 柏野 祐二^{*1}
林 美鶴^{*2} 尻引 武彦^{*3} Djoko Hartoyo^{*4}
Ali Alkatiri^{*4} 米山 邦夫^{*1} 宗山 敬^{*1}

西太平洋における赤道海流系, 及び低緯度西岸境界流の実態を理解するために, 1995年7月のTOCS航海中のCTD, ADCPデータを検討した。この航海で赤道潜流(EUC)の起源が, 赤道上の東経139度において明確に観測された。赤道潜流にともなう東向きの海流は140m~340mの深度層において存在し, 東経142度付近まで東に行くにしたがい速度が増加していた。この流れは, 1,000dbを基準とした200dbレベルでの力学的高度の傾斜, つまり, EUCを駆動する東向きの圧力勾配力の存在, から予想されるものと一致している。次にMorotai島とHalmahera島の東沿岸で深度200mまでの表層では60cm/sの強い北向きの流れが顕著であったが, 水深350m~550mにおいて上層とは逆に中心の流速が40cm/s以上となるような顕著な南向きの潜流が観測された。さらに, 北緯2度, 東経136度周辺の表層下150m~300mの層において水平スケール約330kmの時計回りの渦のような構造が見つかり, これがEUCを形成する機構の一つであると推測された。この渦を成す水の起源は, ニューギニア沿岸潜流(NGCUC)により運ばれた高塩分の南太平洋熱帯水(SPTW)と考えられる。東経142度線上でNGCUCは1995年の1月と7月の二つの航海の間に特筆すべき季節変動を見せた。すなわち海流の幅は1月~7月にかけて90km~165kmに広がり, 海流の深さも350m~600m以上となり, 北半球の夏に強化されていることが判った。

キーワード: TOCS, 赤道潜流, 低緯度西岸境界流, ニューギニア沿岸潜流

Oceanic structure on the western boundary of the equatorial tropical Pacific

-
- * 1 海洋科学技術センター 海洋観測研究部
 - * 2 日本海洋事業株式会社
 - * 3 三洋テクノマリン株式会社
 - * 4 インドネシア技術評価応用庁
 - * 5 Ocean Research Department.
 - * 6 Nippon Marine Enterprises Ltd.
 - * 7 Sanyo Techno Marine Inc.
 - * 8 Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Yoshifumi KURODA^{*4} Kentaro ANDO^{*4}
Humio MITSUDERA^{*4} Yuji KASHINO^{*4}
Mitsuru HAYASHI^{*7} Takehiko SHIRIBIKI^{*7}
Djoko HARTOYO^{*3} Ali ALKATIRI^{*7}
Kunio YONEYAMA^{*4} Kei MUNEYAMA^{*4}

The CTD and ADCP data obtained during the TOCS cruise in July 1995 were examined. The current field associated with the origin of the Equatorial Undercurrent (EUC) starting around $0^{\circ}, 139^{\circ}\text{E}$ was clearly observed. Eastward current was found in a 140m-340m depth layer, of which velocity increased on proceeding eastward, was consistent with the geopotential anomaly slope at 200db indicating an eastward pressure gradient driving the eastward EUC. Distinct southward undercurrent was evident along the east coast of Morotai and Halmahera Islands with the core speed over 40cm/s between 350m and 550m depth and isotherms apparently falling toward the coast. The surface layer flowing northward was dominant down to 200m depth. A clockwise subsurface eddy was found in the subsurface layer at 150m-300m with horizontal scale of about 330km at $2^{\circ}\text{N}, 136^{\circ}\text{E}$, this possibly being with the mechanism for the EUC water formation. The eddy was considered to be the high salinity Southern Subtropical Water according to the New Guinea Coastal Undercurrent (NGCUC). NGCUC showed the remarkable seasonal differences for two cruises in January 1995 and July 1995. Current width increased from 90km to 165km and current depth was 350m to under 600m. NGCUC was thus concluded to have developed well in the boreal summer in 1995.

Key words : TOCS, Equatorial Undercurrent, low latitude western boundary current, New Guinea Coastal Undercurrent

1 はじめに

海洋科学技術センター (Japan Marine Science and Technology Center : JAMSTEC) では、プロジェクト研究：熱帯赤道域の観測研究 (Tropical Ocean Climate Study ; TOCS) において観測航海を年2回実施している。TOCSは、西部熱帯太平洋がENSO現象 (El Niño / Southern Oscillation ; エルニーニョ / 南方振動) や全地球的な気候変動に及ぼす影響を解明することを目的としている。

西部熱帯太平洋の“warm water pool”は年平均で 28°C 以上の高い海面水温を持つことで特徴づけられており、上層大気に至る対流活動をもたらし、世界の気候に影響を与える重要な要因となっている。“warm water pool”が東太平洋へ移動したときがEl Niñoであり、これが世界の気候の劇的な年々変動の原因となっている。ENSOの発達過程を研究するためには、西部熱帯太平洋の海洋循環や水温分布の変化を調査することが重要である。これまでTOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere) やWOCE (World Ocean Circulation Study) といった国

際的な計画により、海洋や大気の変動についての理解は格段に進んだ。しかし赤道太平洋の西岸境界海域は、この海域へ流れ込む南北両半球からの様々な水塊のために非常に複雑な海洋構造をしており、十分には理解されていない (Wyrski (1962)¹⁾, Fine et al.(1994)²⁾, Kashino et al.(1996)³⁾ など)。この海域の海上風は、強力な西風 (westerly burst) による季節内変動、アジア-オーストラリアモンスーンによる季節変動、ENSOによる年々変動などが卓越することが報告されている。

本稿では主として、1995年7月のTOCS航海で得られたCTD (Conductivity-Temperature-Depth profiler) やADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) による海洋観測データについて説明し、いくつかの海洋学的な新たな知見について述べる。この航海は北赤道反流 (North Equatorial Counter Current ; NECC) や南赤道海流 (South Equatorial Current ; SEC), さらに赤道潜流 (Equatorial Undercurrent ; EUC) などの赤道海流系、ミンダナオ海流 (Mindanao Current ; MC) やニューギニア沿岸流 (New Guinea Coastal Current ; NGCC),

さらにニューギニア沿岸潜流 (New Guinea Coastal Undercurrent; NGCUC) (Tomczak and Godfrey (1994)⁴⁾ のレビューを参照) といった低緯度西岸境界流を観測するために計画された。1995年7月の航海はインドネシア技術評価応用庁 (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi; BPPT) とJAMSTECとの共同航海として実施することで、Morotai島とHalmahera島の沿岸近くでも観測が可能となった。はじめにADCP流速データについて説明し、EUCの起源、EUC源流域近くの混合層下にある渦構造、新しく発見されたMorotai島とHalmahera島の東岸に沿った潜流、及びNGCUCについて述べる。第2に上記の海流の水塊について、CTDと溶存酸素分析のデータを元に述べる。第3にNGCUCの季節変化について、1995年1月のTOCS航海時のデータとの比較によって述べる。

2 データ

海洋観測は、1995年6月30日パラオを出発して、1995年7月26日にグアムへ到着するまでの間、JAMSTECの調査船「かいよう」によって実施した (図1)。海洋上層の流速分布は、船舶搭載のADCPによって測定した。このADCPはRD Instrument(75kHz)で、深度30m~16mの鉛直解像度で40層にわたり記録した。データ品質の指標であるpercent goodの値で50以上のものを採用した。それによると、水深600mまでのデータは適切な値を示した。

CTDはSeaBird SBE911plusに溶存酸素センサーを取り付けたものを用いて、水深1,000mまで観測した。すべてのCTD観測の際に、溶存酸素測定のために5ℓニス

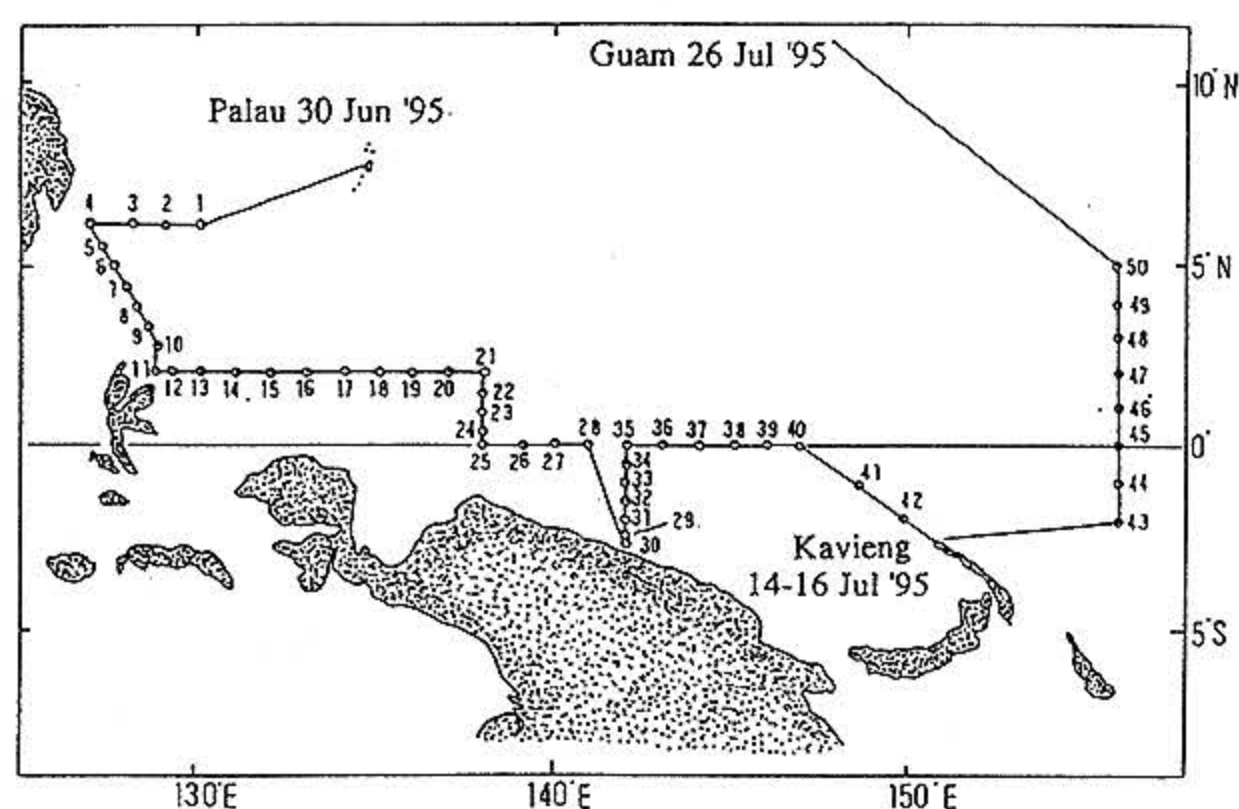


図1 1995年7月「かいよう」で実施した航海の航跡とCTD測点

Fig. 1 Cruise track and CTD locations of R/V Kaiyo in July 1995.

キン採水器を持つ12本掛けロゼットシステムによって採水を行った。溶存酸素データは、Winkler titrationで補正されたDOメーター (TOA ポータブル溶存酸素測定器, モデルDO-25A) を用いて計測した。

3 海流構造

赤道沿いの表層海流は全般に西向きの流れであり、SECがこの期間よく発達していたことを示している。これは航海の間支配的だった弱い東風に駆動されたものであると考えられる。南方振動指数は通常の状態へと戻り、1991年以来の長いwarm phaseから1995年7月にはcold phaseへとゆっくりとシフトしていく時期であった (Climate Diagnostics Bulletin (1995)⁵⁾。これに伴いインドネシア多島海における活発な大気対流が太平洋上に東風を引き起こされたため、西太平洋で西向きの流れが卓越したものと考えられる。

今航海において我々は、赤道上の東経139度での深度200mの海流図からEUCの起源を発見した。東経139度より東では東向きの海流が支配的で、それより西の南向きの海流とは区別された (図2b)。赤道断面では、140m~340mの深度層において東経142度付近まで東に行くにしたがい速度が増す東向きの海流が存在した (図3a)。CTDデータを用いて1,000dbを基準面として計算された力学的高度をみると、200dbレベルは赤道沿いの東経142度から西に向うにつれて増加する傾向を示す。すなわち、EUCを駆動するための東向きの圧力勾配力が存在していたことを示唆している (図4a)。

Morotai島とHalmahera島の東沿岸において、水深200mまでの表層の北向きの流れは最高速度60cm/s以上に発達していた。200mより深いところでは、中心の流速が350m~550mにおいて40cm/s以上となるような顕著な南向きの潜流が観測された (図3c)。この海流は岸に捕捉された流れと考えられ、今回、ハルマハラ潜流 (Halmahera Undercurrent) と名付ける。この海流の存在は、1994年2月の「かいよう」でのWOCE航海で得られた加速度ポテンシャル図 $\sigma_\theta = 27.2$ の面上の北緯2度~3度、東経129度~130度付近からも示唆されている (Kashino et al. (1996)⁶⁾。海面での力学高度は、等温線の上昇に伴い沿岸に向かうにつれて急激に減少する。これは表層の強い北向きの海流と一致する。一方、350dbでの力学高度の傾斜はほとんど平坦となり、この深さでの顕著な東向きの圧力勾配は見られない。しかし、等温線は、明らかに350dbのレベルで岸に向かって降下していることがこの海流の存在を示唆する。このHalmahera潜流

がどのような力学的バランスを持っているのか、どの程度の期間この海流が存在しているのか等は疑問として今後に残る。

NGCCとNGCUCは、東経142度の子午線断面のすべての深度にわたって支配的であった（図2）。西向きに流れるNGCUCは深度600mまたはそれ以上の深さで非常に発達しており、その中心は深度300mで流速60cm/s以上であった（図3b）。中心の流速は、Gouriou and Toole (1993)⁶⁾によって得られた平均流速の1.5倍であった。NGCCの表層とNGCUCとの間に、明確ではないが比較的弱い流速の領域があり区別できた。NGCUCの幅は非常に広く、緯度にして1.7度に相当する。ニューギニア沿岸に沿い西北西に流れるNGCUCの一部は深度100m～300mの層で東向きの流れである、EUCへと転じ、Tsuchiya et al.(1989)⁷⁾によって示されたように高塩分の海水を供給している。力学高度はニューギニア沿岸に近づくにつれて高くなり、南緯2度30分で最も高くなった。この傾向は、表層から500db以深まで持続していた（図4b）。

北緯2度断面の表層下150m～300mの層において、渦のような構造が見つかった。渦の中心は東経136度であり、東経134度～135度の間に北向きの最大流速60cm/sが、東経138度の近くに同じ流速の南向きの流れがあった（図3c）。力学的高度のこの海域での最大値は東経135度に見られ、今航海中のすべてのCTD測点の中で最も高い値（ $20\text{ m}^2/\text{s}^2$ 以上）を示した（図4c）。この海域で暖かい海水が非常に蓄積されており、海面が最も高くなっていると結論づけられる。中心に集められた海水の起源は、塩分断面から見受けられる比較的高塩分のNGCUCによって運ばれた南太平洋熱帯水と考えられる（4.2節参照）。このように渦構造は南半球から北半球への高塩分水の輸送路を考える上で重要である。NGCUCが北半球へ出るとき、恐らく南太平洋起源の高塩分水がこのような渦によって周囲の水と混合し、北方向へとゆっくりと輸送されていると考えられる。その一部は、また赤道方向へ戻るものと推測される。このように表層混合層の下にある渦は、北半球起源の水のEUCへの取り込み機構の一つであると考えられる。

4 水塊

4.1 表層混合層

赤道沿いにおいて、東経138度～148度の間の海面から深度70m～80mに等温層が存在した。この深さは、Ando and McPhaden (1996)⁸⁾のCTDの歴史データと比

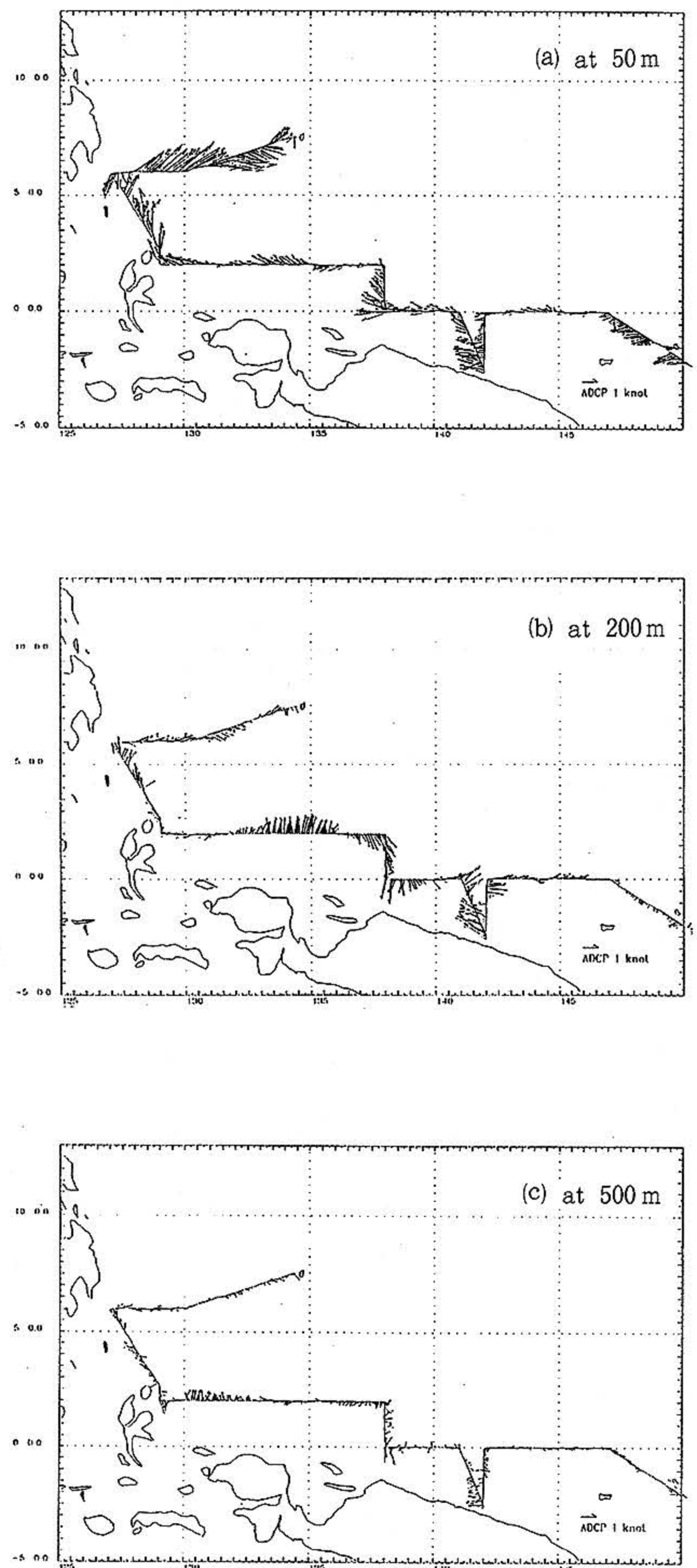
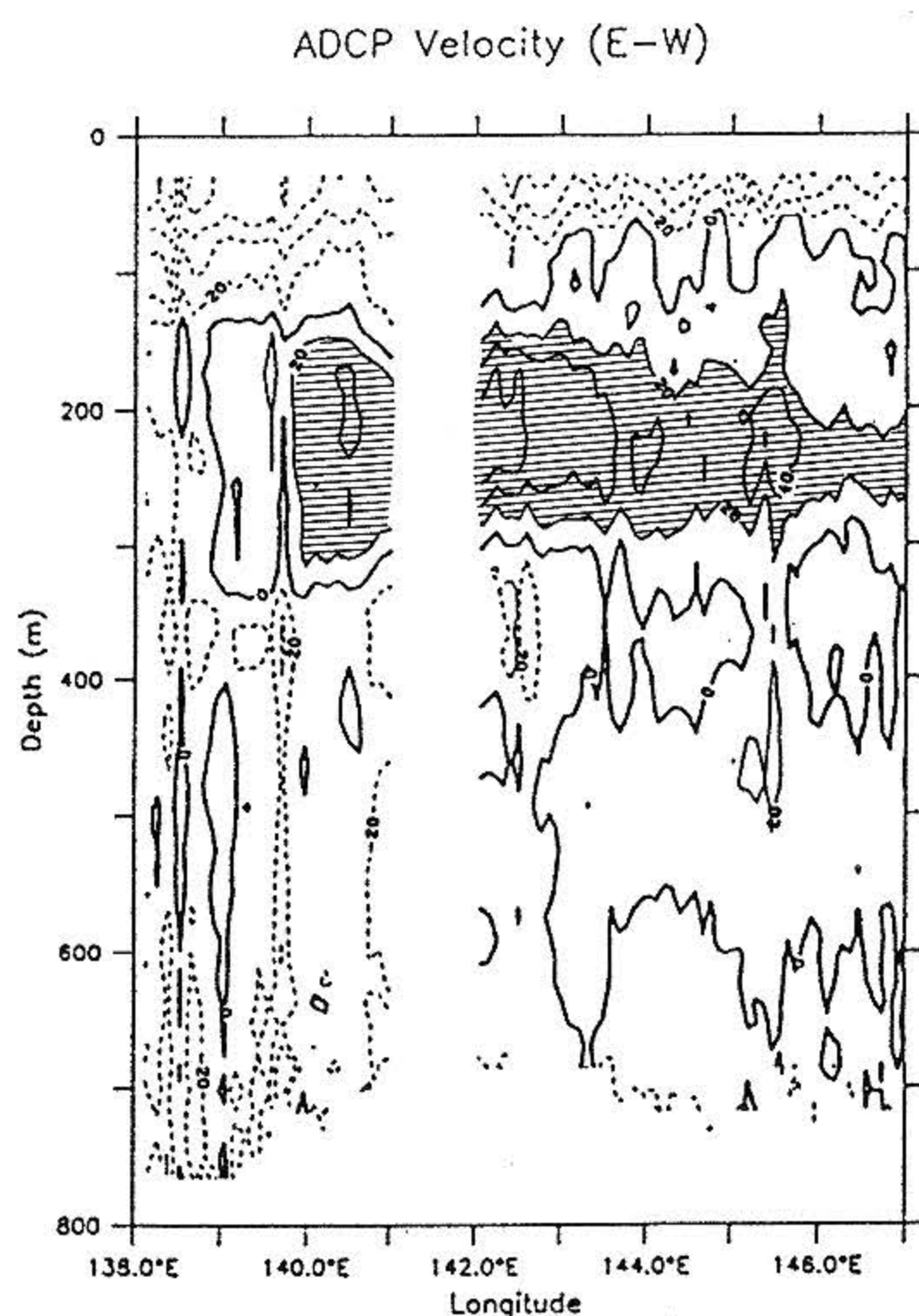
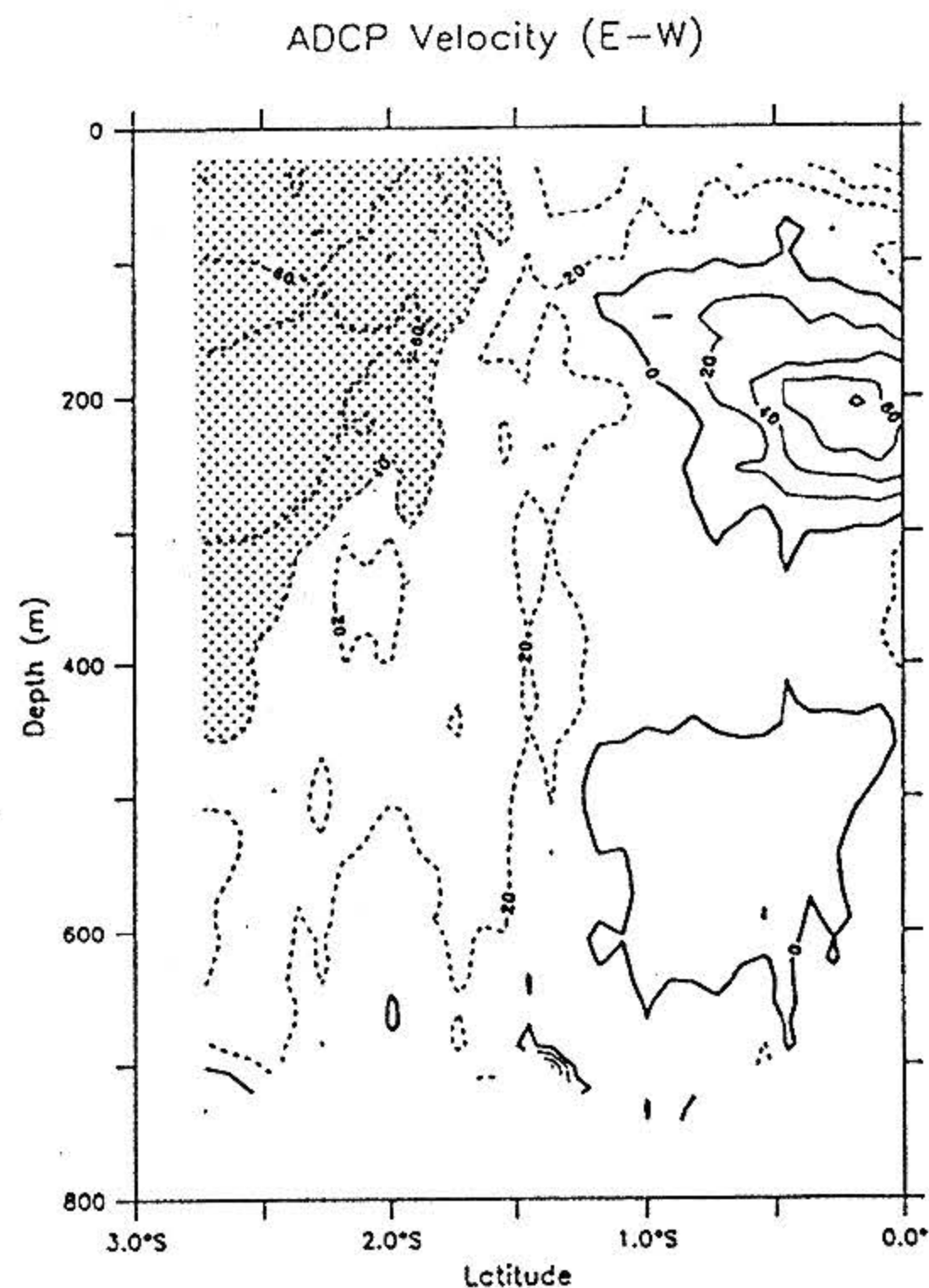


図2 「かいよう」搭載のADCPによって観測された流向・流速 (a) 深度50m層 (b) 深度200m層 (c) 深度500m層

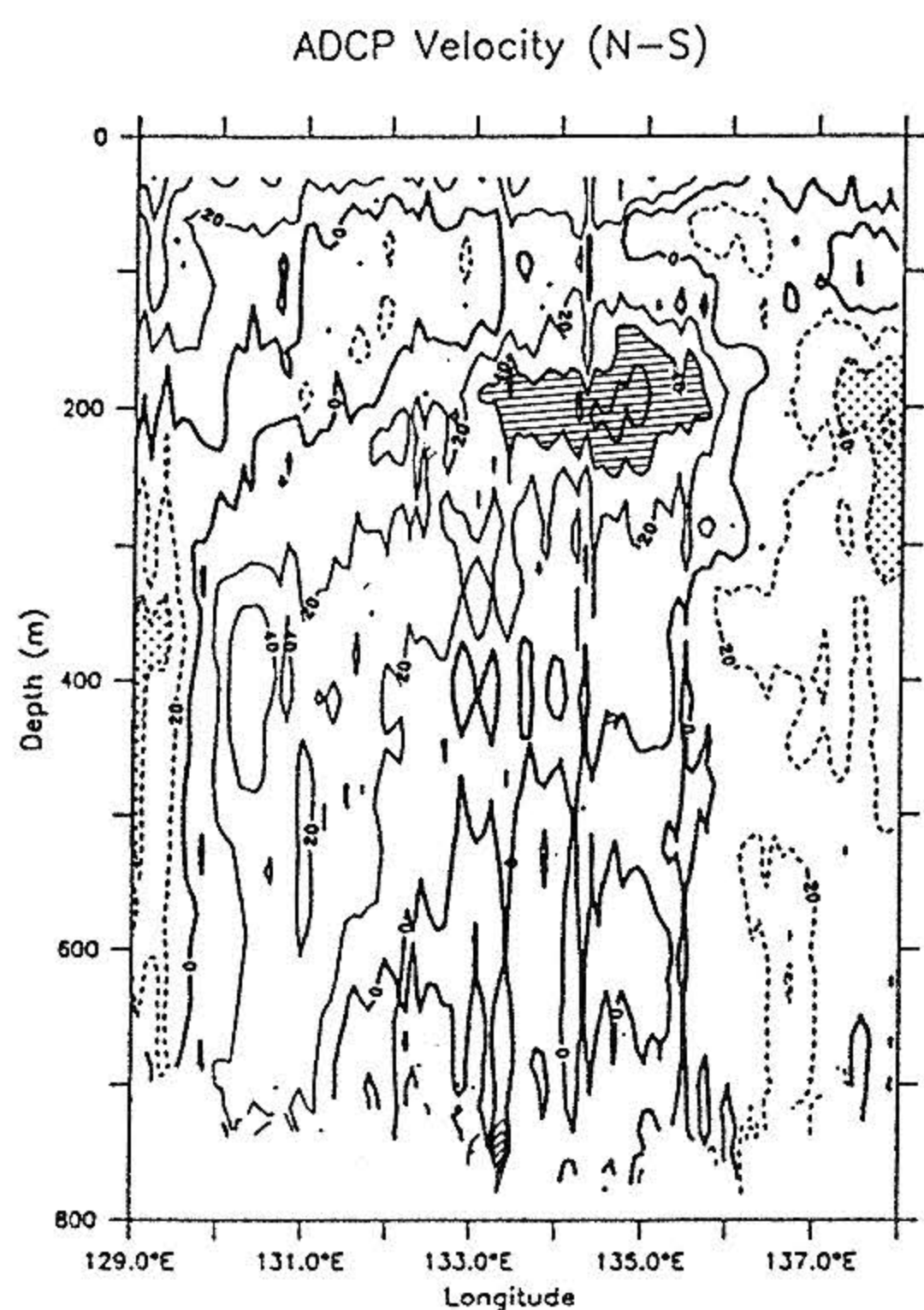
Fig. 2 Current vectors obtained with a shipboard ADCP. (a) at 50 m, (b) at 200 m, (c) at 500 m, depth layer.



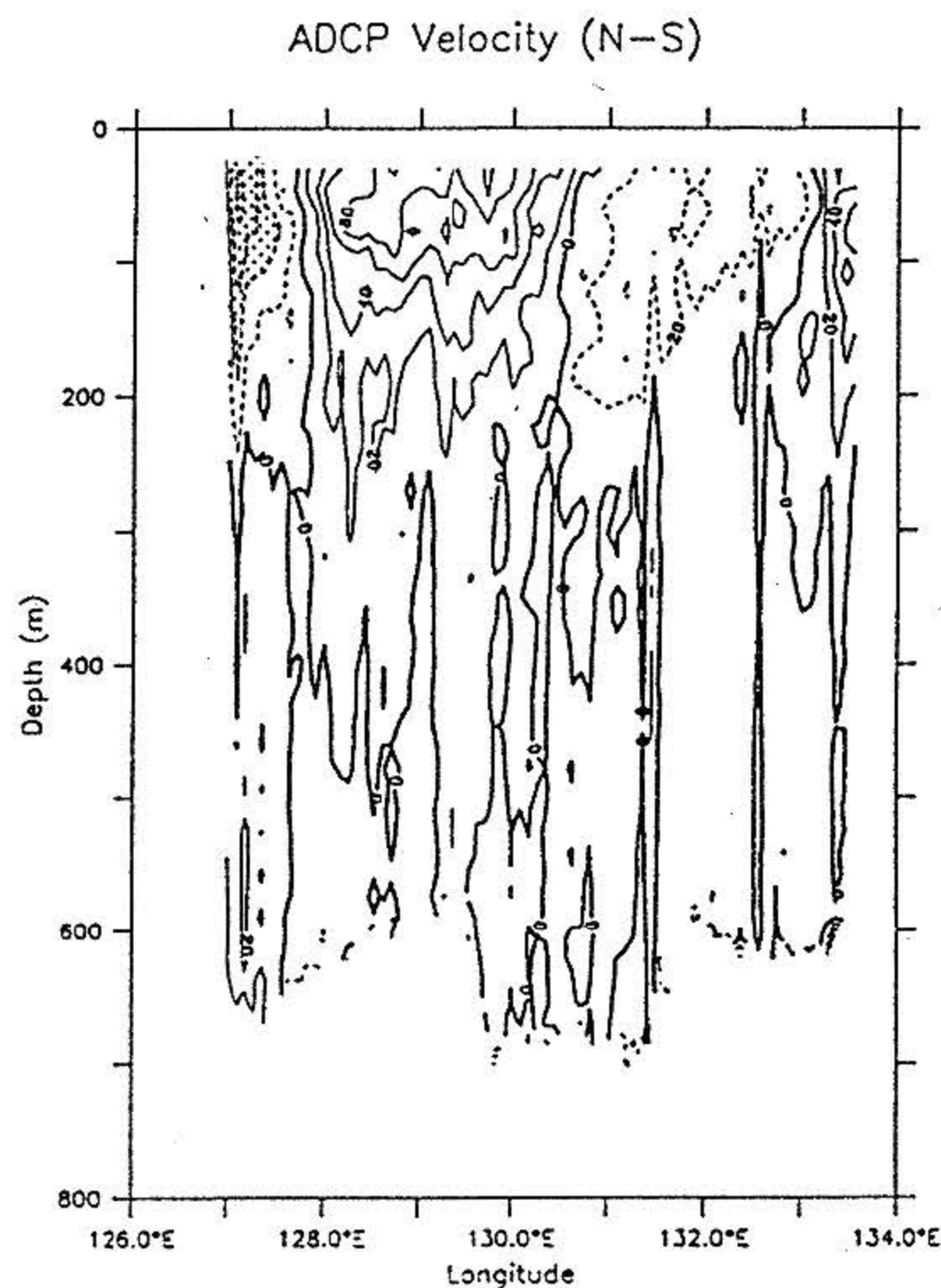
(a) Zonal component along the equator.



(b) Zonal component along the 142° E.



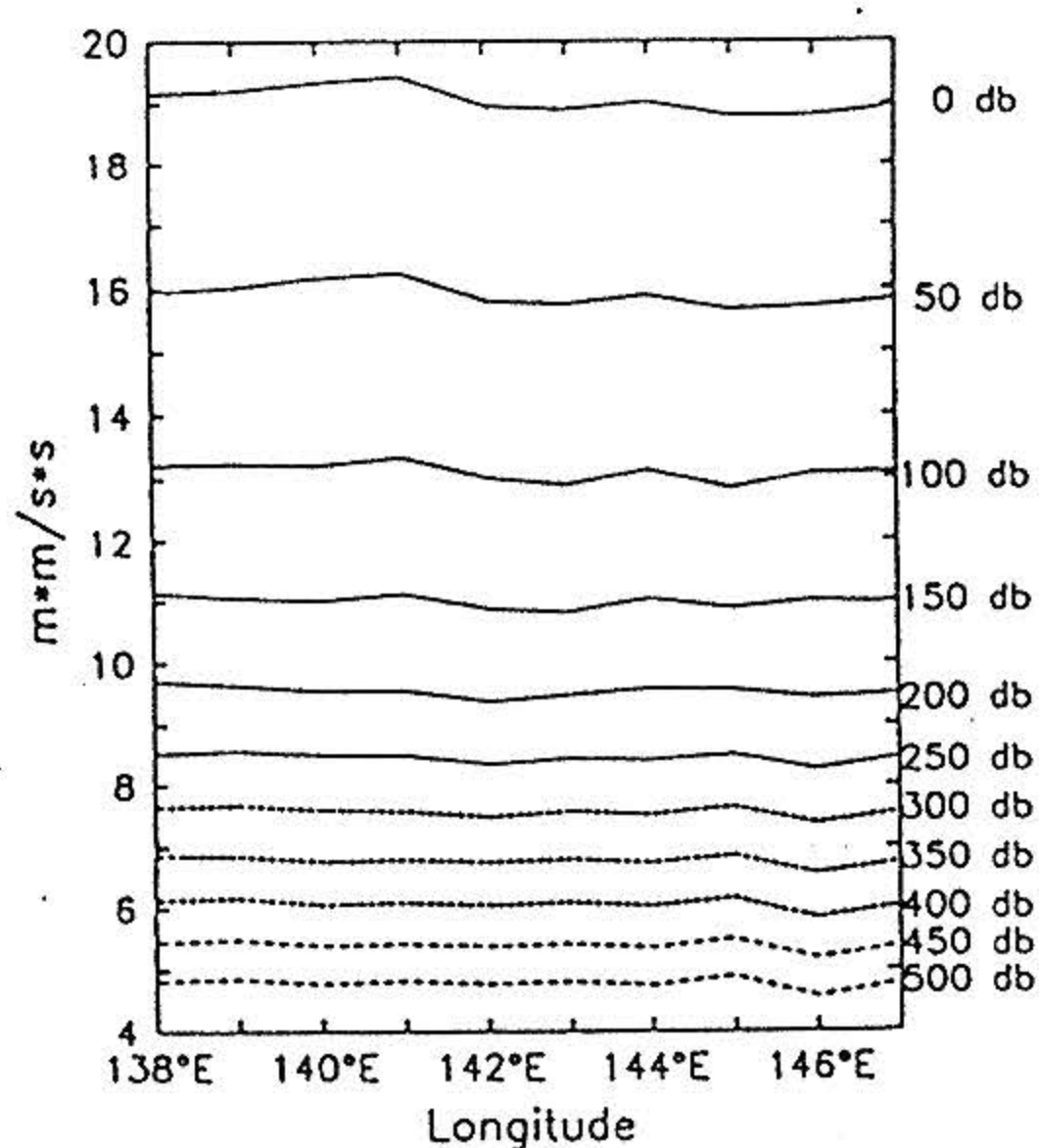
(c) Meridional component along the 2° N.



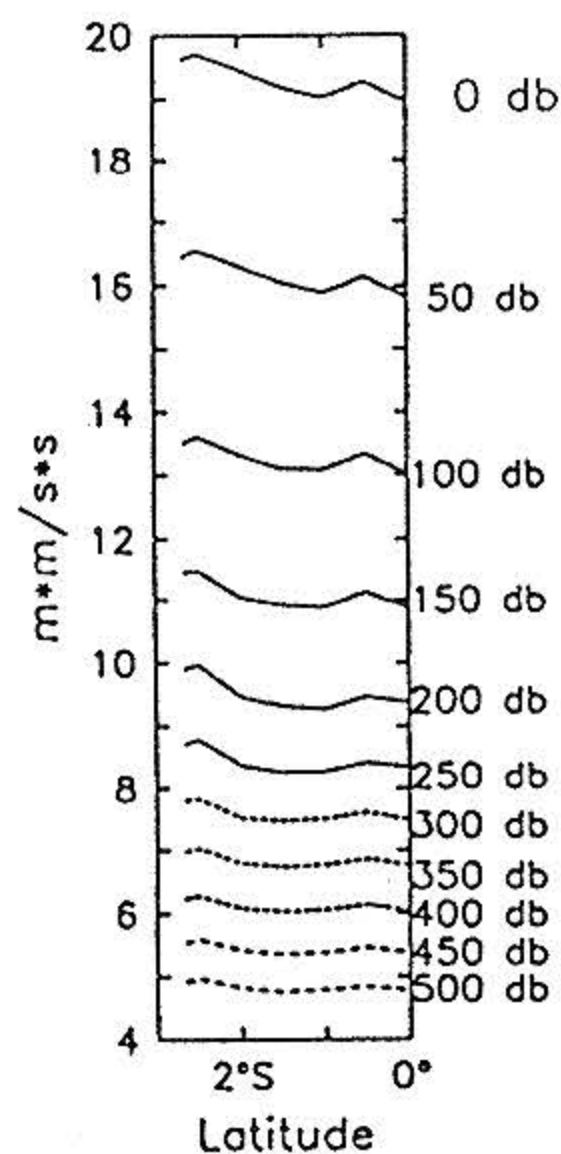
(d) Meridional component along the 6°N.

図3 「かいよう」搭載のADCPにより観測された流速の断面図(単位cm/s) (a) 赤道断面での東西流, (b) 東経142度子午線断面での東西流, (c) 北緯2度断面での南北流, (d) 北緯6度断面での南北流

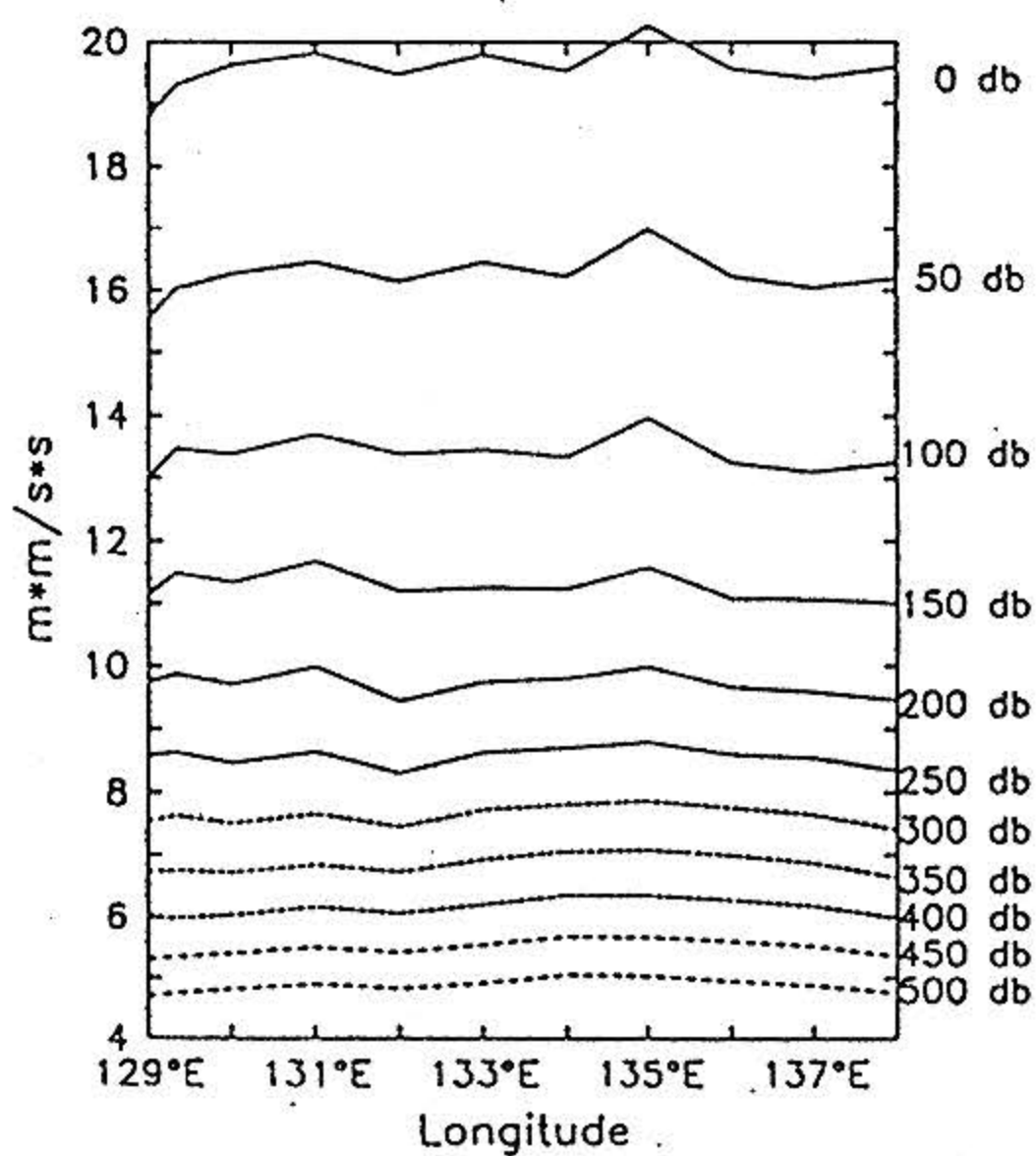
Fig. 3 Current velocity sections obtained with a shipboard ADCP. (unit : cm/s). (a) Zonal component along the equator. (b) Zonal component along the 142°E. (c) Meridional component along the 2°N. (d) Meridional component along the 6°N.



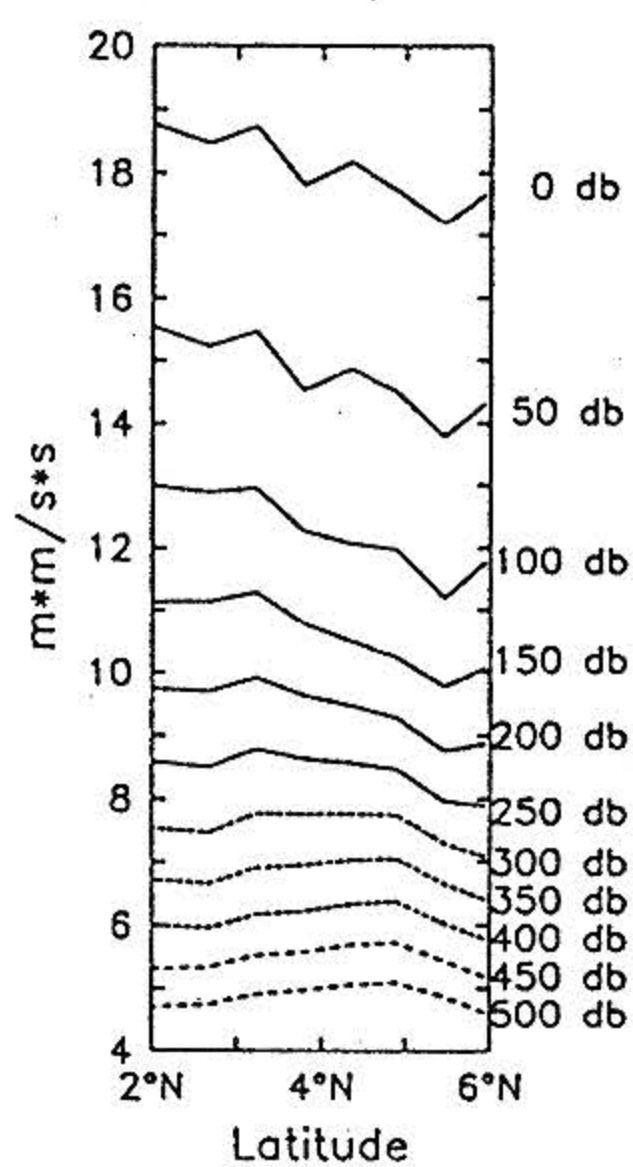
(a) equator section.



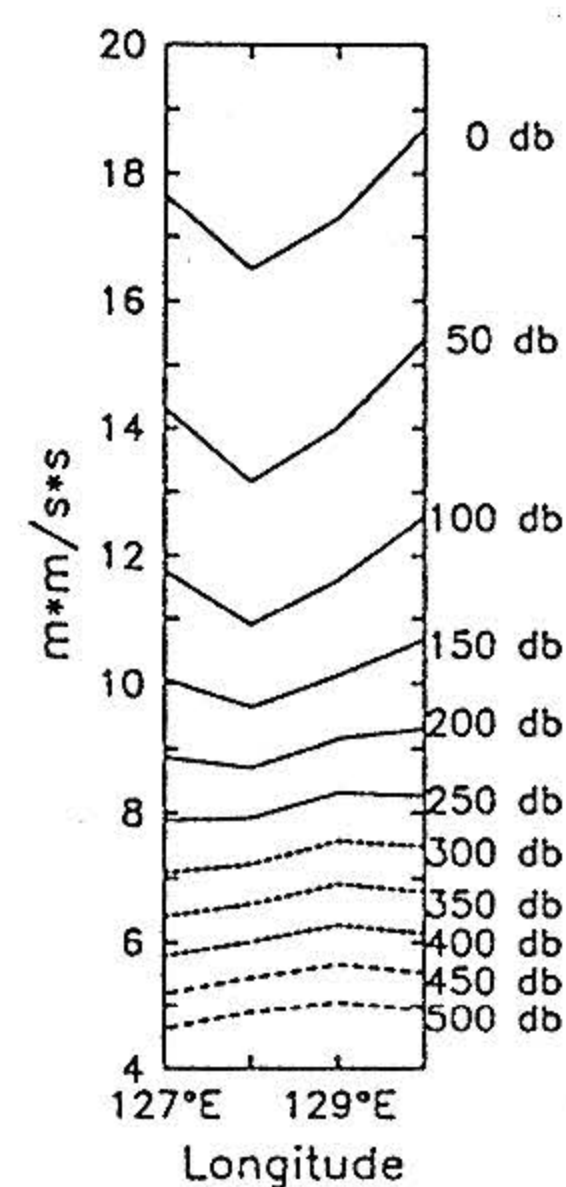
(b) 142° E section.



(c) 2° N section.



(d) Mindanao-Morotai section.



(e) 6° N section.

図4 1,000dbを基準とした力学的高度, (a) 赤道断面, (b) 東経142度断面, (c) 北緯2度断面, (d) ミンダオーモロタイ断面, (e) 北緯6度断面

Fig.4 Geopotential anomaly referred to 1,000db level. (a) equator section. (b) 142°E section. (c) 2°N section. (d) Mindanao-Morotai section. (e) 6°N section.

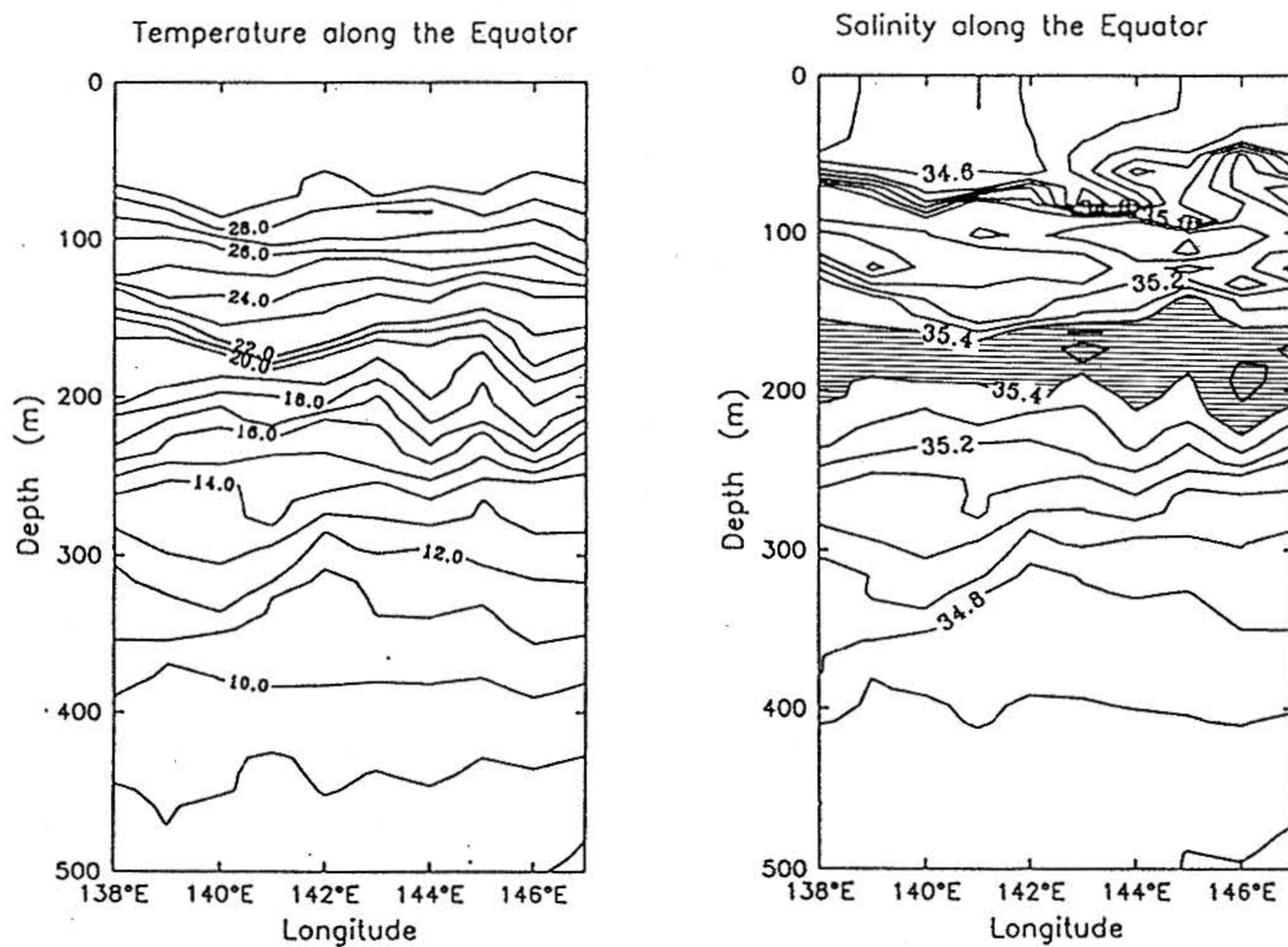


図5 赤道断面における水温・塩分分布
Fig. 5 Temperature and salinity sections along the equator.

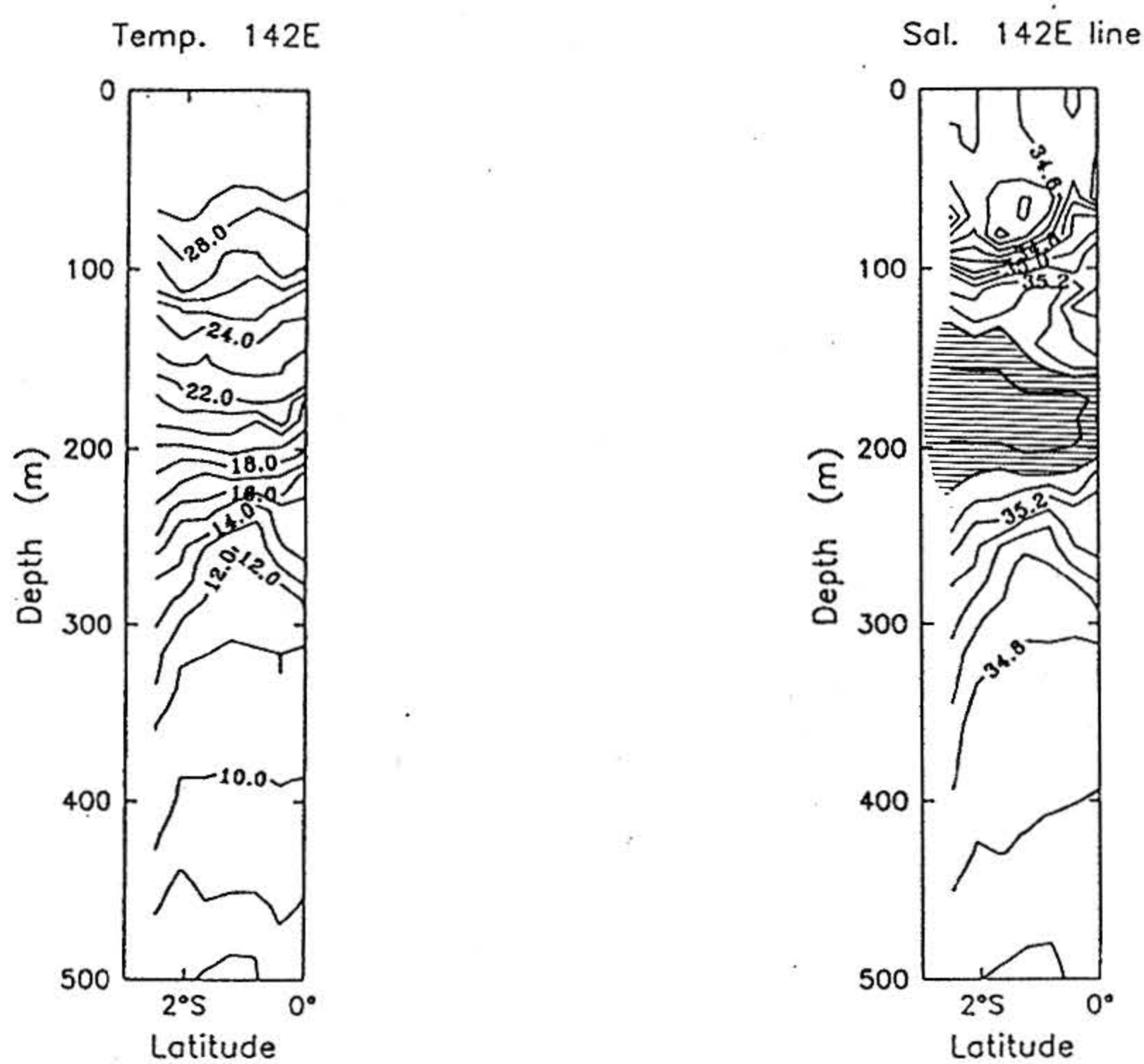


図6 東緯142度子午線断面における水温・塩分分布
Fig. 6 Temperature and salinity sections along the 142°E section.

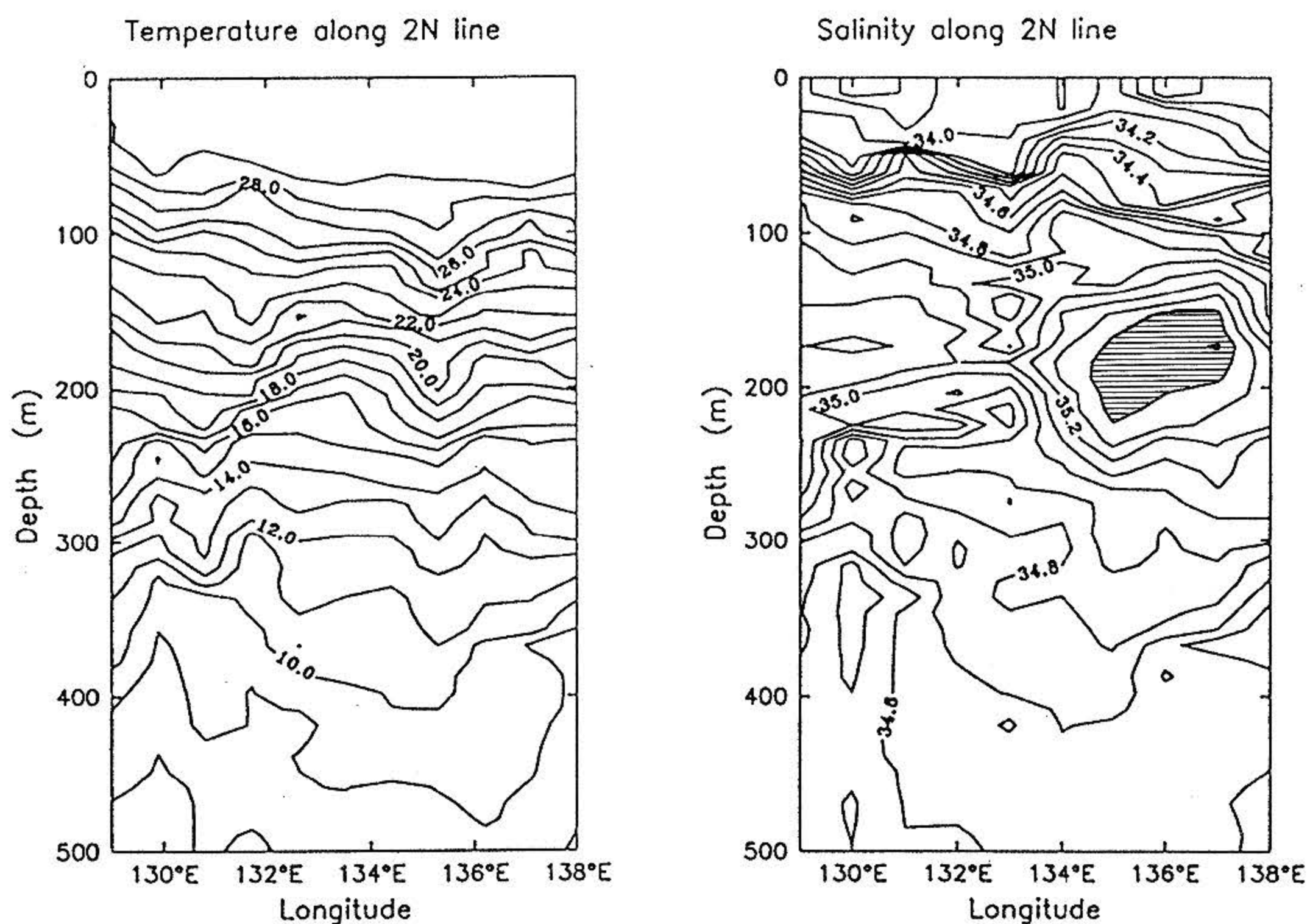


図7 北緯2度断面における水温・塩分分布
Fig.7 Temperature and salinity sections along the 2°N section.

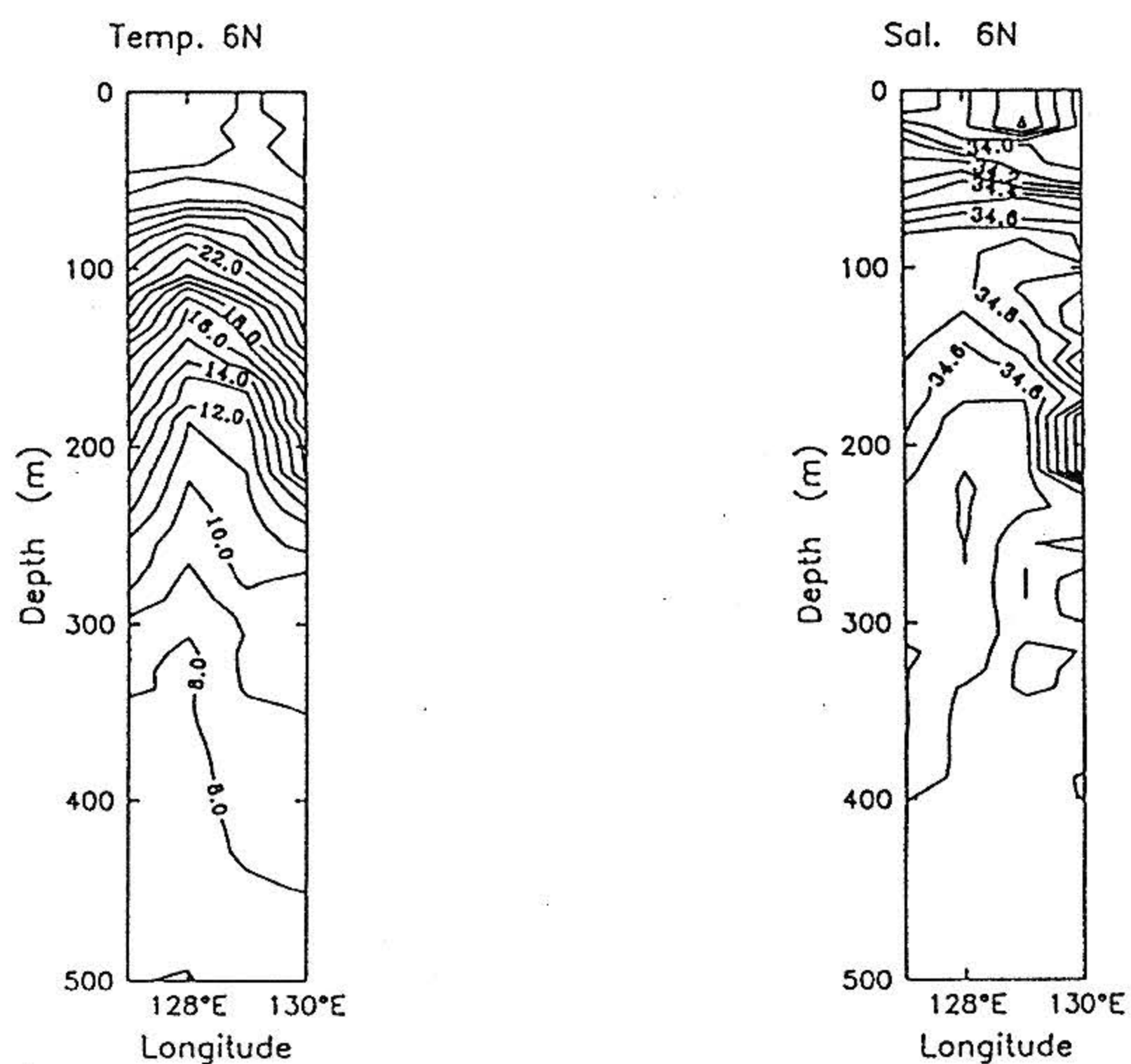


図8 北緯6度断面における水温・塩分分布
Fig.8 Temperature and salinity sections along the 6°N section.

較するとENSOの通常年の深度50～60mよりも若干深く(図5a), La Nina年90～100mよりも少し浅い。塩分躍層が等温層内において発達し, 時に図5b中に見られるように東経142度～147度にかけて明瞭なバリエイヤーが形成されていた。

東経142度～146度までのCTD測点において, 等温層の底で薄い塩分極小層が見受けられるという特異な現象が観測された(図9)。この塩分極小の値(34.25psu)は南緯2度40分, 東経142度での表層の底塩分水の塩分値(34.47psu)よりも小さかった。この塩分極小値は, 南緯2度40分, 東経142度で最も小さくなり, 沿岸から赤道にかけて増加していくため, 我々はニューギニア沿岸から供給された淡水が起源になっているものと推測した。薄い層でのこのような急激な塩分傾斜は鉛直混合が極めて弱いことを示唆するが, どのようにしてこの広い海域に保持されているのか大きな疑問である。CTDの溶存酸素センサーによれば, この塩分極小層で溶存酸素(DO)はやや高い値を示す。ただし, この様に詳しい鉛直分布をみることは出来るが, その絶対的な値は測定器のオフセットを注意して行う必要があることを付け加えておく。ここでは, いずれの溶存酸素分布も鉛直方向に相対的な値で議論している。

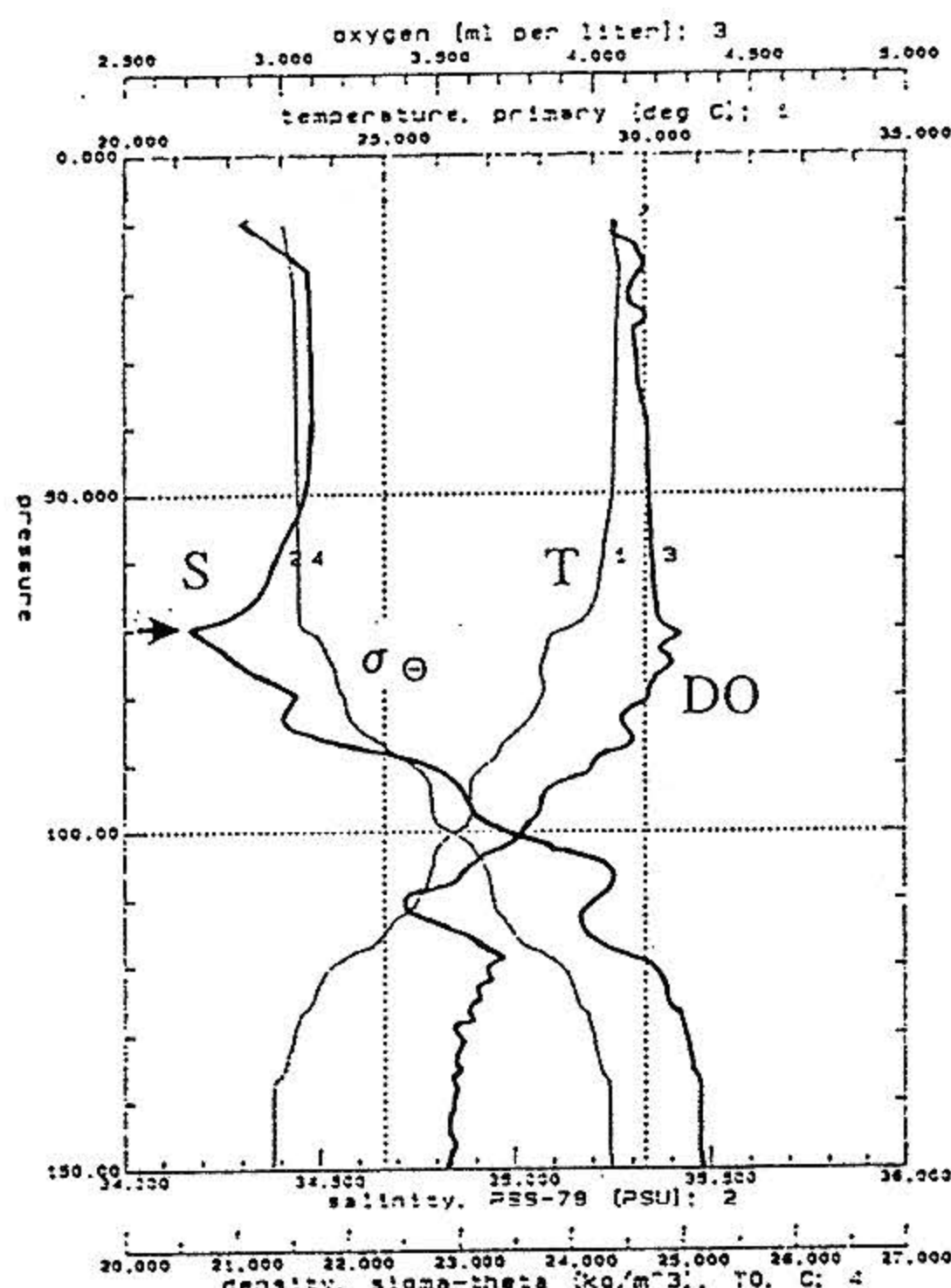


図9 南緯2度40分, 東経142度での深度150mまでの水温・塩分・溶存酸素・ポテンシャル密度の鉛直分布

Fig. 9 Temperature, salinity, oxygen and potential density profiles down to 150m depth at 2°40'S, 142°E.

4.2 温度躍層水

我々は南太平洋熱帯水(South Pacific Tropical Water: SPTW), 北太平洋熱帯水(North Pacific Tropical Water: NPTW)などの温度躍層水塊や, 南極中層水(Antarctic Intermediate Water: AAIW), 北太平洋中層水(North Pacific Intermediate Water: NPTW)の海洋中層の水塊についてKashino et al. (1996)³⁾の表示名を採用した。それらの水塊の特徴はその論文に詳しく述べられている。

まず最初に, 図10に示すような温度躍層中の水塊についてまとめる。塩分の最大値が35.5psu(水深150～200m周辺でポテンシャル密度 $\sigma_\theta=25$)のSPTWは, 東経142度子午線断面に沿った北向きに流れるNGCUC中で観測された。高塩分の中心はこの経度で東向きEUCへと流入していた(図6)。SPTWの名残りの高塩分水(150m～200mで35.4psuを超える)が, 北緯2度の東経134度～137度の範囲で見られた。その高塩分水のうち西側の部分は北方向に流れていたが, 東側の部分は南東方向に流れていた。この南東流は高塩分水の一部を赤道に戻しているといえる。これはすでに第3章で述べたように, EUCの起源領域において南半球起源の水と北半球起源の水が混合する過程の一つと考えられる。

南に流れるミンダナオ海流の東部分(図3a)は北緯6度断面の西の端で見つかり, 低塩分(80～150mで最大34.7psu, $\sigma_\theta=24.5$)の特徴を持つNPTWを輸送していた。

NPTWとSPTWの二つの水塊の間に, 非常に広い混合領域が存在していると考えられる。そしてその混合領域内でのそれぞれのT-S線図は, それらの水塊の典型的な二つのT-S線図の包絡線の内部で相互に入り組み

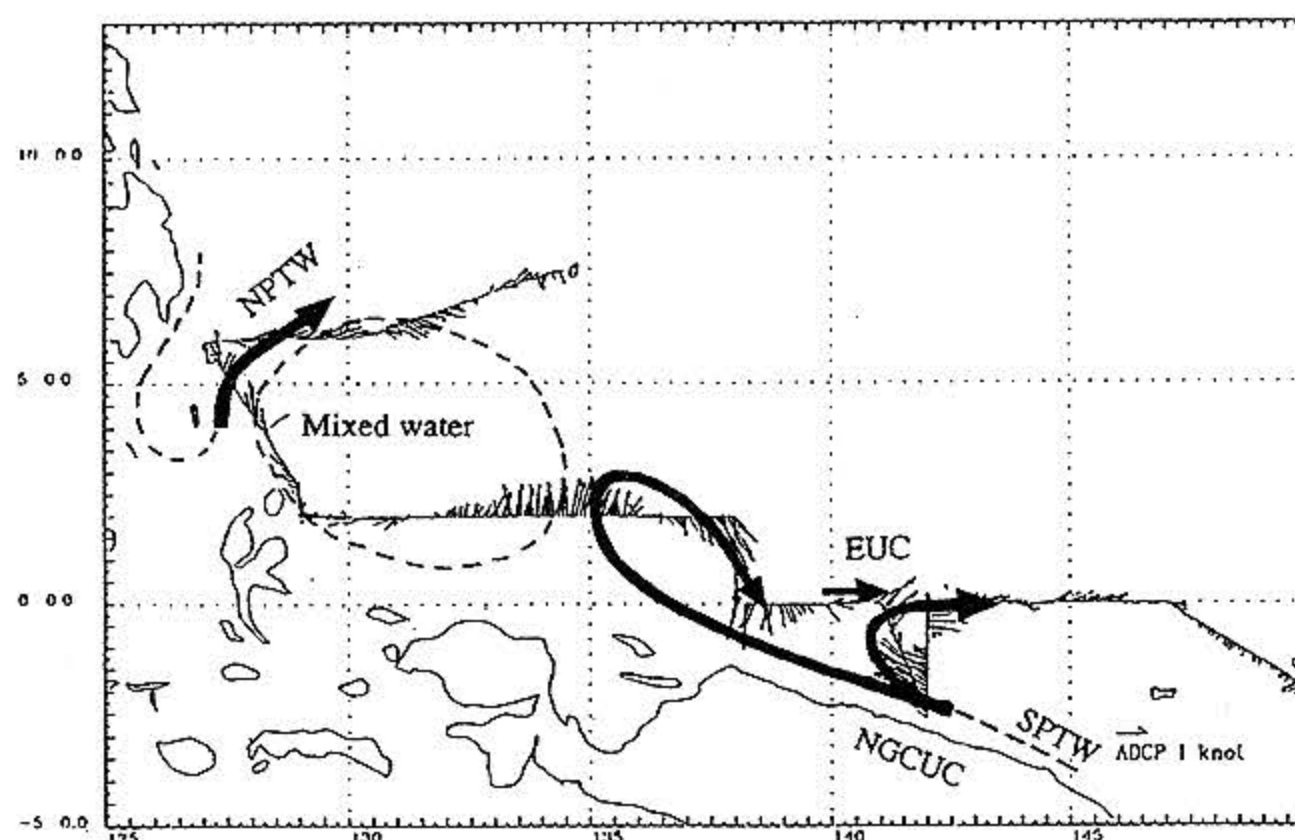


図10 1995年7月航海での深度200mの流向・流速と温度躍層中の水塊とを重ね合わせた概念図

Fig.10 Schematic diagram of thermocline water masses in July 1995 cruise superimposed on the 200m depth vector map.

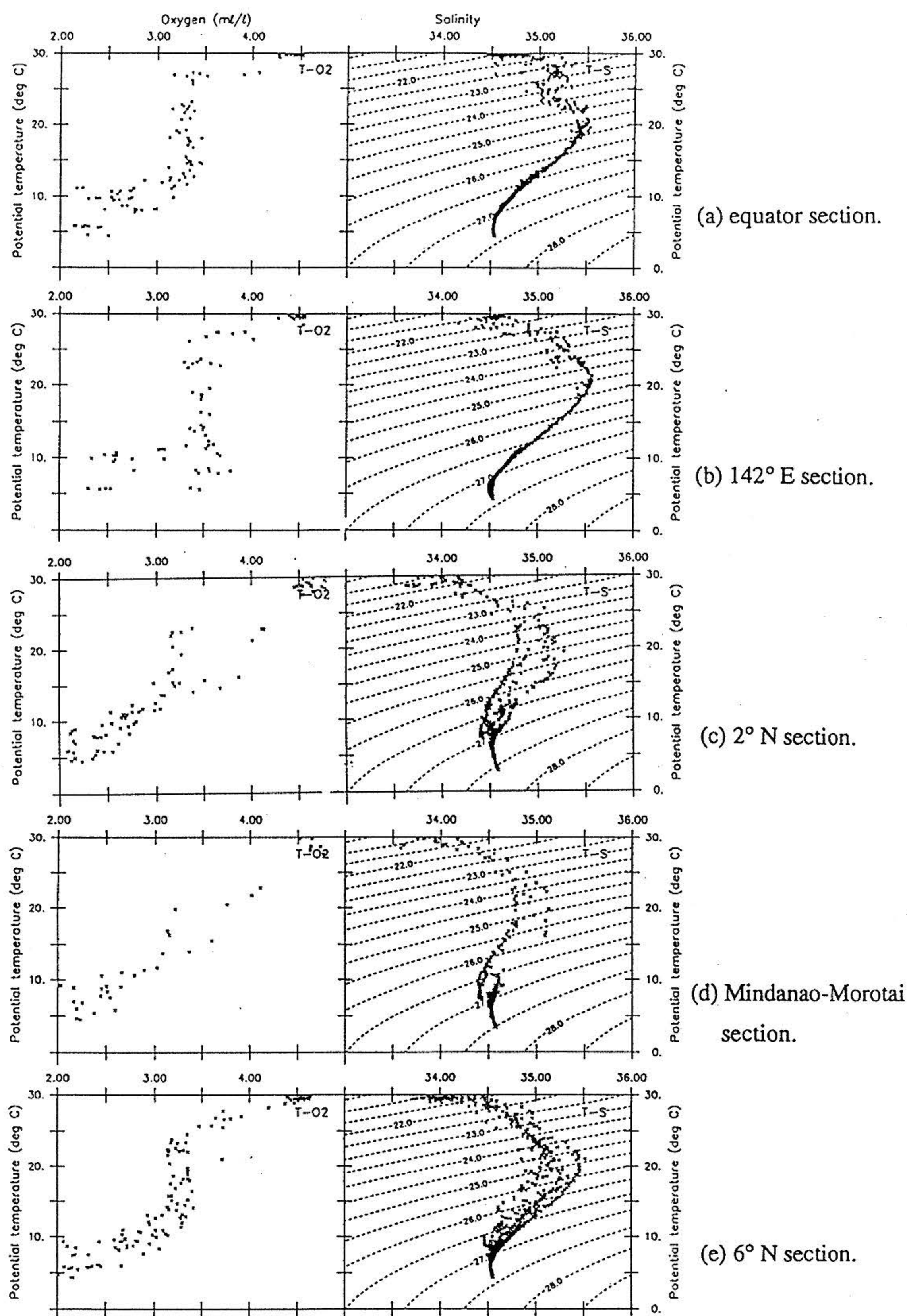


図11 水温-塩分, 水温-溶存酸素ダイアグラム (a) 赤道断面 (b) 東緯142度断面 (c) 北緯2度断面 (d) ミンダナオ-モロタイ断面 (e) 北緯6度断面

Fig.11 Temperature-Salinity and Temperature-Oxygen diagrams. (a) equator section. (b) 142°E section. (c) 2°N section. (d) Mindanao-Morotai section. (e) 6°N section.

合った構造 (interleaving) を示し、鉛直混合の小さいことを表している (図 11)。この混合水と考えられる 35.0psu を超える高塩分水は、少なくとも北緯 6 度まで観測されていた (北緯 6 度断面の東端)。

東経 142 度の NGCUC 領域の深いところ (深度約 500m) では、溶存酸素の極大値が $\sigma_\theta = 27.0$ 程度で 3.5ml/l 以上であり、それより下の水深約 700m~800m 層では塩分の極小値が $\sigma_\theta = 27.2$ で 34.52psu であった (図 11b)。この塩分極小の水は AAIW と考えられる。本航海で 60 海里ごとの CTD 測点データによると、この水は東経 138 度から東に始まる赤道断面では見られずこれより以西で赤道を横切っており、そして北緯 2 度、東経 133 度や北緯 5 度、東経 127.5 度周辺においてその低塩分値によって追跡できたが、北緯 6 度断面では発見できなかった。

北緯 6 度断面では、上層の塩分極小値 34.4psu を持つ NPIW が、深度 300m~500m、 $\sigma_\theta = 26.5 \sim 26.8$ 周辺で発見された (図 11e)。この低塩分水の名残りは東経 130 度での北緯 2 度断面までは発見されたが、赤道断面へは達していなかった。

5 ニューギニア沿岸潜流の季節変動

我々は 1995 年 1 月にも航海を実施し、1995 年 7 月の航海同様、東経 142 度子午線断面を観測した。NGCUC は二つの航海の間に特筆すべき変化を示した。NGCUC の北の端 (200m の深度で流速が 20cm/s 以上) は 1 月の航海 (図 12) での南緯 1 度 50 分から、7 月の航海 (図 3b) での南緯 1 度 10 分へと北へ拡大していた。南緯 2 度 40 分を南の端と仮定すると、90km~165km に海流の幅が広がっていたことになる。海流の深さも北半球の 350m~600m 以上へと、より深くなった。このように我々は、NGCUC が 1995 年 7 月 (北半球の夏) によく発達したと結論づけることが出来る。7 月の航海でのこの特徴は、NGCUC の過去の平均状態と似通っている (Gouriou and Toole (1993)⁶⁾)。北緯 2 度、東経 137 度でのアトラスブイの力学高度の時系列変化は、2 月に最低となる明確な季節変化を示していた (図 13)。7 月航海は明瞭な減少の位相にあり、一方 7 月の航海は上昇の位相にあった。1995 年 9 月の最も高い値は ENSO スケールの観点からいうと、warm phase から cold phase へのシフトにともなう太平洋への暖水の集中によるものと考えられる。このように ENSO 規模の変化が重なっているとしても、先に示したような劇的な変化は局地的且つ海盆規模の海上風の季節変化にもたらされるものと推測される。しかし季節変動の機構をより理解するためには、海盆規模の

風によるスベルドラップ流の変動の解析やモデリングなどによる力学バランスの研究などが不可欠である。

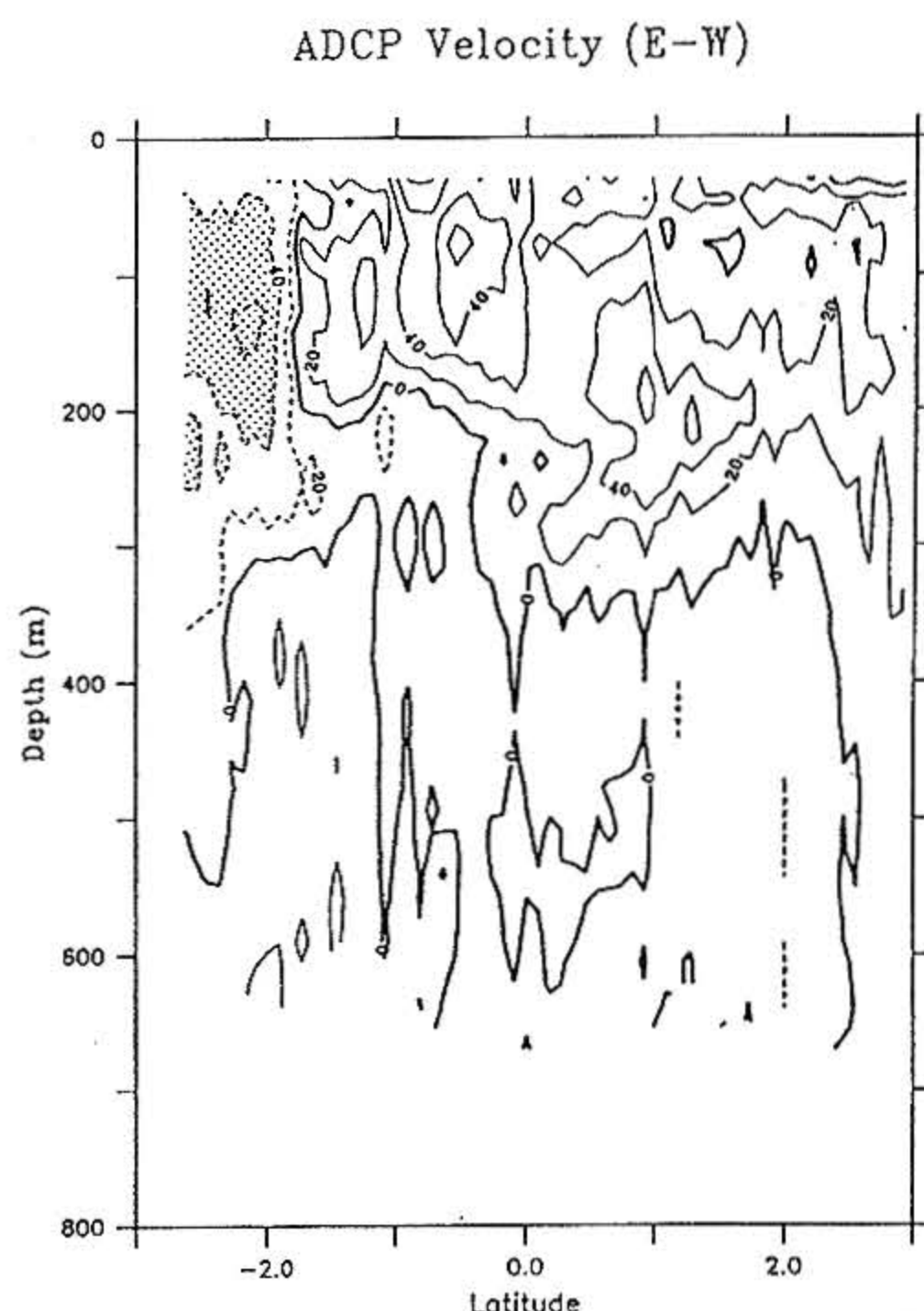


図12 1995年1月「かいよう」で実施した航海での東経142度断面での東西流

Fig.12 Zonal current velocity along 142°E during R/V Kaiyo cruise in January 1995. (unit : cm/s)

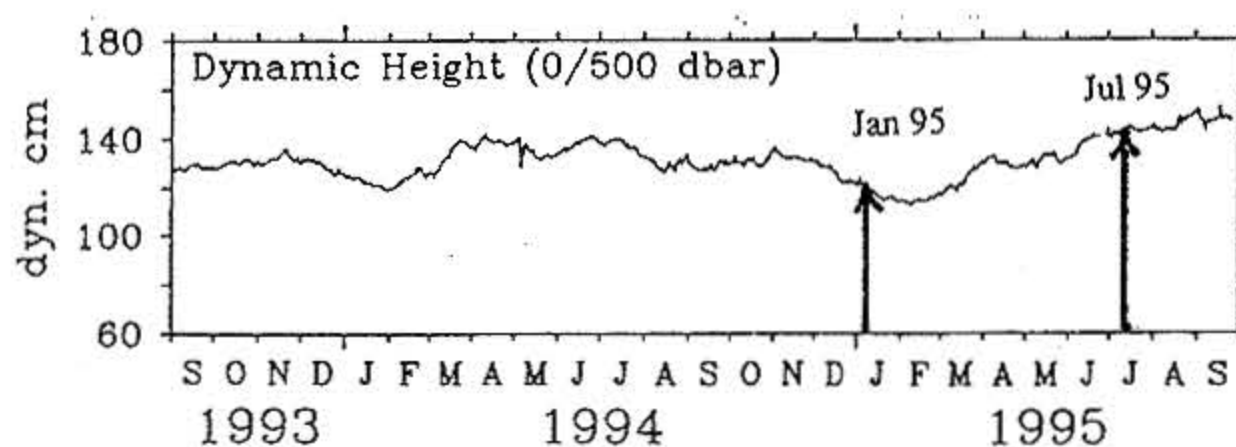


図13 北緯2度、東経137度でのアトラスブイで得られた500dbを基準とした力学高度の時系列 (米国NOAA太平洋海洋環境研究所のTAO計画事務局提供)

Fig.13 Time series of dynamic height referred to 500db obtained by ATLAS buoy at 2°N, 137°E. (provided by TAO project office, PMEL/NOAA)

6 まとめ

赤道海流, 特に低緯度西岸境界流を理解するために, 1995年7月のTOCS航海中のCTD及びADCPデータを検討し, 得られた海洋学的な新たな知見について以下にまとめた。

① この航海でEUCの起源が赤道上の東経139度において明確に観測された。EUCに伴う東向きの海流は140m~340mの深度層において存在し, 東経142度付近まで東に行くにしたがい速度が増加していた。この流れは, 東経142度から西に向うにつれて高くなる傾向を示す200dbレベルでの力学高度の傾斜, すなわちEUCを駆動するための東向きの圧力勾配力の存在と一致している。

② Morotai島とHalmahera島の東沿岸で, 深度200mまでの表層では北向きの強い流れがあったが, 深度350m~550mにおいて逆向きになり中心の流速が40cm/s以上となるような顕著な南向きの潜流が観測された。表層の等温線は沿岸へ向かうにつれて上昇したが, 深度220m以下では潜流と連動して沿岸に向かうにつれて明らかに下降していた。

③ 北緯2度, 東経136度周辺の表層下150m~300mの層において, 水平スケール約330kmで北向き及び最大流速が60cm/s以上の時計回りの渦構造が見つかった。北緯2度測線での力学高度の最大値は, 東経135度に見られ, これは今航海中のすべてのCTD測点の中で最も高い値を示した。この渦をなす水の起源は, NGCUCにより運ばれた高塩分のSPTWと考えられる。

この渦が, 北半球の低塩分水をEUCへ取り込む機構の一つであると考えられる。

④ 東経142度~146度までのCTD測点において, 等温層の底で塩分極小層が見受けられた。この塩分極小の値は表層の新鮮な水の塩分値よりもさらに小さく, ニューギニア沿岸が起源になっているものと推測される。

⑤ NGCUCは1995年の1月と7月の二つの航海の間に特筆すべき季節変動を見せた。海流の幅は90km~165kmに広がった。海流の深さも350m~600m以上へとより深くなり, それに伴って海流の強流帯もより深く, 広くなった。このようにNGCUCは, 北半球の夏によく発達したと結論づけることが出来る。

謝 辞

BPPTのM. T. Zen教授, Indroyono Soesilo博士, JAMSTECの石井進一理事, 林 暉理事を始め, BPPTとJAMSTECとの共同航海を実現するために多大な努力を払って下さったすべての方々に感謝いたします。「か

いよう」の田中 等船長を始めとする乗組員の方々及び日本海洋事業株式会社海技部の皆様と, 航海を成功させるためにご尽力いただいた関係者にお礼申し上げます。JAMSTECの山本浩文研究員, 日本海洋事業株式会社の羽入正樹さんには, ADCP, CTD データ処理を手助っていただきました。溶存酸素測定は三洋テクノマリン株式会社の小峯圭子さんの助力を得ました。ATLASオンラインデータは, 米国NOAA太平洋海洋環境研究所のTAO計画事務局(McPhaden局長)のものを使用しました。TOCS航海は, 海洋科学技術センターのプロジェクト研究「熱帯赤道域の観測研究」により実行されており, 科学技術庁の財政支援によっています。

参考文献

- 1) Wyrski, K., Physial oceanography of the south-east Asian waters. NAGA report, 2, 195pp, (1961)
- 2) Fine, R. A., R. Lukas, F. Bingham, M. Warner and R. Gammon: The western equatorial Pacific: A water mass crossroads. J. Geophys. Res. **99**, 25063-25080. (1994)
- 3) Kashino, Y., M. Aoyama, T. Kawano, N. Hendiarti, Syaefudin, Y. Ananta ssena, K. Muneyama and H. Watanabe: The water masses between Mindanao and New Guinea. J. Geophys. Res., **101**, 12, 391-12,400. (1996)
- 4) Tomczak, M. and J. S. Godfrey: Regional oceanography: An introduction. Pergamon, 422pp. (1994)
- 5) Climate Analysis Center: Climate Diagnostics Bulletin, 85pp, U. S. Dep. of Commer., Washington D. C., Oct. 1995.
- 6) Gouriou, Y. and J. Toole: Mean circulation of the upper ocean layers of the western equatorial Pacific Ocean. J. Geophys. Res. **98**, 22495-22520. (1993)
- 7) Tsuchiya, M., R. Lukas, R. A. Fine, E. Firing and E. Lindstrom: Source waters of the Pacific Equatorial Underwater. Prog. Oceanog., **23**, 101-147, (1989)
- 8) Ando, K. and M. McPhaden: Variability of surface layer hydrography in the tropical Pacific Ocean. J. Geophys. Res. 1996. Submitted.

(原稿受理: 1996年7月29日)