

1996 年 6 月の WOCE P 8 観測結果

柏野 祐二^{*1} 河野 健^{*1}

Djoko HAROTOYO^{*2}

1996年6月に、海洋調査船「かいよう」によりインドネシア及びフィリピン経済水域を含む東経130度線上の北緯0度45分～北緯10度の間において、WOCE (World Ocean Circulation Experiment) のワンタイム観測を行った。

ハルマヘラ渦が表層から中層にかけてその軸が西方に傾いていること、その渦に伴う南下流により、北太平洋起源及び南太平洋起源の水塊が接するフロントから北太平洋起源の中層の低塩分水 (<34.5PSU) が南方に輸送されている興味深い現象が観測された。

1994年2月の観測時に、北緯4度～5度の水深4,000m以深で低珪酸塩水が見つかったが、本観測ではその場所の珪酸塩濃度がまわりに比べ低くはなかった。

キーワード : WOCE, WHP, P 8, ハルマヘラ渦, 深層水, 低緯度西岸境界流

Results from WOCE P 8 expedition at June 1996

Yuji KASHINO^{*3} Takeshi KAWANO^{*3}

Djoko HAROTOYO^{*4}

WOCE (World Ocean Circulation Experiment) one-time observation was conducted by R/V KAIYO in June 1996 along the southern part of P 8 line, i.e., 130E line between 0-45N and 10N including the Indonesian and Philippine exclusive economical zone.

Structure of the Halmahera eddy is revealed by ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) observation. The center of this eddy shifts westward increasing with depth. Furthermore, southward advection of low salinity intermediate water (<34.5 PSU) by this eddy was observed.

Although low silicate deep water below 4,000m between 4 N and 5 N was found in February 1994, silicate concentration at that location was not lower than the surroundings during this cruise.

Key words : WOCE, WHP, P 8, Halmahera Eddy, Deep water, Low latitude western boundary Current

* 1 海洋観測研究部

* 2 インドネシア技術評価応用庁

* 3 Ocean Research Department

* 4 Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi (BPPT)

1 はじめに

WOCE (World Ocean Circulation Experiment) は、世界の海洋大循環を調べるために、世界の多くの研究者が参加している国際プロジェクトである。このWOCEのプロジェクトの中には、漂流ブイによる表層流観測プログラムや、XBTによる表層海洋水温観測プログラムなどの観測プログラムだけでなく、数値モデル開発やアシミレーション研究も入っているが、中でもCTD (Conductivity-Temperature Depth profiler) 及び採水による各層観測プログラム (WOCE Hydrographic Programme, 以降WHPと略す) が最も重要な位置づけを持っている。これは、このプログラムで得た観測データが海洋の長期変動を調べる際の基準データになるとともに、数値モデルの結果の確認等に使われるためである。

このWHPに基づいた観測として、ワントタイム観測とリピート観測の2種類がある。リピート観測は、測線を繰り返し観測することで、ワントタイム観測ではわからない海洋変動を調べることを目的としており、その測線は変動が著しい大洋の西岸域に多く配置されている。一方、ワントタイム観測は、それで得たデータがWOCEの基準データになるため、測線をできる限り精密に調べることが目的としている。したがって、ワントタイム観測の方が、それから得たデータに対するチェックが厳しく、また分析項目にもCFCなどのトレーサの分析があるため、リピート観測に比べ難しい観測となっている (観測精度についてはJoyce and Corry (1993)¹⁾を参照されたい)。現時点で、日本国内の機関が実施したWOCEのワントタイム観測は、P2 (北緯30度の太平洋横断ライン, 海上保安庁・水産庁・東海大学の共同), P9 (東経137度線, 気象庁), P13 (東経165度線, 東大海洋研), P24 (九州南方, 気象庁), 及び本稿で記述するP8の5測線である。

当センターでは、西部太平洋におけるワントタイム観測の実施状況が良くないことから、東経130度のワントタイム測線であるP8における観測を海上保安庁及び水産庁と分担して、1996年6月に実施した。このP8は日本からニューギニア北方まで30度にも及ぶ測線であるが、当センターはインドネシア経済水域及びフィリピン経済水域を含む北緯10度以南の観測を担当した。

また、P8はそれまで当センターで行ってきたWOCEのリピート観測測線であるPR1と一致する測線である。PR1における観測結果は、柏野ほか (1995)²⁾, Kawano et al. (1995)³⁾, Kashino et al. (1996)⁴⁾に記述があり、それによると次の結果が得られている。

1) 北緯4度～6度において、ミンダナオ海流によっ

て運ばれてくる北太平洋起源の熱帯高塩分水と、ニューギニア沿岸潜流により運ばれてくる南太平洋起源の熱帯高塩分水が接してフロントを形成している。このフロントは塩分だけではなく、栄養塩等の他のパラメータや、ポテンシャル渦度についてもフロントになっている。

2) そのフロントの位置に対応して北赤道反流が水深500m以浅に存在する。すなわち、南太平洋起源の熱帯高塩分水は赤道潜流だけではなく、北赤道反流の起源水にもなっている。

3) 北緯3度より南において、 $\sigma_\theta = 27.2$ の等密度面付近に溶存酸素濃度がまわりの海水に比べ高い南極中層水が存在する。

4) 4,000m以深の深層水については、測定誤差の範囲で均質な海水となっている。ただし、北緯4度～5度のあたりに、西カロリン海盆から流れてくると考えられる、まわりに比べ珪酸塩濃度が低く、塩分が高い海水が見られた。

すなわちP8の南部は、南太平洋起源の海水と北太平洋起源の海水が接するところであり、低緯度西岸境界流とインドネシア通過流の接点になっている海洋学的に興味深い海域である。また、Lukas et al. (1991)⁵⁾によると、この測線付近にはハルマヘラ渦と呼ばれる、直径400km～500kmの時計回りの渦が存在している。Lukas et al. (1991)⁵⁾は漂流ブイや船舶搭載型ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, 音響式流向流速計) の結果から、この渦の表層100mまでの部分についてのみ言及しているが、それ以深の部分においては不明のままであり、したがってこの渦の構造や役割についてよくわかっていなかった。

以上に示したようにWOCEのP8観測は、WOCEの基準となるデータセットの提供、及びインドネシア通過流及び低緯度西岸境界流の理解の二つの点において重要な観測である。本稿ではこのP8観測の結果として、表層から中層にかけての海洋構造、及び深層の海水の性質について記述する。

2 観測及びデータ

観測は「かいよう」による1996年6月17日 (横須賀発) から7月2日 (パラオ着) の航海 (K9605) において、インドネシア技術評価応用庁 (BPPT) と共同で行った。CTD及び採水観測は、6月23日～6月30日にかけて、インドネシア・フィリピン経済水域を含む東経130度線上 (P8) の北緯10度から北緯0度45分の間において行った (図1)。また、ADCPのデータは東経130度線上だけではなく、横

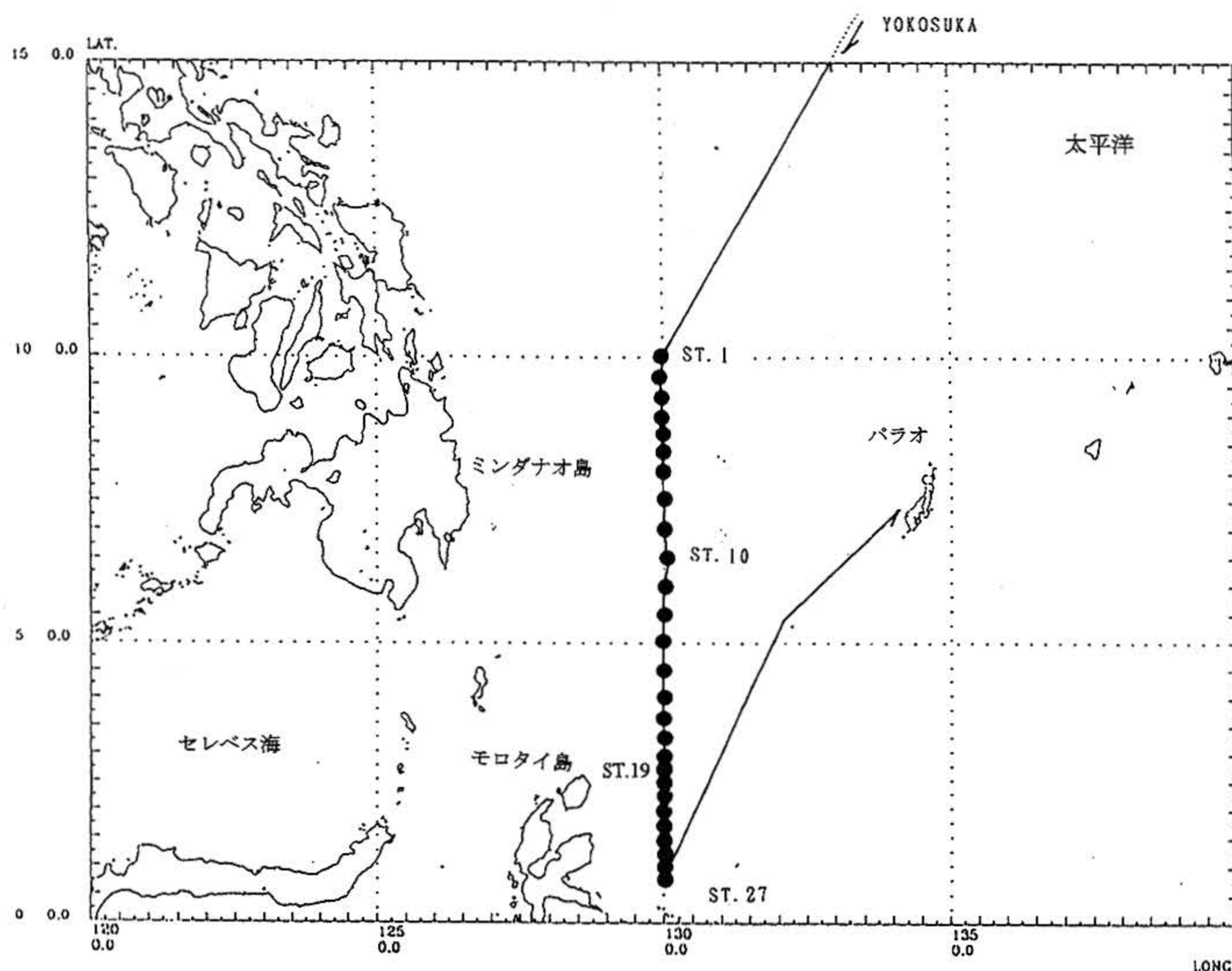


図1 P8観測測点図

Fig.1 Station map for WOCE P8 expedition.

須賀ーパラオの全区間に渡って採取している。

CTD観測及び採水は27測点において実施した。CTD観測はSea Bird社のSBE 911plusを用いて、海面下15mから海底直上10~50mまでの間で行った。採水は12リットルのニスキンボトル36本を取り付けたロゼッタ採水器により行った。採水層は、1,000m以浅で、10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1,000mとし、1,000m以深では250mおきとした。ただし、最深層では精度チェックのため2本採水した。分析項目は、オートサルによる塩分、溶存酸素、栄養塩（珪酸塩、硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩）、全炭酸、アルカリ度、PH、C-14、トリチウム、ヘリウムである。これらの分析は、塩分、溶存酸素については全測点、栄養塩については測点番号19を除く全測点、その他のものについては1度以上間隔を間引いた測点で採水したものについて行った。なお19番の測点は、観測計画を作成した時点では計画にない測点であったが、3章以降で記すハルマヘラ渦及びそれにより南方に運ばれる低塩分水の構造を捉えるために、追加した測点である。したがって、この測点ではCTD観測を水深1,000mまでとし、採水分析の項目も、塩分と溶存酸素のみとした。

本稿で用いたCTDの結果は柏野・青山（1997）⁶⁾による方法で処理して、鉛直方向に2dbの区間平均を取っ

たデータセットから得られたものである。また、採水データについては、そのフラグが2（品質に問題なし）あるいは6（平均あるいは補間されたデータ）のものを用いている。精度としては、CTDに関しては柏野・青山（1997）⁶⁾で示されているように、WHP観測の基準を満たしたデータが得られた。採水分析の精度については、現在チェック中であるが、第3章で述べるように深層水における分析結果のばらつきが1994年2月のWOCE観測（Japan Marine Science and Technology Center, 1995⁷⁾）の時より小さいため、それより良い精度であると思われる。

ADCPは、「かいよう」に1994年秋に取り付けられたRDI社製のナローバンド75kHzのものを用いた。このADCPにより海面下30m~830mまで51層（16m間隔）のデータを採取した（ただし、このクルーズにおいては、一般的に500m以深ではエコー強度が小さくデータが使えなかった）。データの精度としては、K9601のTOCS（Tropical Ocean Climate Study）クルーズのデータをキャリブレーションした結果が10cm/sのオーダを示していることから、K9605の航海時でも同程度であると思われる。

本稿で示すADCP流速の結果は、次の処理により作成した10km区間平均データセットから作図したものである。

1) バイナリ形式の生データを、約一分間隔のアスキー

形式のプロセスデータに変換する。

2) 以下のデータをノイズとして取り除く。

① 船速が5ノット以下の時、及び5ノット以下の状態の前後10分間（すなわち、船が加速中あるいは減速中）のデータ

② 1層目からPercent Goodが50未満の層の直上の層までの流速の鉛直平均値が1 m/sを越えた時のデータ（GPSのエラーから生じるとされる）

③ Percent Goodが50未満のデータ

④ 層ごとに求めた前後あわせて24回分のデータの平均値との差が、標準偏差の3倍を越えたときのデータ

①及び②についてはレコードごとに取り除いた。

3) 10kmの区間平均値を計算し、前後の区間平均値からその区間の中心における値を補間して求める。

これらのCTD、採水分析、ADCPデータについてはクルーズレポートとともに、平成8年12月20日にBPPT経由でWHP事務局に提出した。

3 概況

図2にP8における、温度、塩分濃度、 σ_θ 、溶存酸素、珪酸塩、硝酸塩、リン酸塩、全炭酸、PHの各断面を示す。温度、塩分濃度、 σ_θ はCTDの結果、それ以外は採水分析の結果である。また図3に、P8におけるADCP流速（東西成分、南北成分）断面を、図4に水深50m、150m、250m、350m、500mの各水深におけるADCP流速ベクトル図を示す。

水深100m以浅の表層には、水温が29度を越える暖水が50m以上もの厚さで分布している（図2a）。一方、塩分については（図2b）、表層では混合層として一様になっておらず、いわゆるバリア層（Lukas and Lindstrom, 1991⁸⁾, Ando and McPhaden 1996⁹⁾）が形成されている。等温層の厚さは北緯6度付近に存在するフロントの北と南で変わっており、北側の厚さは、南側の2/3になっている。塩分についても、温度フロントとほぼ同じ位置でフロントになっており、海面付近の34.0psu以下の海水はフロントの北側にのみ存在している。

亜表層（水深100m～300m）で特徴的な海洋構造は塩分極大層で、北緯6度を境にその厚さや極大値も異なっている（図2b）。また塩分に限らず、他のパラメータも塩分同様、北緯6度を境に分布が変わっていることがわかる（図2d～i）。さらに、このフロントを境に等密度線の間隔も変わっていることから（図2c）、ポテンシャル

渦度についてもフロントとなっている。この塩分極大層はkashino et al. (1996)⁴⁾によると熱帯高塩分水で、北緯6度以南の35psuを越えるものが南太平洋起源の南太平洋熱帯高塩分水、北緯6度以北のものが北太平洋熱帯高塩分水である。すなわち北緯6度の塩分フロントは、亜表層における北太平洋起源と南太平洋起源の海水の接点となっている。このフロントは1994年の観測時より1度北に位置しており、この違いはモンスーンの季節変動に伴って生じているのではないかと考えられる。

フロントの場所には最大流速が1 m/sを越える東向きの北赤道反流が見られる（図3a）。この海流はADCP観測から水深500mまで及んでいることがわかる。北赤道反流の南の北緯4度以南には西向きの南赤道海流が見られ、これらの流れがいわゆるハルマヘラ渦の一部を形成している（図4a, b）。北緯2度以南の水深200m以深には、東向きの20cm/sを越える流れが存在しているが、これがTsuchiya (1975)¹⁰⁾によりその存在が示唆された潜流か否かはわからない（図3a）。

中層（300m～1,000m）で興味深いのは、南太平洋熱帯高塩分水の下へ、北からの低塩分水（ $<34.5\text{psu}$ ）の貫入構造が見られることである（図2b）。これは低塩分水が、塩分フロントから $\sigma_\theta=26.6$ 付近の等密度線に沿って南下し北緯2度付近にまで達する、すなわち中心が北緯4度付近に存在する暖水渦に引き込まれている構造となっている。その塩分分布に対応して、ADCP流速の南北成分も南向きを示している（図3b）。この北からの低塩分水はBingham and Lukas (1994)¹¹⁾の言う北太平洋中層水の変質したものであり、この暖水渦はLukas et al. (1991)⁵⁾が観測したハルマヘラ渦であろう。

図4a～eのADCP流速ベクトル図には、ハルマヘラ渦の構造がよく表れている。表層においては、南赤道海流がP8付近で反転して北赤道反流として東に向きを変えるところに存在し、その中心は水深50mで、北緯4度、東経132度付近に存在するように見える。ところが、深くなるにつれその中心は西側にずれ、水平スケールも小さくなる。例えば、北から低塩分水が南下している水深350mでは、その中心は東経130度以西にあり、水平スケールも400km以下となっている。

この構造は、1995年7月のTOCS観測時のADCPによる流速ベクトルの分布を重ねると明瞭である（黒田ほか(1996)¹²⁾の結果と見比べていただきたい）。また、黒田ほか(1996)¹²⁾がその存在を示唆したハルマヘラ潜流が、先に述べた北緯2度以南に見えている東向きの反流につながり、さらに北東方向に向きを変えているようすが興味深い。

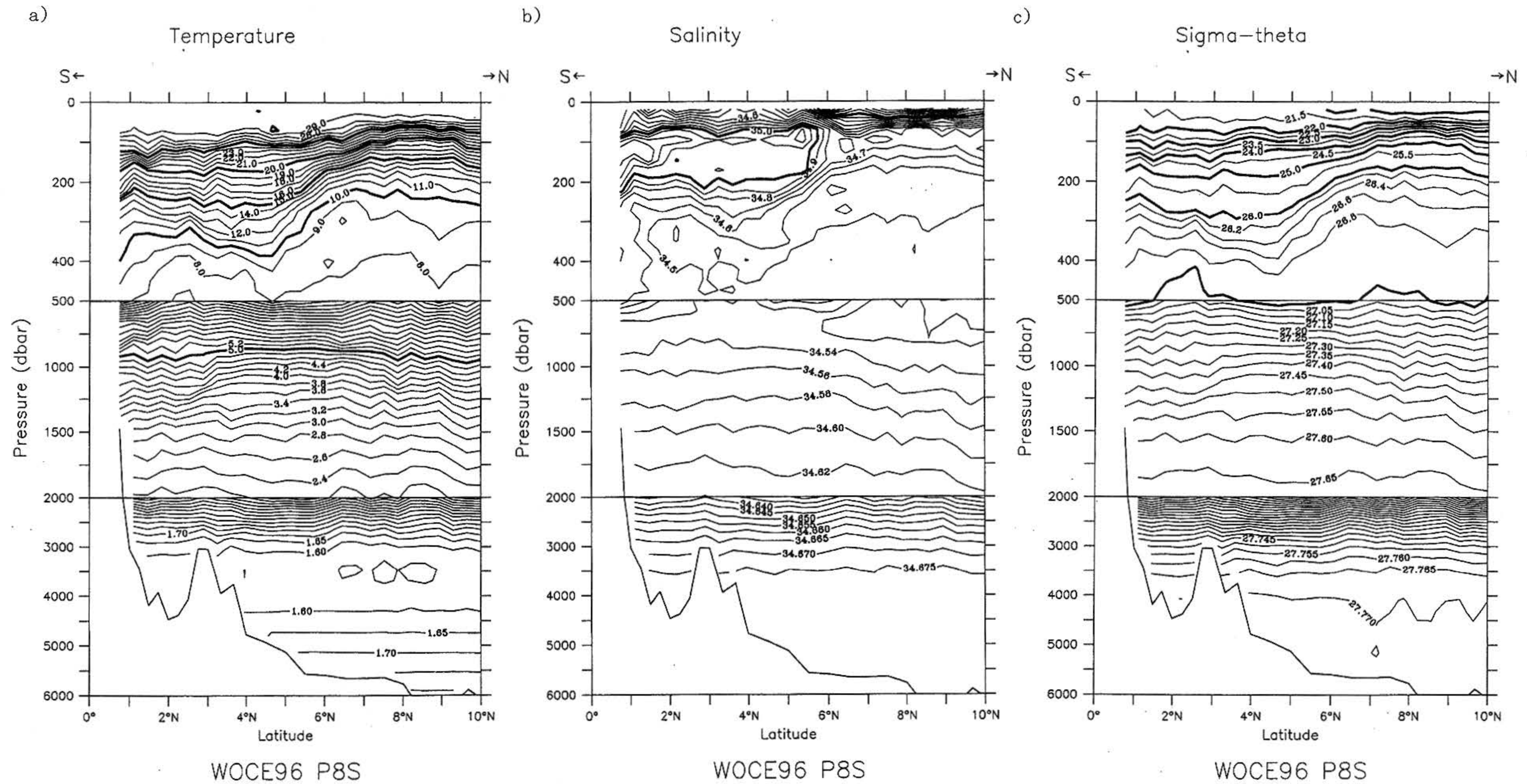


図2 P8における, a) 温度, b) 塩分, c) σ_θ , d) 溶存酸素, e) 珪酸塩, f) 硝酸塩, g) リン酸塩, h) 全炭酸, i) PH, の断面図

Fig. 2 a) Temperature, b) salinity, c) σ_θ , d) dissolved oxygen, e) silicate, f) nitrate, g) phosphate h) total carbon, i) pH sections along P8.

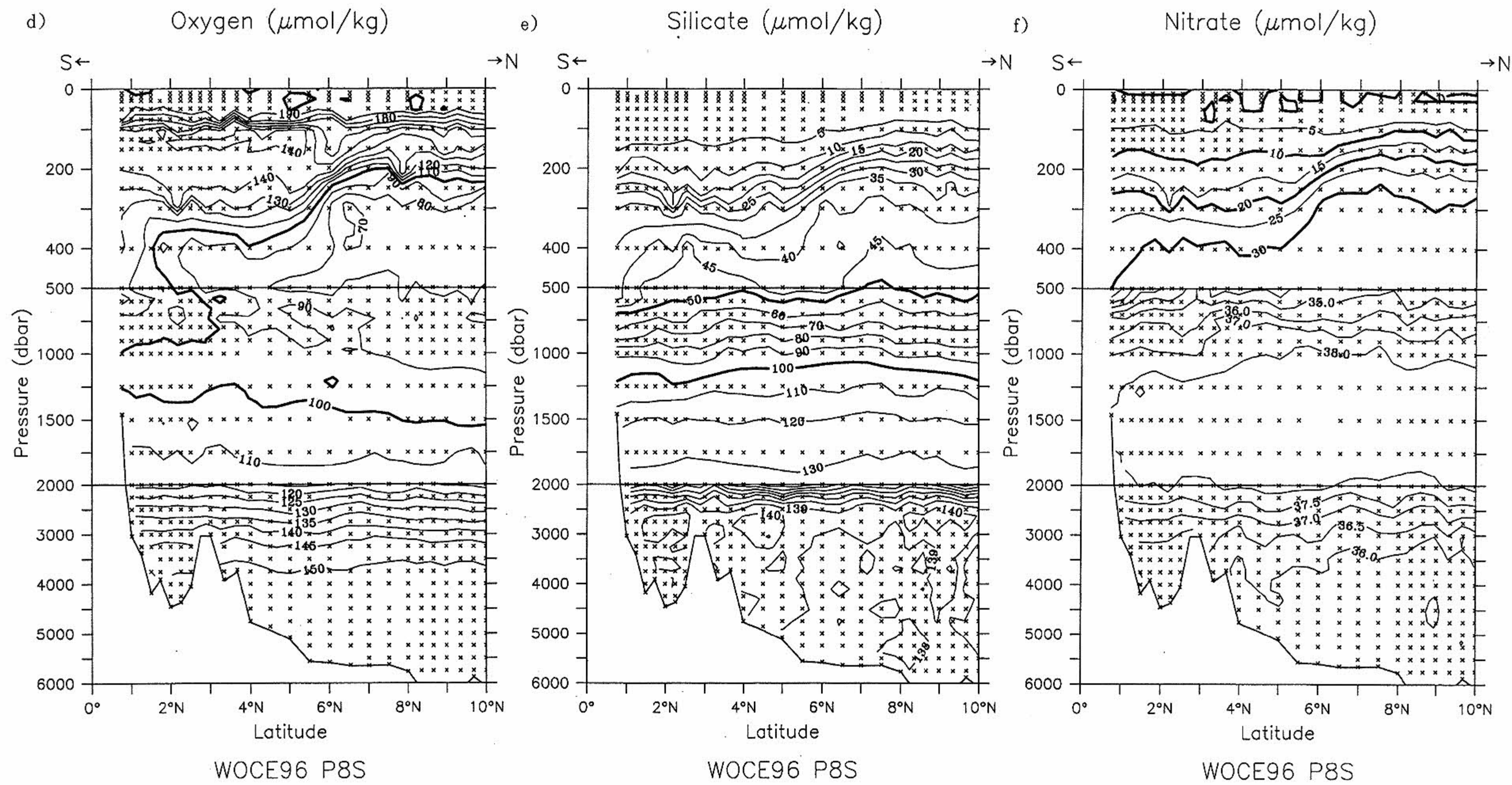


図2 (続く)
 Fig.2 (Continued)

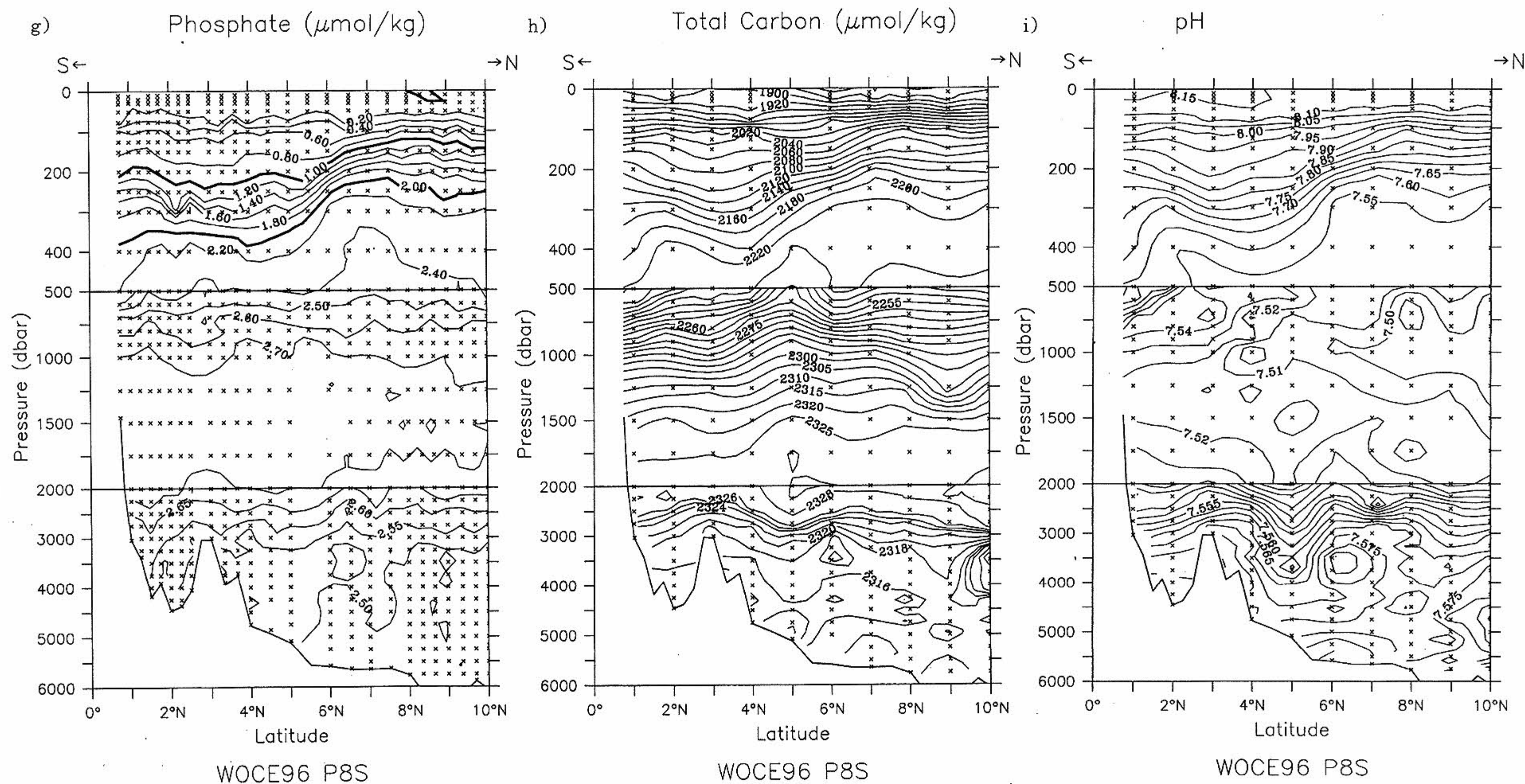
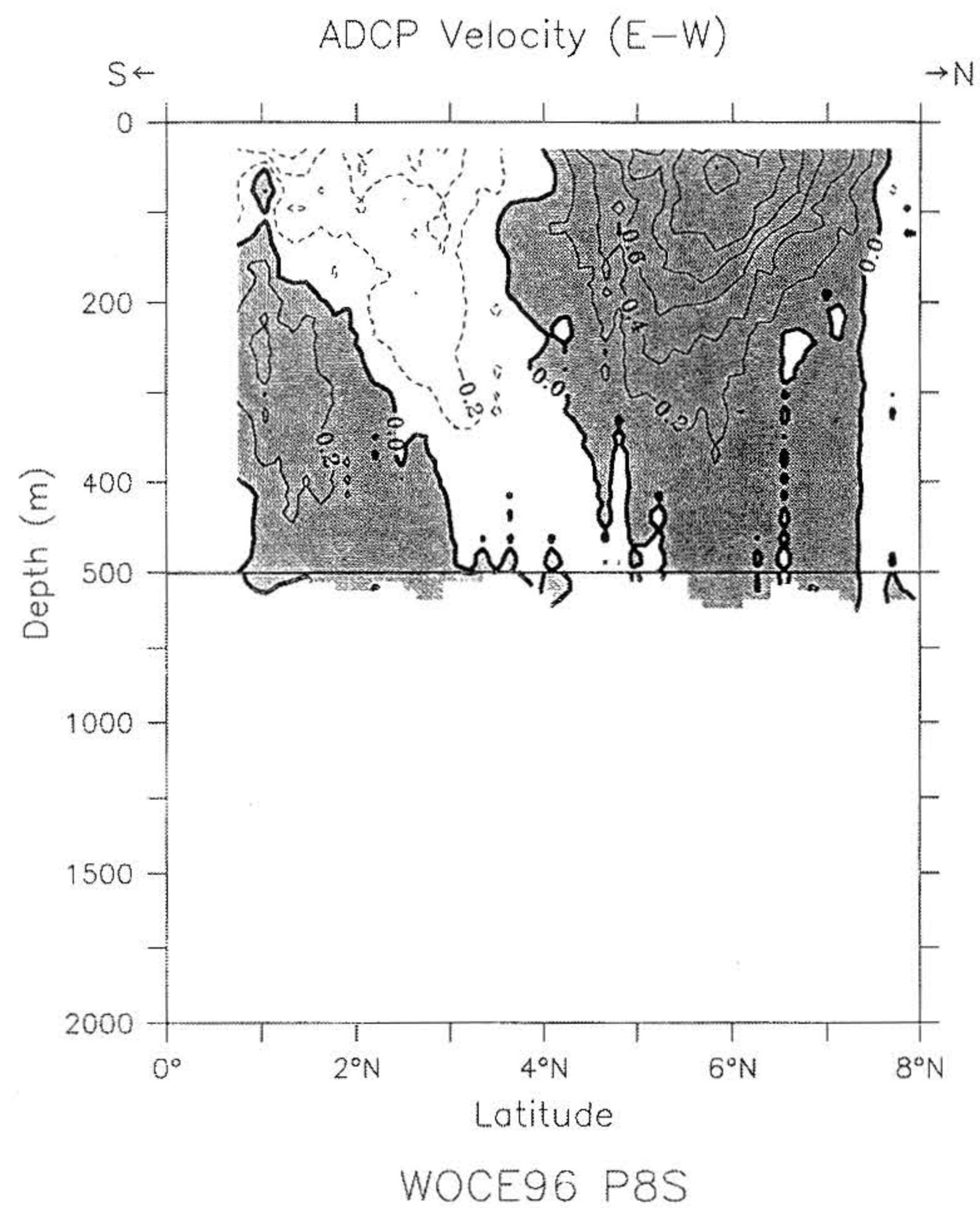


図2 (続く)
Fig. 2 (Continued)

a)



b)

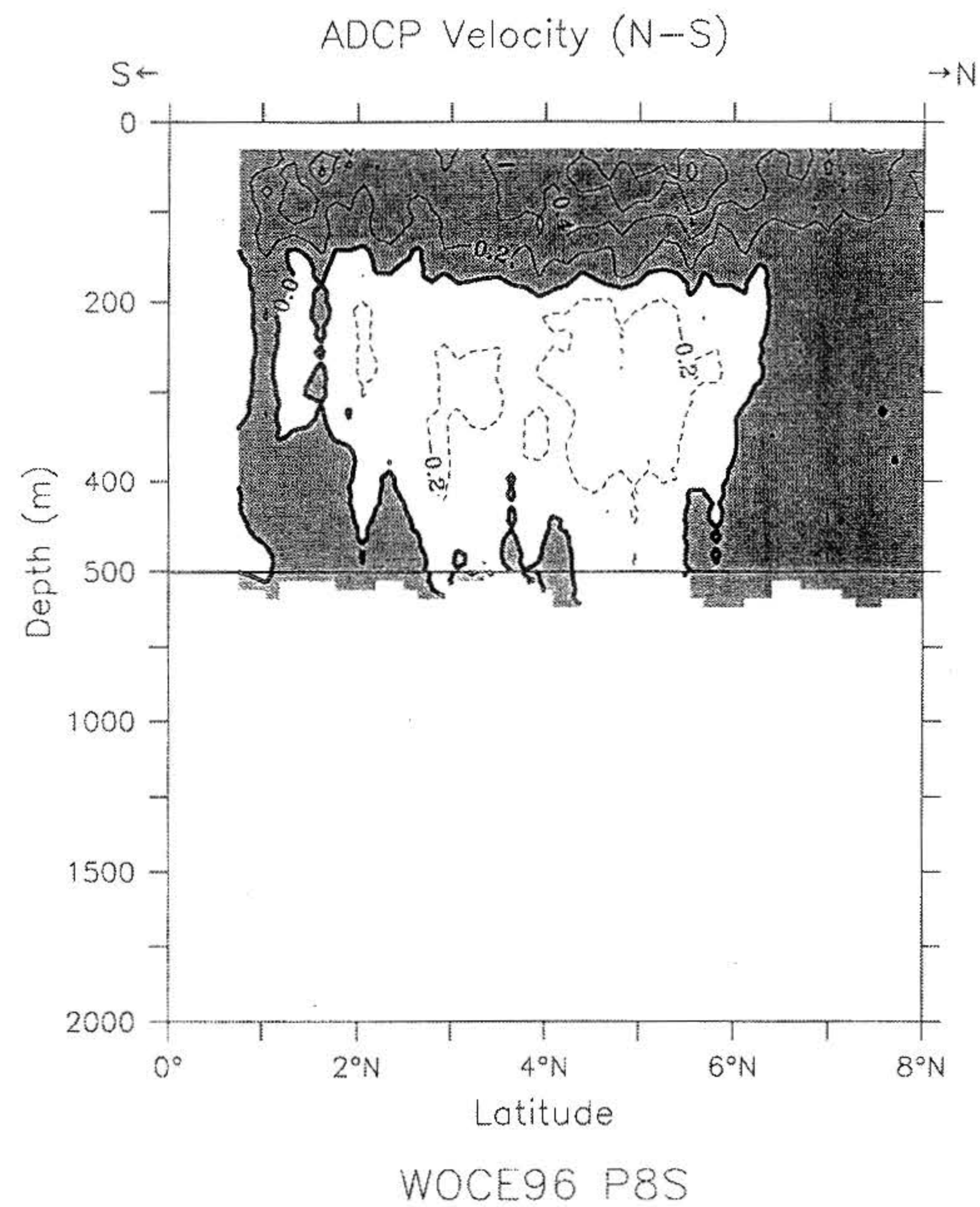


図3 P8におけるADCP流速の、a) 東西成分、b) 南北成分、の断面図。ハッチをしている部分はそれぞれ、東向き、北向き成分を表す

Fig.3 Sections of a) meridional velocity and b) zonal velocity measured by shipboard ADCP. Eastward and northward velocity are hatched.

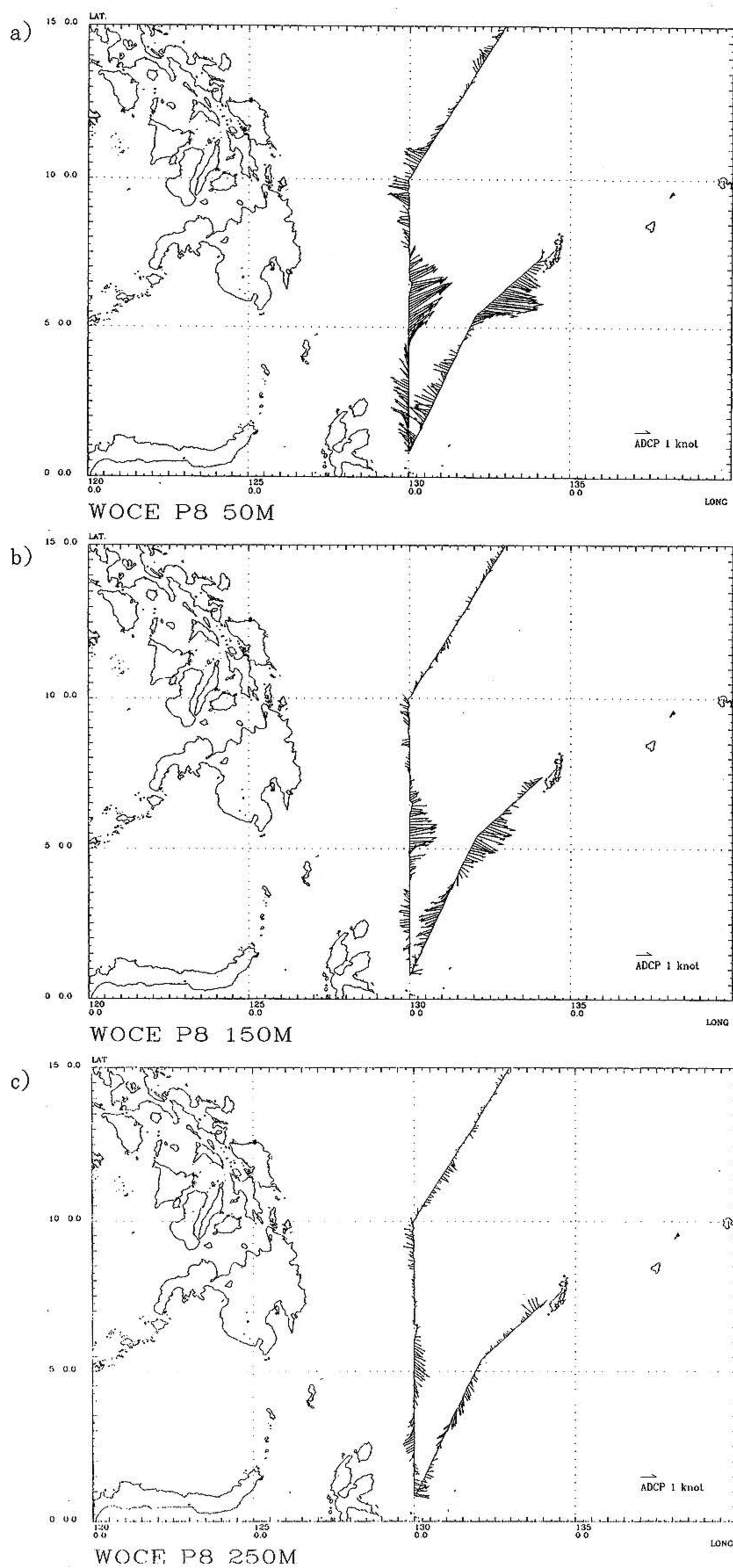


図4 a) 50m, b) 150m, c) 250m, d) 350m, e) 500mの各水深におけるADCP流速ベクトル図
Fig.4 ADCP velocity vectors at the depth of a) 50m, b) 150m, c) 250m, d) 350m, e) 500m.

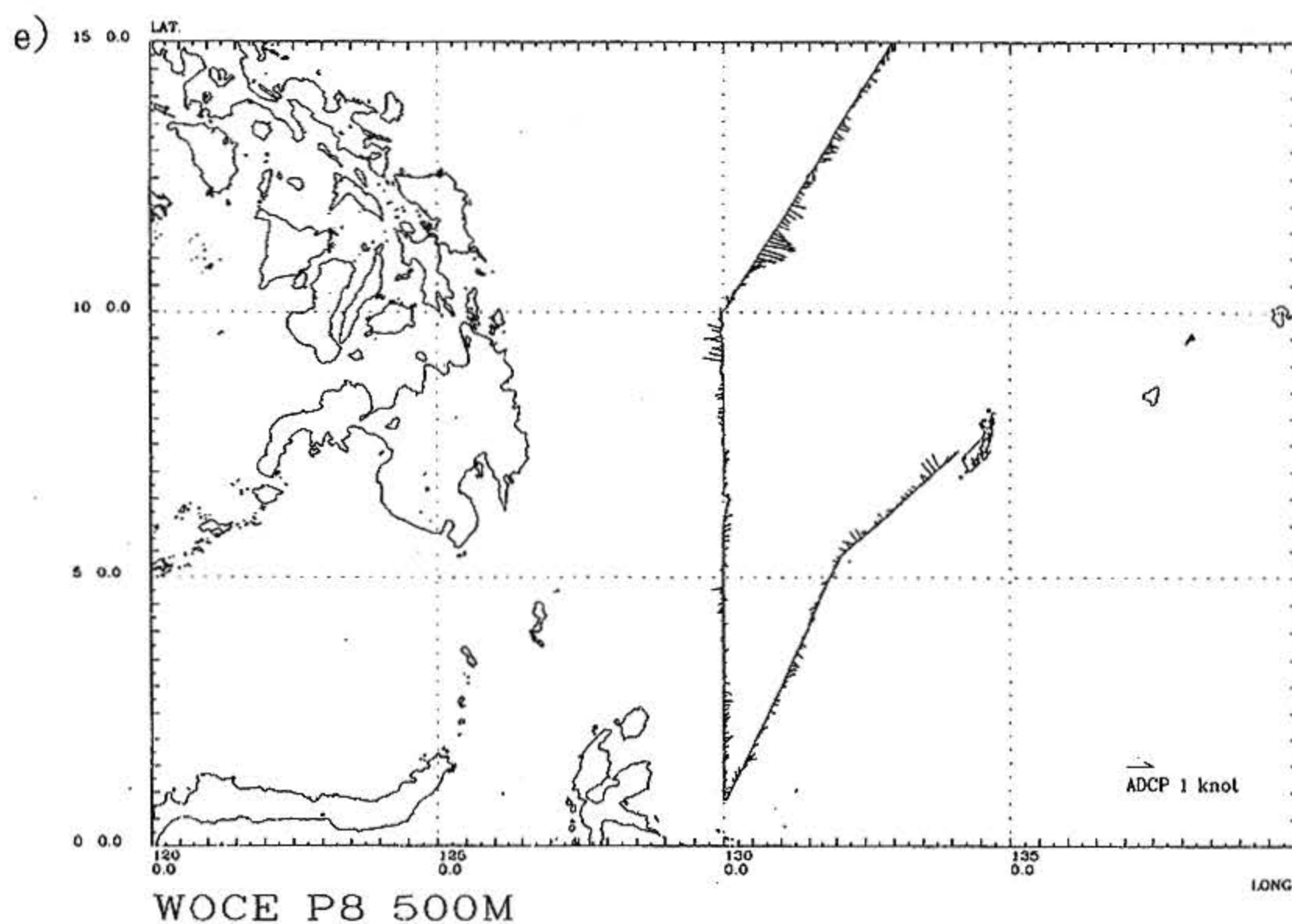
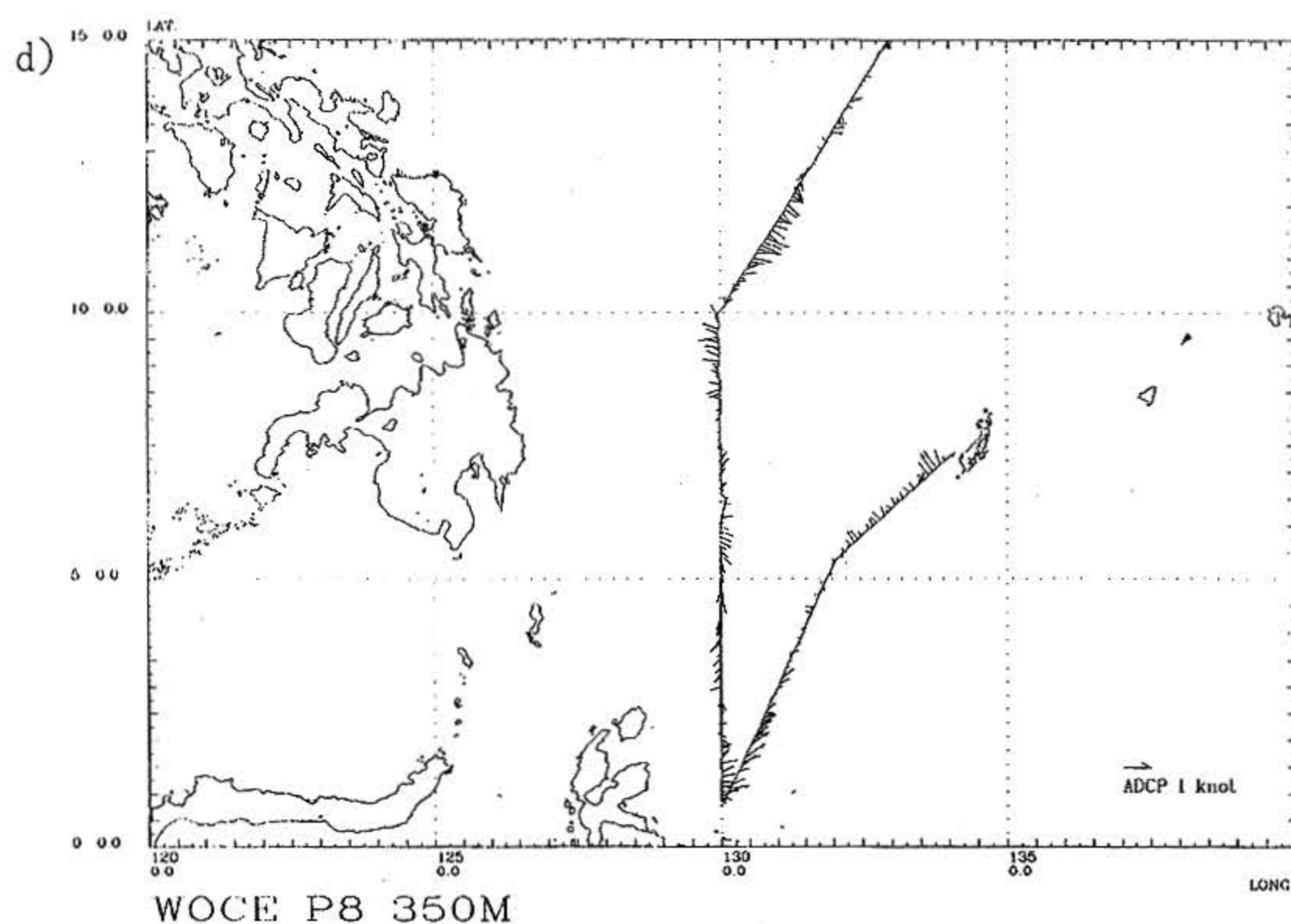


図4 (続く)
Fig. 4 (Continued)

他に中層における特徴的な構造としては、北緯3度以南の水深700m～800mにおける溶存酸素極大層が挙げられる。これは、Kashino et al (1996)⁴⁾によれば、南極中層水である。その北側には溶存酸素が90 $\mu\text{mol/kg}$ 以下の低酸素水が分布している。

表1に3,000db以深の深層における、ポテンシャル温度などの各パラメータの平均及びその標準偏差を示す。1994年2月のPR1における観測の結果 (Kawano et al., 1995³⁾)と比較すると、1994年のもの以上に各パラメータの標準偏差が小さくなっていることがわかる。すなわち、Kawano et al. (1995)³⁾で示された4,000m以深の海水の均質性が、本観測においても確認された。この標準偏差が小さくなった理由については、深層水の分布が変わったためか、あるいは観測精度が上がったため

かわからないが、少なくとも1994年に観測した深層水より均質に見える。平均値を1994年の結果と比較すると、塩分が約0.001psu低めに、溶存酸素が1～2 $\mu\text{mol/kg}$ 高めになっているが、ちょうど観測精度と同じ程度の変化のため、この違いが有意なものか否かわからない。

図5に、深層における珪酸塩-塩分ダイヤグラムを示す。Kawano et al. (1995)³⁾によれば、北緯4度～5度の間に西カロリン海盆からくるとされる低珪酸塩水が見られたが、図5から、本観測においては北緯4度～5度の海水が特に珪酸塩の値が小さいという傾向はない。また塩分分布 (図2b) から、Kawano et al. (1995)³⁾で見られていた、北緯4度～5度の間の水深4,000m以深の34.68psuを越える海水も見られない (等値線間隔が0.005psuではわからないが、数値として見た場合、まわ

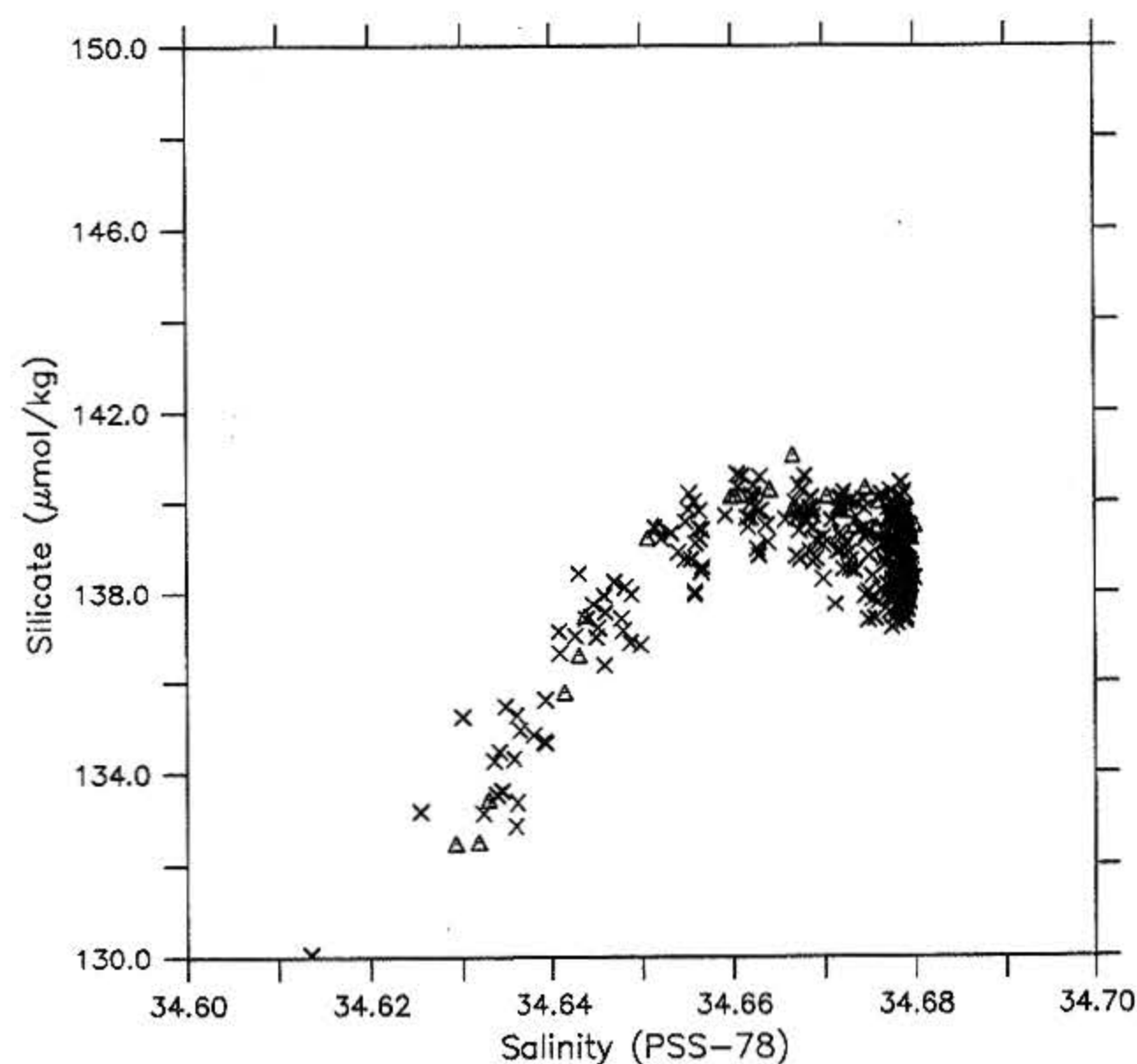


図5 4,000db以深の海水の珪酸塩-塩分ダイヤグラム。△印は北緯4度～5度における海水のものである

Fig.5 Silicate vs salinity for sampled water below 4,000db. Triangles denote station at 4N, 4.5N and 5N.

表1 3,000db以深の深層における、海水のポテンシャル温度などの各パラメータの平均及びその標準偏差

Table.1 Averages and standard deviations of the properties of the deep water below 3,000 db.

水深(db)		θ °C	塩分 PSU	酸素 umol/kg	珪酸塩 umol/kg	硝酸塩 umol/kg	リン酸塩 umol/kg	全炭酸 umol/kg	アルカリ度 umol/kg	pH
2995～ 4005	平均	1.3088	34.6736	147.6	139.22	36.11	2.53	2317.2	2411.2	7.5706
	標準偏差	0.0515	0.0036	3.4	0.79	0.27	0.04	3.2	5.3	0.0088
	%	***	0.0104	2.3	0.57	0.74	1.64	0.1	0.2	0.1161
	サンプル数	112	109	102	112	112	107	41	32	41
3995～ 5005	平均	1.2455	34.6782	152.0	138.64	35.80	2.50	2315.9	2410.2	7.5755
	標準偏差	0.0042	0.0007	0.8	0.73	0.16	0.03	1.4	5.5	0.0055
	%	***	0.0020	0.5	0.52	0.44	1.03	0.1	0.2	0.0731
	サンプル数	81	80	76	81	81	73	36	25	36
4995～ 海底	平均	1.2410	34.6789	152.5	138.19	35.74	2.48	2316.2	2408.3	7.5715
	標準偏差	0.0013	0.0005	0.4	0.41	0.11	0.01	1.1	3.8	0.0078
	%	***	0.0014	0.3	0.30	0.32	0.61	0.0	0.2	0.1032
	サンプル数	52	52	51	52	52	46	19	14	19

りに比べ0.001psuほど高い傾向がある)。さらには、1994年2月の観測時に珪酸塩の値が $140\mu\text{mol/kg}$ を越える海水が北緯6度以北の水深3,000m以深に存在していたが、本観測ではそのような海水は見られなかった。

4 考察

本観測で新たに得られた興味深い結果である、ハルマヘラ渦及び深層水の性質について考察する。

まず、表層・亜表層に存在するハルマヘラ渦についてであるが、今回ADCPによりその構造が捉えられた。表層では、西向きの南赤道海流から東向きの北赤道反流へ

の反転が、渦のように見えているふしがあるが、亜表層より下層では、明らかに渦の構造が表れている。その水平スケールや中心も深さと共に変わっている。表層は風成循環に伴う海流の分布により、中心の位置やスケールも決まっているように見えるが、下層ではポテンシャル渦度保存則から、鉛直密度勾配の減少に伴って渦のスケールが小さくなっていると考えられる。

また本観測では、このハルマヘラ渦が、北太平洋起源の塩分の低い中層水を北緯6度付近の北太平洋・南太平洋の海水が接するフロントより南に輸送している様子を捉えた。1994年2月の観測時には、北緯2度30分の水深

200~250mのところ（南太平洋熱帯高塩分水の直下）に、北太平洋起源と思われる塩分の低い海水がコア状に存在していたが、これもハルマヘラ渦により塩分フロントから取り込まれたものであろう。このことは、ハルマヘラ渦が、フロントを横切る方向の海水の輸送過程の一つになっていることを示している。さらに今まで説明が困難であった以下の現象は、このような渦による北太平洋起源の海水の取り込みによるものと考えれば説明できる。

1) モロタイ島北部に1994年2月係留した流速計・CTDにより観測された、1994年11月から1995年3月の間の、南東方向からの北太平洋起源の低塩分水の流れ (Watanabe et al., 1996¹³⁾)。

2) イリアンジャヤ沿岸に1992年7月に見られた、北太平洋熱帯高塩分水の存在（すなわち、北太平洋・南太平洋熱帯高塩分水の間のフロントのイリアンジャヤ沿岸への南下）。図6参照 (Herunadi, 私信)。

これらのことから、ハルマヘラ渦をはじめとする渦の活動がこの海域では活発でありその活動がインドネシア通過流の起源水の変質に寄与していることが考えられる。このことは、黒田ほか (1996)¹²⁾ の観測結果とも矛盾しない。

次に深層水の分布についてであるが、その均質性についてはWHPの精度で観測したことにより確認できた。今後の課題としては、このように均質である理由を調べることが挙げられる。そのためには、他の海域（特に四

国海盆や西マリアナ海盆）に比べどの程度均質であるのか、どのような力学過程（内部潮汐や渦、鉛直拡散）が支配的であるか考える必要があるだろう。

また、水塊分析の結果は2年半の間にWHPの観測精度を越えるような変動が、深層水の分布に見られることを示している。観測精度の範囲において、深層水の平均温度・塩分の値が変化しているとは言えないが、本観測では少なくとも北緯4度~5度の海水がまわりに比べ相対的に珪酸塩が低いという結果は得られなかった。このことは、PR1観測で見つかった西カロリン海盆からと思われる海水の流入が、同じ場所に同じ性質を持って分布していない、すなわち2年半の間に4,000m以深の深層も変化していることを意味している。

5 まとめ

1996年6月に、東経130度の北緯0度45分~北緯10度間の、WHPのワнтаム測線であるP8測線において海洋観測を行った。観測データはキャリブレーションが行われた後、WHP事務局に提出された。その際の精度はWHPワнтаム観測で定められた以上のものであった。

科学的知見としては、1章で示したものに加え、新たに以下のものが得られた。

1) ADCPによりハルマヘラ渦の構造を捉えることができた。すなわち、表層では中心が北緯4度、東経130度以東に位置し、その水平スケールは400km~500kmであるが、中層では東経130度以西に中心位置がずれており、水平スケールも表層より小さくなっている。

2) ADCP流速分布、及びCTD・採水分析結果の比較から、ハルマヘラ渦が北太平洋起源の海水と南太平洋起源の海水が接するフロント（北緯6度）から、北太平洋起源の低塩分水をフロントより南に取り込んでいることが示された。このことから、ハルマヘラ渦がフロントを横切る方向の海水の輸送、さらにはインドネシア通過流の起源水の変質に寄与していることが考えられる。

3) 1994年2月の観測時には、北緯4度~5度の4,000m以深にまわりより珪酸塩濃度が低い海水が存在していたが、本観測ではその場所の珪酸塩濃度はまわりより低くなかった。すなわち、2年半の間にこの海域の4,000m以深の海水の分布も変動していることが言える。

謝 辞

本観測に参加され貴重なデータの取得に協力してくださった、「かいよう」の石田船長以下乗組員の皆様、当

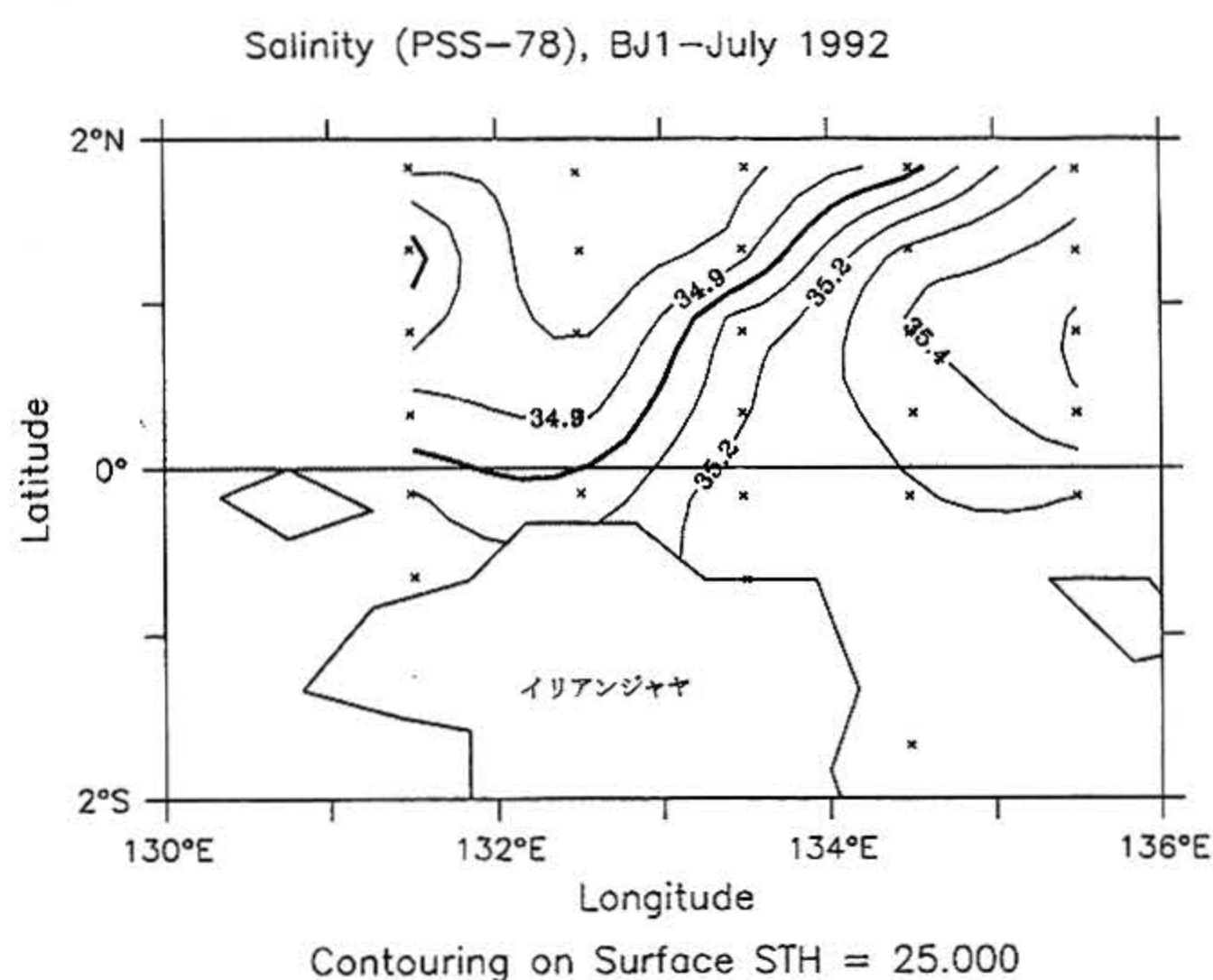


図6 1992年7月のイリアンジャヤ沿岸の $\sigma_\theta=25.0$ の等密度面における塩分分布 (Herunadi, 私信)

Fig. 6 Salinity distribution on the surface $\sigma_\theta=25.0$ at July 1992 near Irian Jaya (Herunadi, personal communication).

センター海洋観測研究部の吉岡副主幹以下研究者の皆様、BPPTのR.Trimanadi氏、インドネシア海軍セキュリティオフィサーのBusro氏、フィリピン国立資源環境部(NAMRIA)のV.Buquir氏、電力中央研究所の研究者の皆様、日本海洋事業株式会社・三洋テクノマリン株式会社・株式会社関西総合環境研究所の技術者の皆様にお礼申し上げます。

本観測は当センターのプロジェクト研究「熱帯赤道域の観測研究」により実行されたものである。また、本観測は当センターとインドネシア技術評価庁(BPPT)の共同研究協定に基づいて行われたものである。

参考文献

- 1) Joyce, T., and C. Corry (Eds.): Requirements for WOCE Hydrographic Programme data reporting. WHPO Publication 90-1 Revision 2, (1993)
- 2) 柏野祐二・青山道夫・河野 健・安藤健太郎・宗山 敬・Syaefudin・Y. Anantasena・渡辺秀俊: フィリピン南東方海域の亜表層・中層における水塊の分布について
—1994年2月「かいよう」WOCE観測結果より—, 海洋科学技術センター試験研究報告, 32, 133-151. (1995)
- 3) Kawano, T., N. Hendiarti, Y. Anantasena, Y. Kashino, Syaefudin, K. Muneyama, M. Aoyama and K. Ando: A hydrography in the southern Philippine Sea: from WOCE Hydrographic Programme section PR1S and PR24. International WOCE Newsletter, 19, 11-14. (1995)
- 4) Kashino, Y., M. Aoyama, T. Kawano, N. Hendiarti, Syaefudin, Y. Anantasena, K. Muneyama and H. Watanabe: The water masses between Mindanao and New Guinea. J. Geophys. Res., 101, 12391-12400. (1996)
- 5) Lukas, R., E. Firing, P. Hacker, P. Richardson, C. Collins, R. Fine and R. Gammon: Observations of the Mindanao Current during the Western Equatorial Pacific Ocean Circulation Study. J. Geophys. Res., 96, 7098-7104 (1991)
- 6) 柏野祐二・青山道夫: WOCE観測におけるCTDデータ処理. 海洋科学技術センター試験研究報告, 35 (本稿と同号), (1997)
- 7) Japan Marine Science and Technology Center: Cruise Report for PR1S and PR24 by R/V KAIYO from 14 February 1994 to 3 March 1994, technical report, Yokosuka, Japan, 105pp. (1995)
- 8) Lukas, R. and E. Lindstrom: The mixed layer of the western equatorial Pacific Ocean. J. Geophys. Res., 96, Suppl., 3343-3357. (1991)
- 9) Ando, K. and M. McPhaden: Variability of surface-layer hydrography in the tropical Pacific Ocean. J. Geophys. Res., (1997, submitted)
- 10) Tsuchiya, M.: Subsurface countercurrent in the eastern equatorial Pacific Ocean. J. Mar. Res., 33 (supplement), 145-175. (1975)
- 11) Bingham, F. and R. Lukas: The southward intrusion of North Pacific Intermediate Water along the Mindanao Coast, J. Phys. Oceanogr., 24, 141-154. (1994)
- 12) 黒田芳文・安藤健太郎・三寺史夫・柏野祐二・林美鶴・尻引武彦・D. Hartoyo・A. Alkatiri・米山邦夫・宗山 敬: TOCS航海中に観測された西部熱帯太平洋域の海洋構造, 海洋科学技術センター試験研究報告, 34, 41-52. (1996)
- 13) Watanebe, H., Y. Kashino, H. Yamaguchi, M. Aoyama, B. Herunadi, K. Ando, K. Muneyama, H. Mitsudera and Syaefudin: Moored measurement of the Indonesian Through Flow at the southwestern edge of Philippine Sea. WOCE News Letter, (1997, submitted.)

(原稿受理: 1996年12月20日)