

CTDデータを用いた東シナ海の黒潮流量の評価 —1989年10月, 1990年10月, 1991年10月の CTDデータより—

山本 浩文*¹ 安藤健太郎*¹
美澄 篤信*¹

トカラ海峡海域の黒潮の流量を推定するため, 1989年, 1990年, 1991年の各10月に海洋調査船「かいよう」を用いて, CTD観測を行った。水温・塩分のデータから現場密度を計算し, 地衡流計算を行った。さらに, インバース法の計算を行い, 地衡流計算で求めた流速(傾圧流)に無流面上の流速(順圧流)を加算し実際の流速とした。

1989年には27.4 Svで流入, 東シナ海北部から3.2 Svの流入, トカラ海峡を東に30.3 Svの流出であった。1990年には南東から21.8 Svで流入, 東シナ海北部から7.7 Svの流出, トカラ海峡の東に13.5 Svの流出であった。1991年には南東から20.4 Svで流出, 東シナ海の北部から7.5 Svの流入, トカラ海峡の東に27.9 Svの流出であった。

キーワード: 黒潮, 地衡流, インバース法, トカラ海峡

Estimation of Kuroshio Volume Transport in the East China Sea Using CTD Data.

—Based on Kuroshio Cruise in Oct.1989,
in Oct.1990 and in Oct.1991—

Hirofumi YAMAMOTO*² Kentaro ANDO*²
Atsunobu MISUMI*²

To measure the velocity of Kuroshio Current in the Tokara Strait, hydrographic measurements by CTD was conducted on board the research vessel "Kaiyo" in Octobers of 1989, 1990 and 1991. Based on water temperature and salt concentration

* 1 海洋研究部

* 2 Ocean Research Department

data, density was calculated, to obtain geostrophic flow. The absolute velocity was calculated by inverse-method and estimate the total volume transport in the north west area of the East China Sea.

In 1989, the current flowed in from the south-east at 27.4 Sv., out from northern East China Sea at 3.2 Sv., and out to east of Tokara Strait at 30.3 Sv.

In 1990, the current flowed in from the south-east at 21.8 Sv., out from northern East China Sea at 7.7 Sv., and out to east of Tokara Strait at 13.5 Sv.

In 1991, the current flowed in at 20.4 Sv. from the south-east and from northern East China Sea at 7.5 Sv., and out to east of Tokara Strait at 27.9 Sv.

Key words : Kuroshio, Geostrophic flow, Inverse method, Tokara Strait

1 はじめに

黒潮は台湾東方海域から東シナ海を通り抜け、一部は日本海へ、その他は黒潮として日本南岸を通り房総半島沖を東へ抜けて行く (Tsuchiya, M. 1982¹⁾). これは亜熱帯循環系に位置する強い流れ、すなわち西岸強化流である。亜熱帯循環系は、季節変動, ENSO, 10年規模の時間的スケールで変動し (Trenberth 1990²⁾, Hanawa et al. 1988³⁾,

Watanabe 1989⁴⁾, Suga et al⁵⁾), 北太平洋全体の影響を受けている。すなわち、黒潮は日本近海の局地的な流れではなく、北太平洋全体の Global な流れの一部である (図 1 参照)。黒潮が熱輸送, 水輸送を行うことが海洋循環において重要である。特に、トカラ海峡を越える黒潮の流速, 流量の変動が本州南方における黒潮の流路変動に関わっている事が理論や数値モデルの結果から示されてい

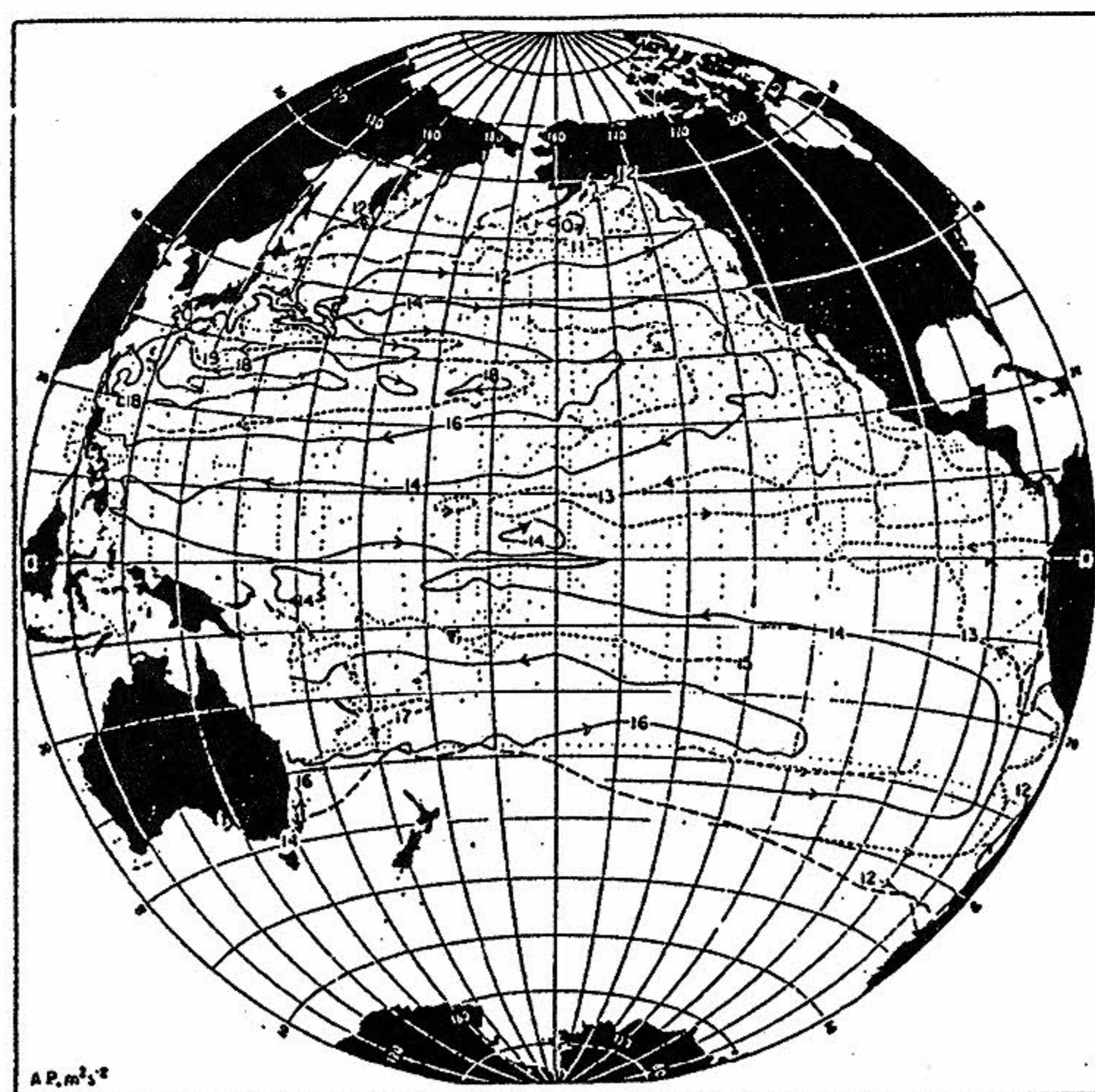


図 1 海面における加速度ポテンシャル分布図

Fig. 1 Acceleration potential $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$, relative to 10 Mpa, on the surface where thermosteric anomaly equals $240 \times 10^{-6} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$, northern summer (May-October). The heavy dashed lines represent the outcrops of this surface at the sea surface.

る (Kawabe, M, 1987⁶⁾)。

本研究では、『黒潮』の流量を求めることを目的として、1989年10月、1990年10月、1991年10月に海洋調査船「かいよう (2,840t)」を使用し、南西諸島の西方の東シナ海でCTD観測を行った。

2 方法

観測測線は各年とも地理学上ではほぼ同じ位置にあり、黒潮の強流域を横断するように測線を設けてあり、それぞれの測線上で10マイルごとにCTDを用いて電気伝導度、水温、塩分の観測を行った。図2に観測測点を示す。CTD観測位置は、「かいよう」搭載のGPSを使用し、決定した。

CTDはNeil-brown社製のMARK-IIIで、このCTDの水中部を「かいよう」の船尾よりAフ

レームクレーンを使用し、1 m/sの速度で海中を下降させた。CTDの降下深度は、水深1000m以深の海域は浅くとも海底上50mまでとした(写真1)。

従来行われている地衡流計算では、1000mや2000mでの流速を無視できる程小さいとして計算を行う。このように流速を無視できると仮定した仮想上の面を無流面と呼んでいる。

ところが海底から海面までの流量の推定には、海面から仮想の無流面の深度まで流速を積分するから、無流面を1000mとして計算する場合と2000mとして計算する場合とでは、流量が大きく違ってくる。この不確定性の困難を解消するために、インバース法 (Wunch C. et al. 1978)⁷⁾を用いることによって、地衡流計算における無流面の深さで

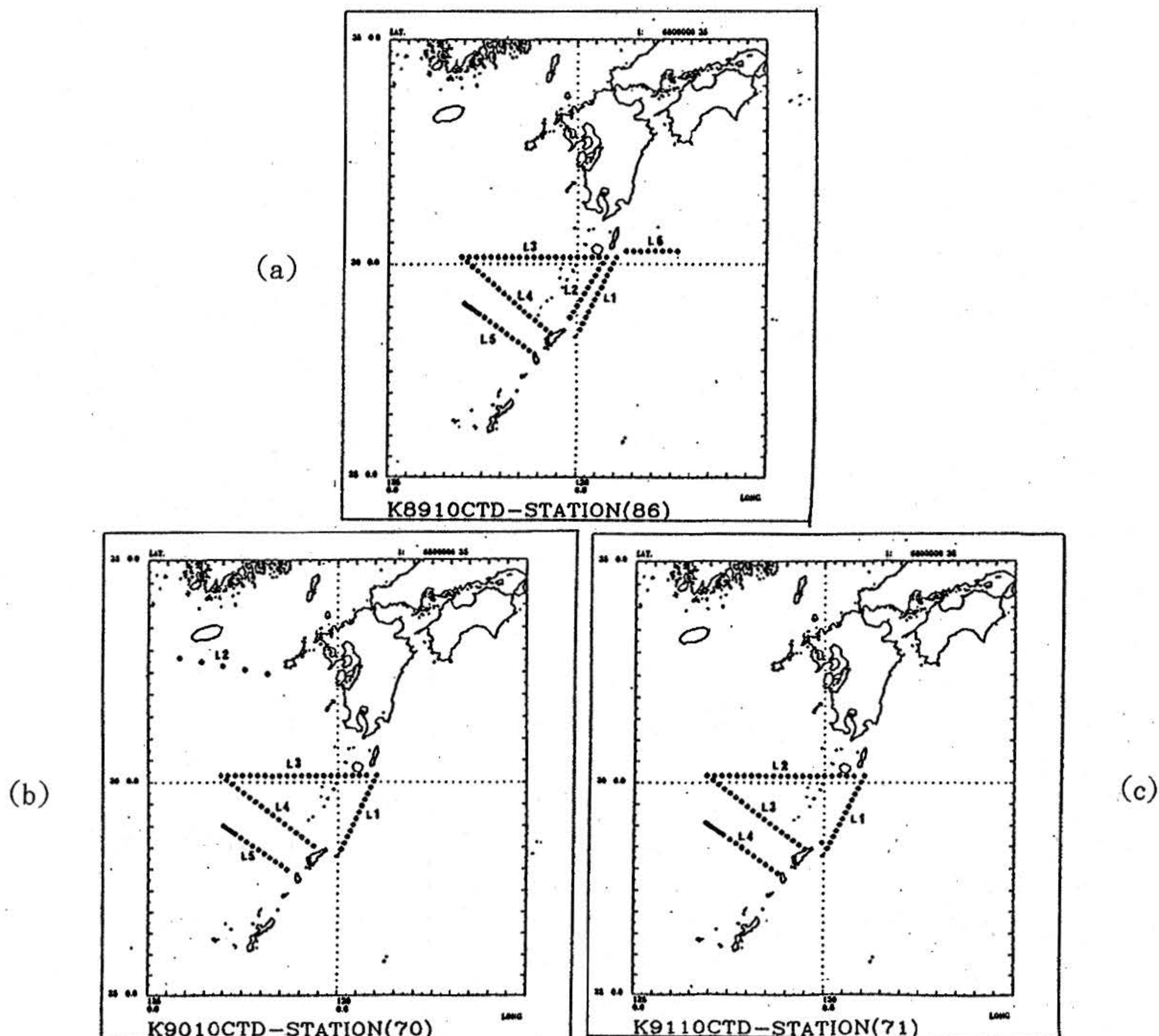


図2 1989年10月 (a), 1990年10月 (b), 1991年10月 (c) のCTD観測点

Fig. 2 CTD Stations in October 1989 (a), in October 1990 (b), and in October 1991 (c).

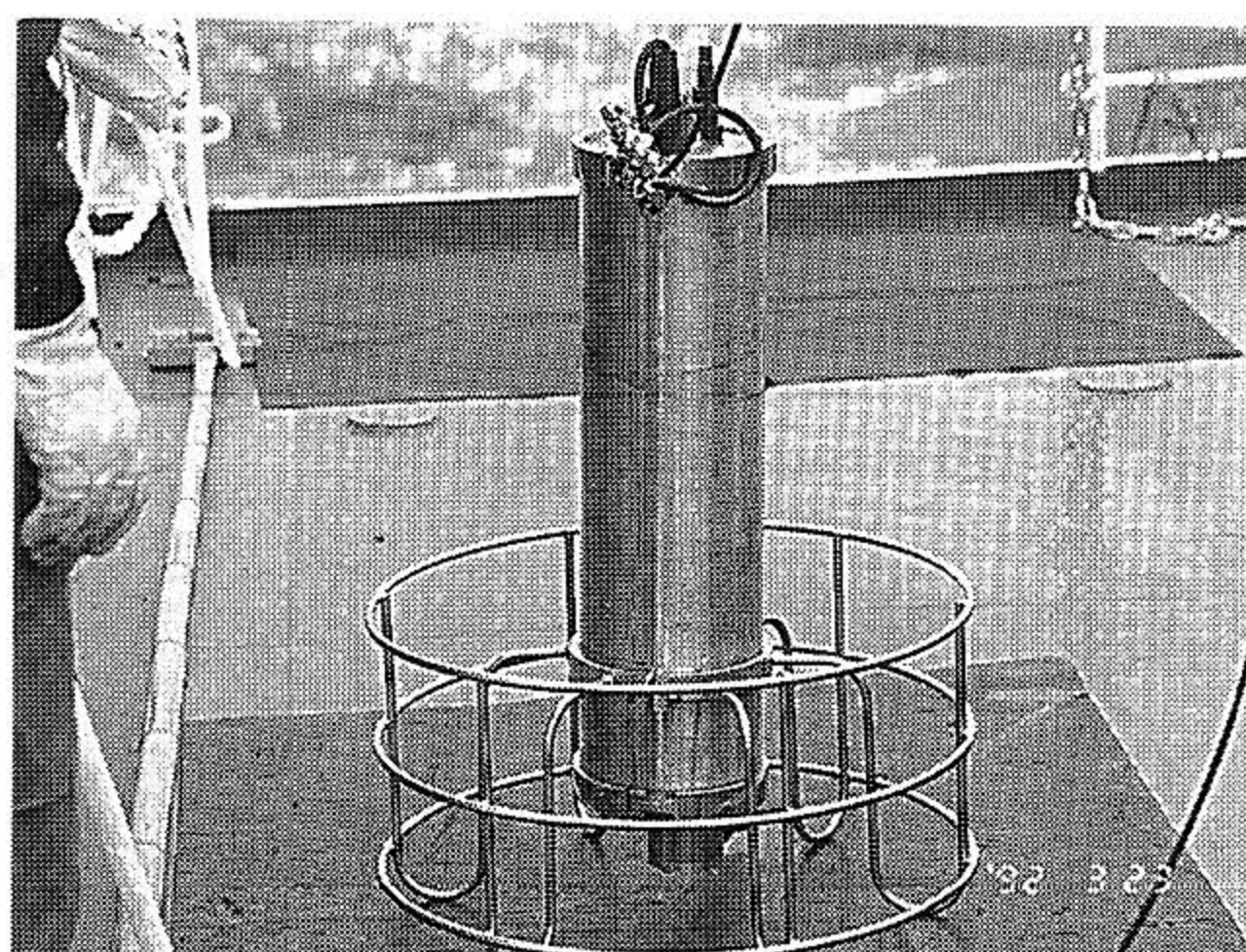


写真1 CTD装置
Photo 1 CTD system.

の流速を求め、これを順圧流の大きさとみなした。つまり、地衡流計算で求めた流速（傾圧流）に無流面上の流速（順圧流）を加えて実際の流速とした。

3 地衡流としての黒潮の流量の推定

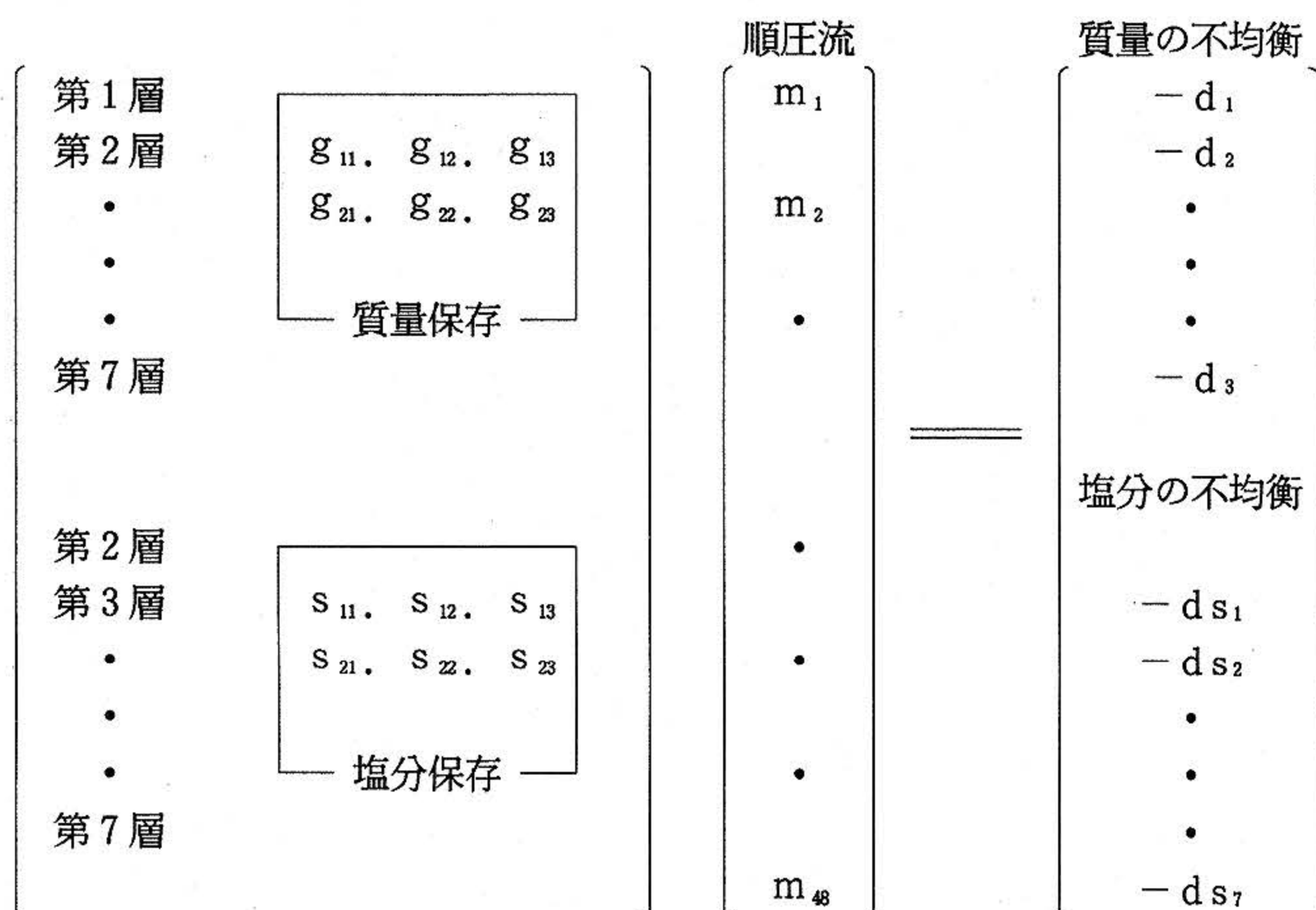
ここでは、安藤ら（1992）⁸⁾と同じような方法を用い、2測点のうち観測水深の浅い方の水深データを無流面と仮定し計算を行った。図3～図5が地衡流計算による流速の鉛直断面図である。図中の実線は各測線を通過する流速（m/s）、破線はその反流成分を示す。

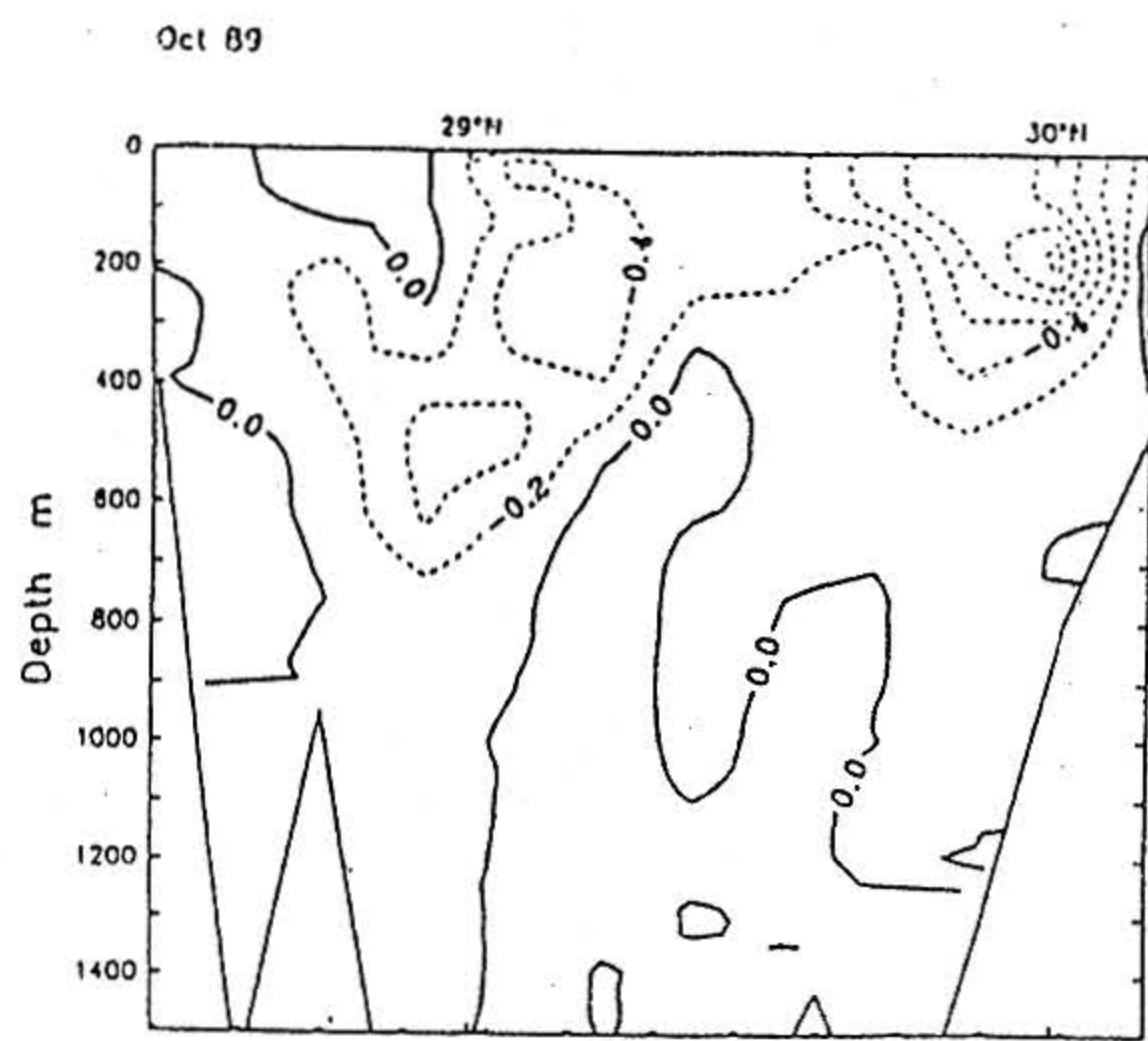
1989年10月、1990年10月、1991年10月の各年とも黒潮の主流は、水深600m以浅を大陸棚斜面に沿って最大1.0～1.2m/sで北東方向に流れている。これは、127°E～128°Eの間で8.0～26.0℃の水温帯の水平温度勾配が極端に大きく、これが強い北東流に關与している。その海面における黒潮の主軸の幅は60～120マイルと広く、30°N付近で東方に蛇行している。トカラ海峡において黒潮の主流は、水深600m以浅を29°N及び30°Nを軸に西から東に、1990年のみ29°Nを軸に東から西に流れている。

4 インバース法による黒潮の流速推定

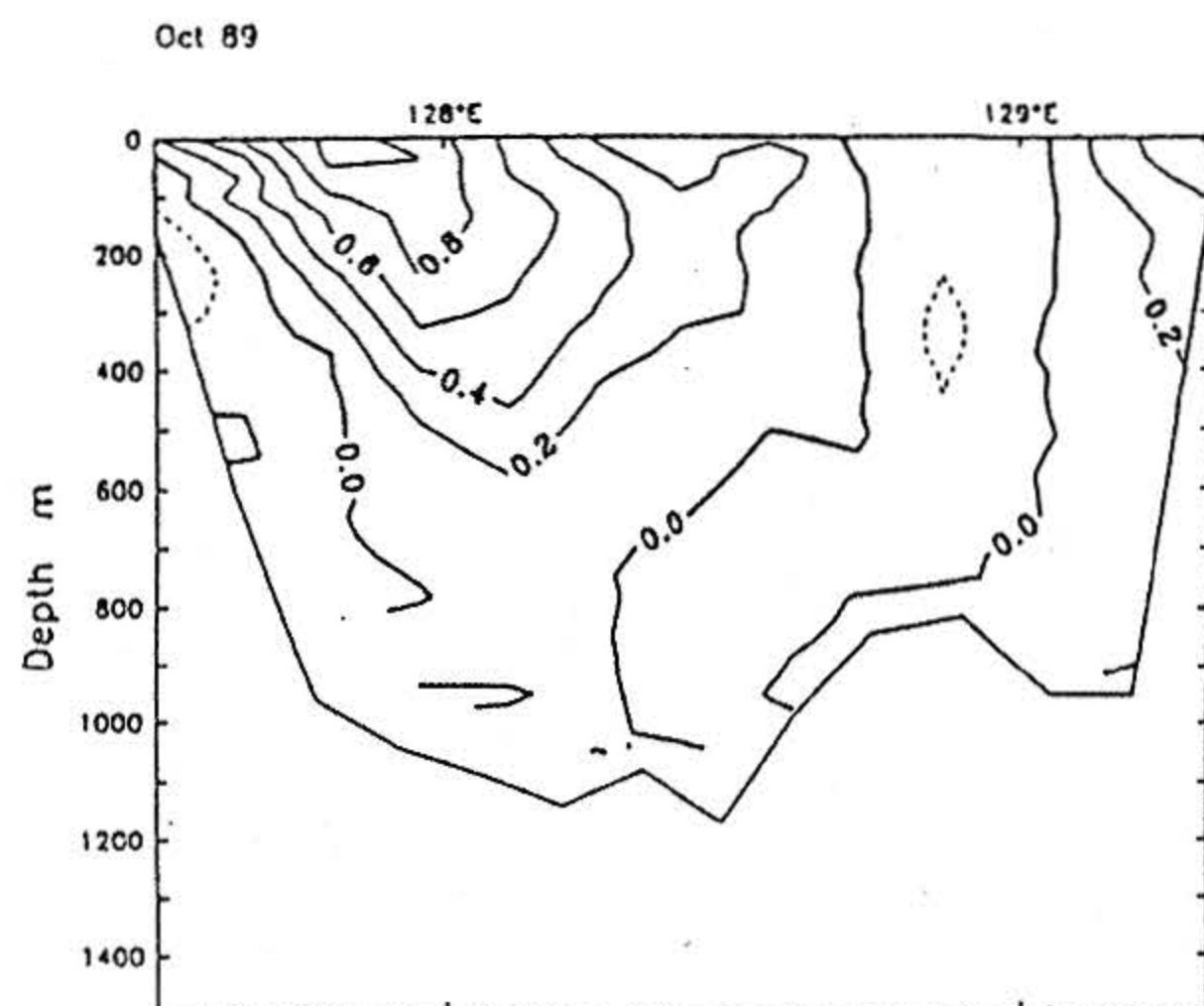
4.1 序

地衡流のみの計算では、各測点の無流面を仮定しているが、現実には無流面といえども流速が無視できない場合もある。すなわち、順圧流が除かれていることになる。そこで、より実際に近い流量を求めるために、トカラ海峡を一辺とした三角形で閉じた測線での観測を行い、閉じた測線内での流量保存という制約条件を取り入れることによって、各測点の流速（傾圧流）にインバース法（Wunch C. et al. 1978⁶⁾）により計算した「無流面」上の流速（順圧流）を加算し、より実態に即した黒潮の流量を見積もることを試みた。

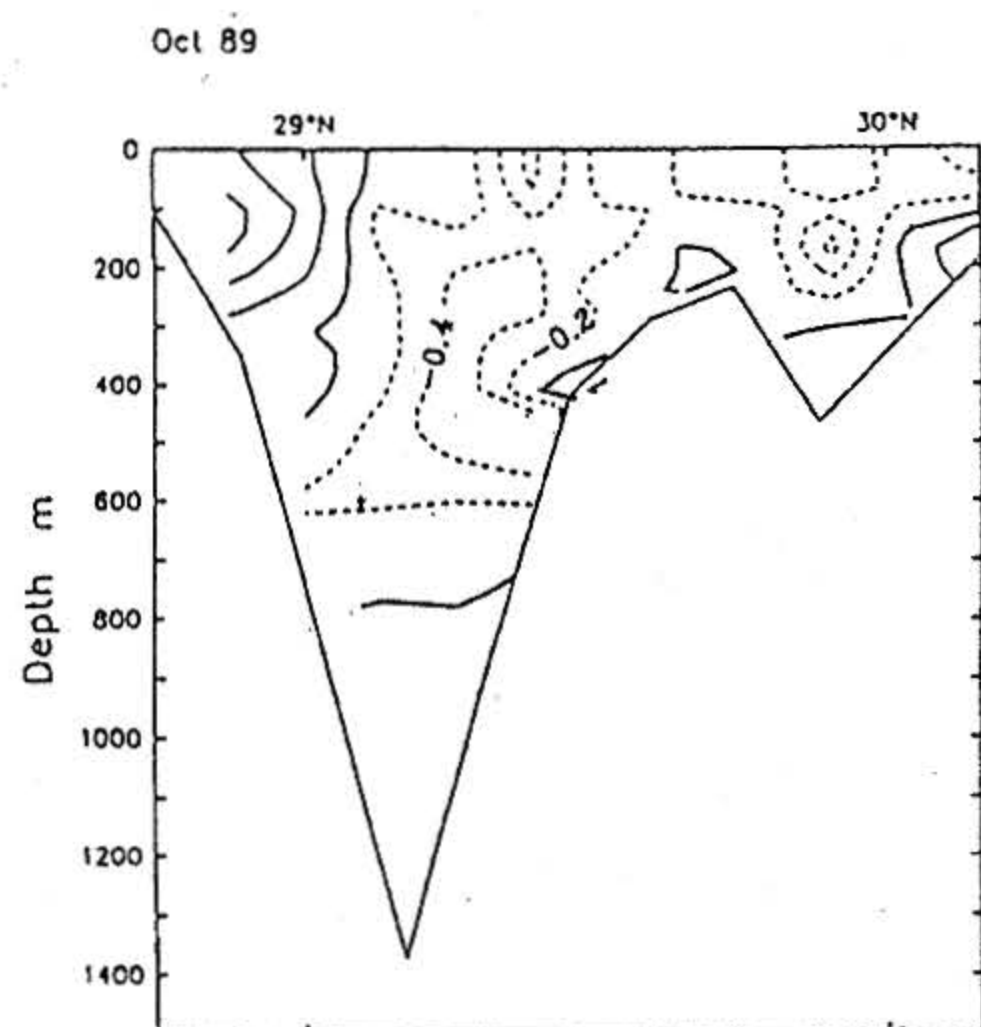




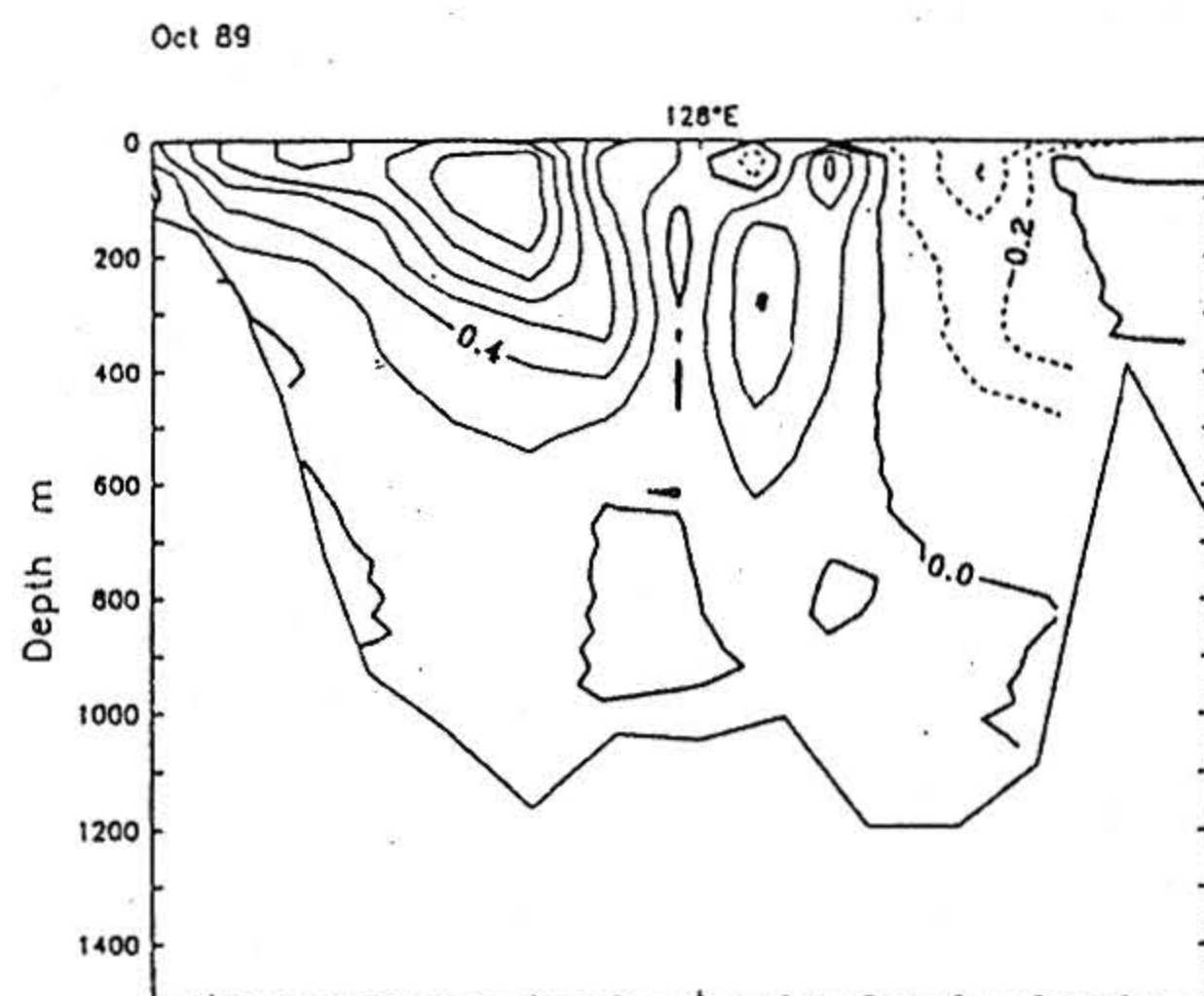
K8910 kuroshio cruise sectionL1 geostrophic velocity



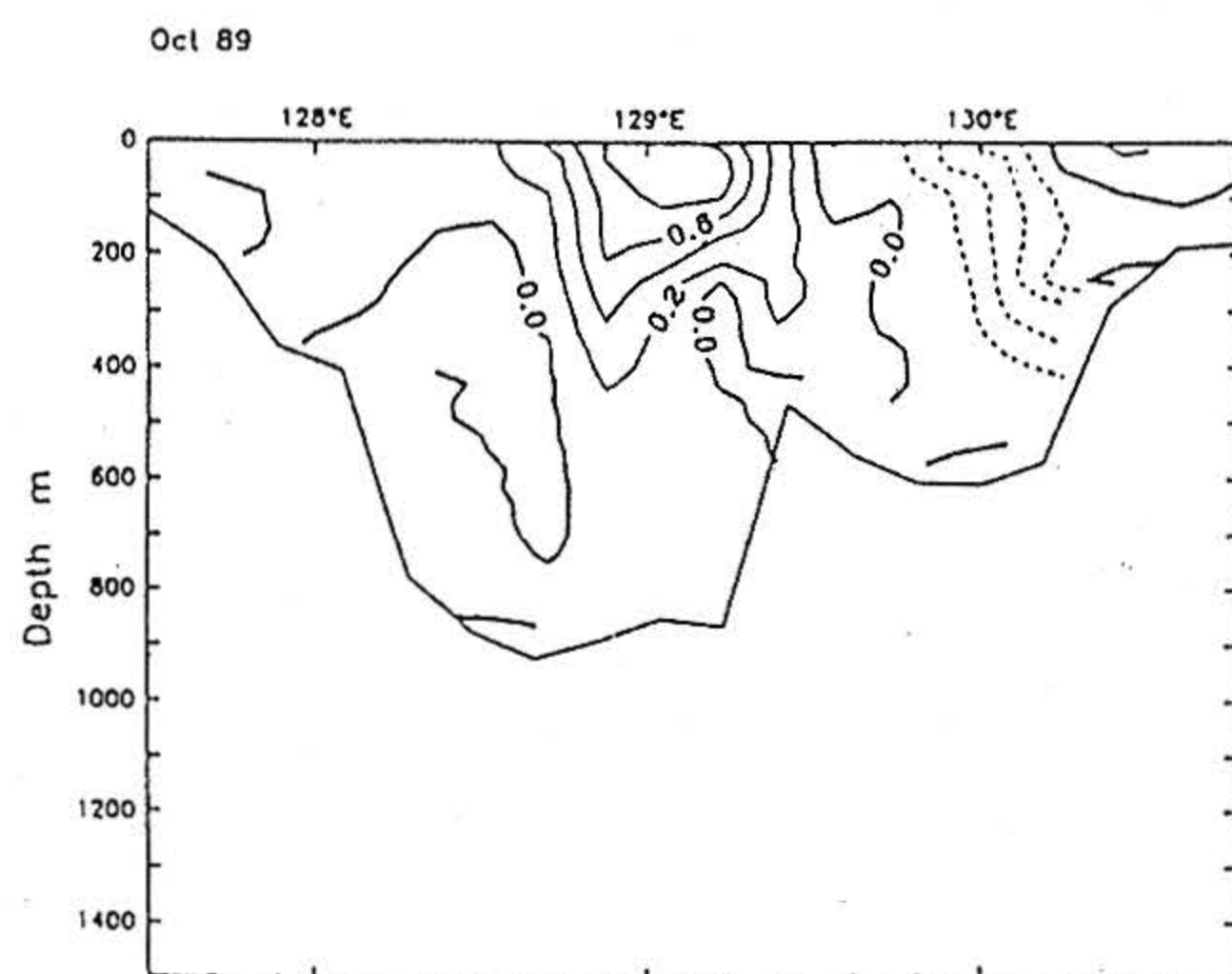
K8910 Kuroshio cruise sectionL4 geostrophic velocity



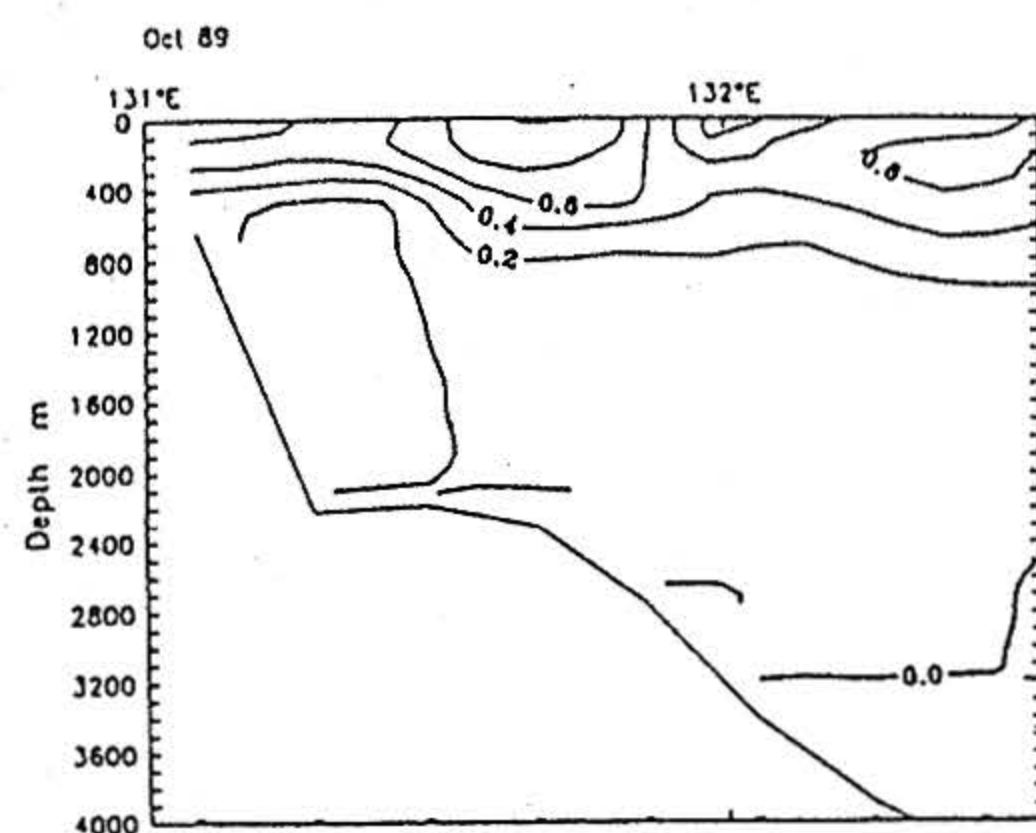
K8910 kuroshio cruise sectionL2 geostrophic velocity



K8910 sectionL5 geostrophic velocity

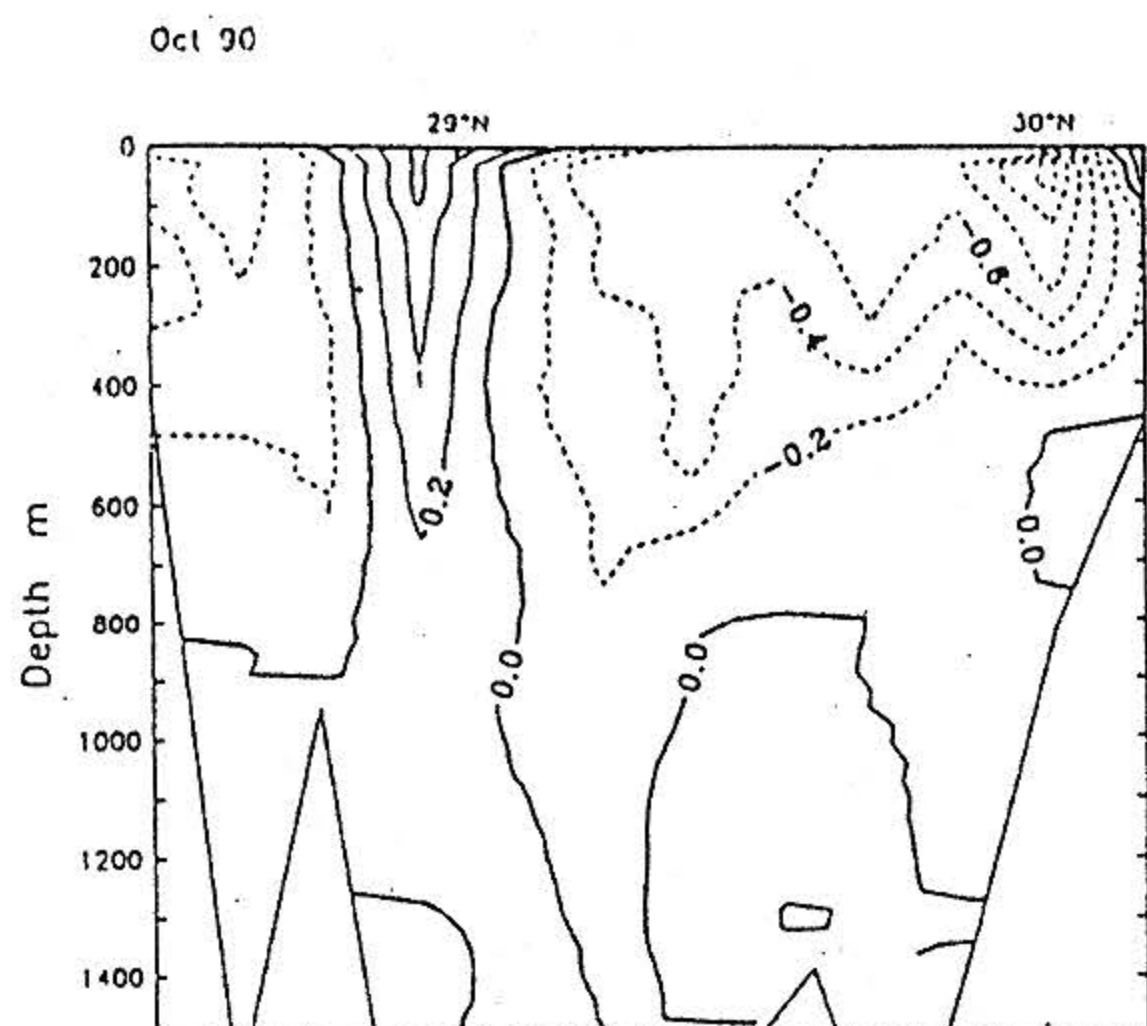


K8910 kuroshio cruise sectionL3 geostrophic velocity

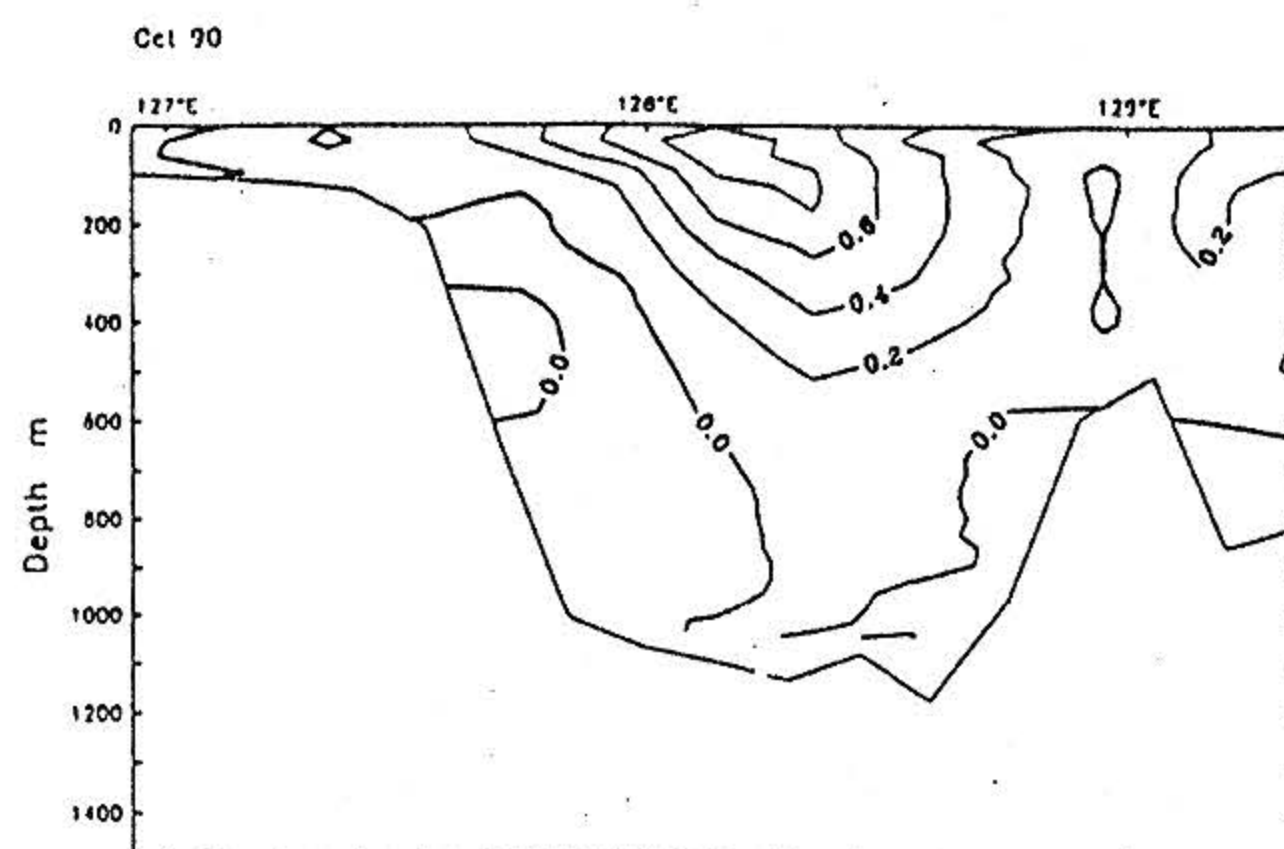


K8910 kuroshio cruise SectionL6 geostrophic velocity

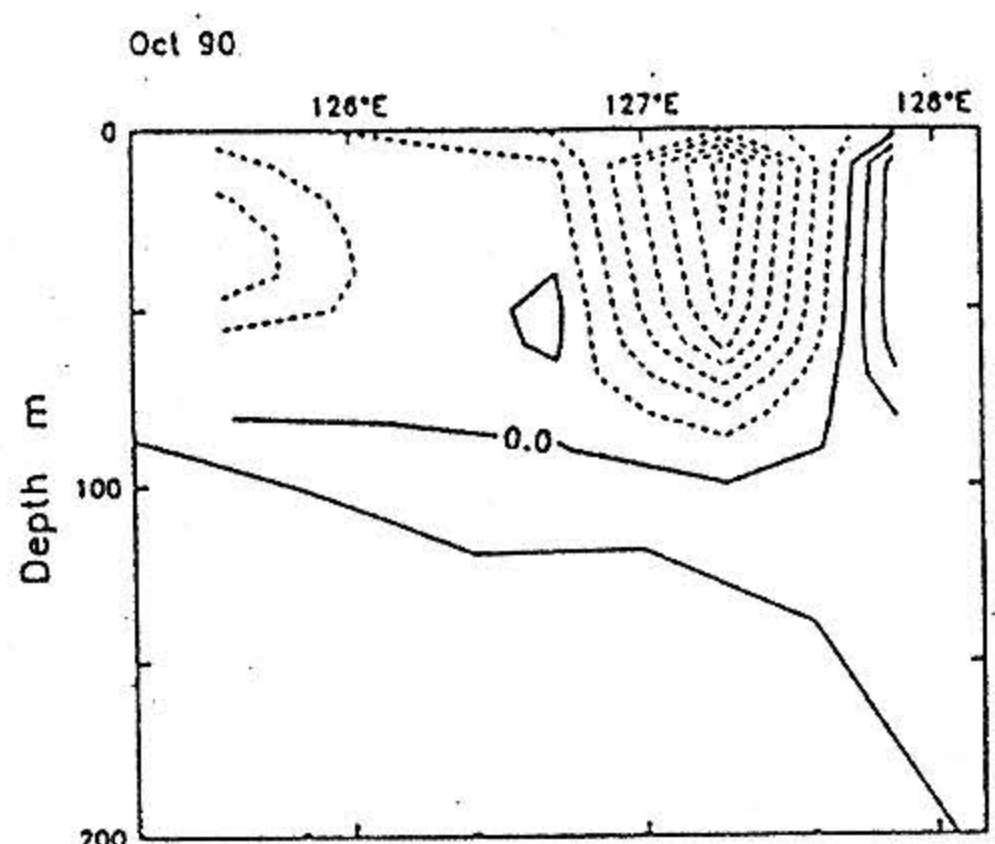
図3 1989年の地衡流計算による流速の鉛直断面図 (m/s)
Fig. 3 Velocity components across in 1989.



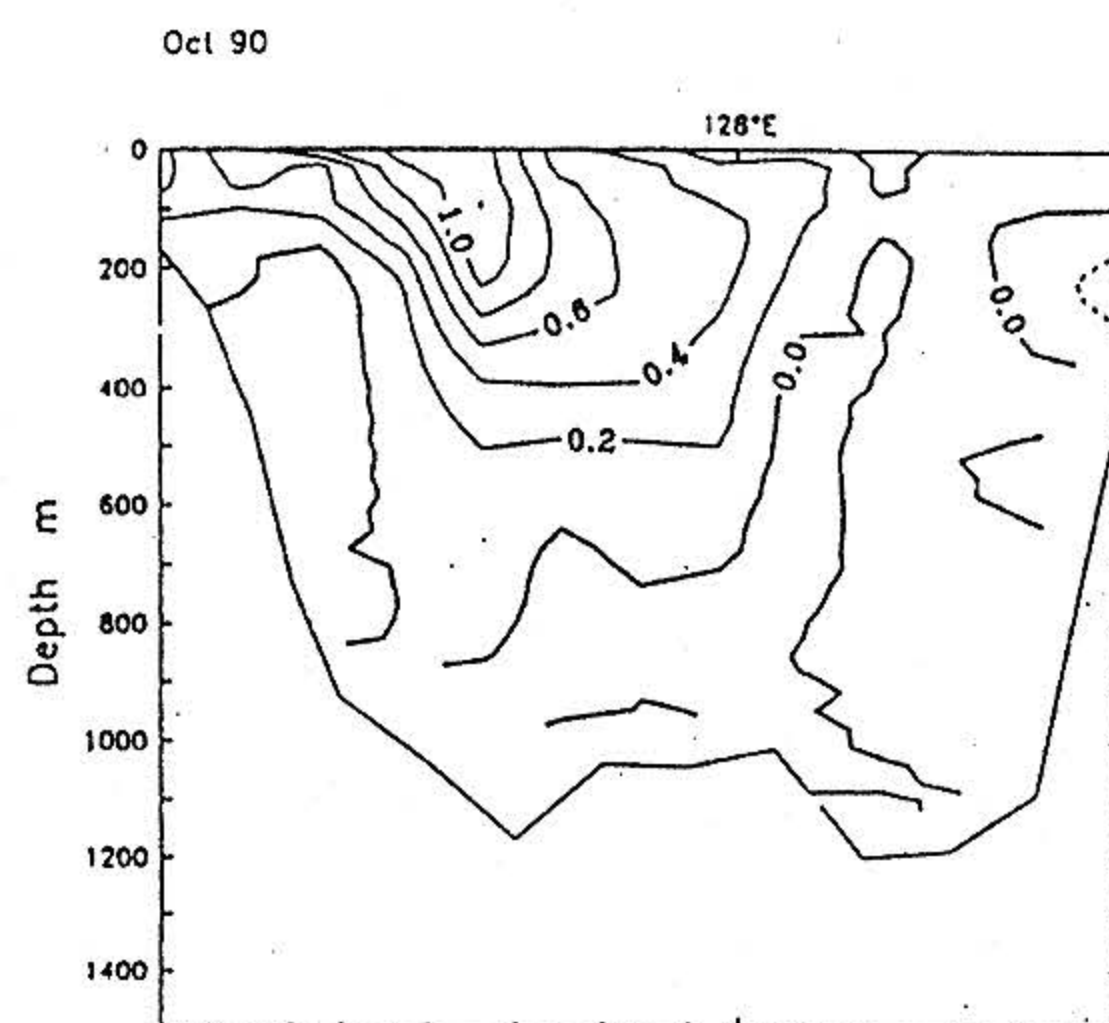
K9010 kuroshio cruise sectionL1 geostrophic velocity



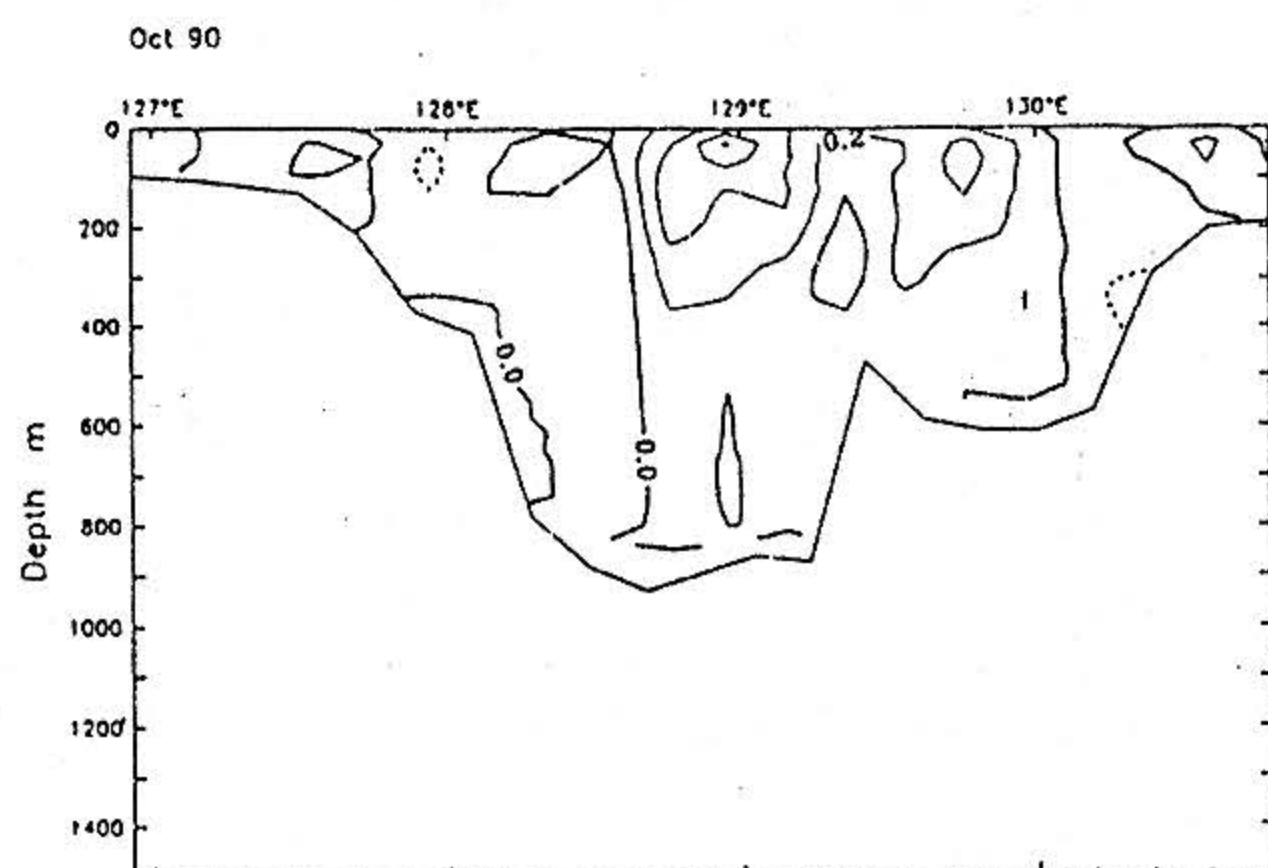
K9010 Kuroshio cruise sectionL4 geostrophic velocity



K9010 kuroshio cruise SectionL2 geostrophic velocity

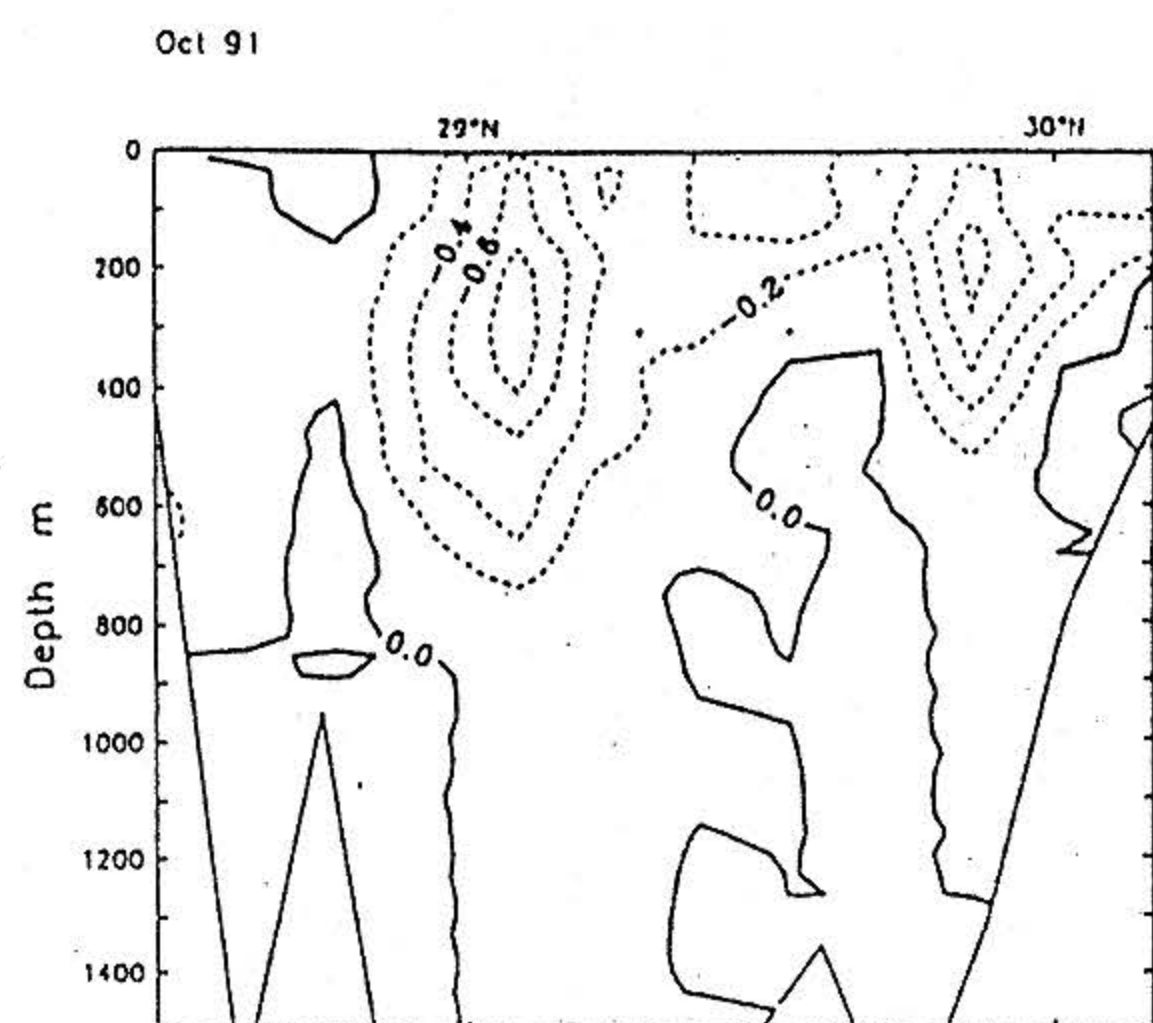


K9010 Kuroshio cruise sectionL5 geostrophic velocity

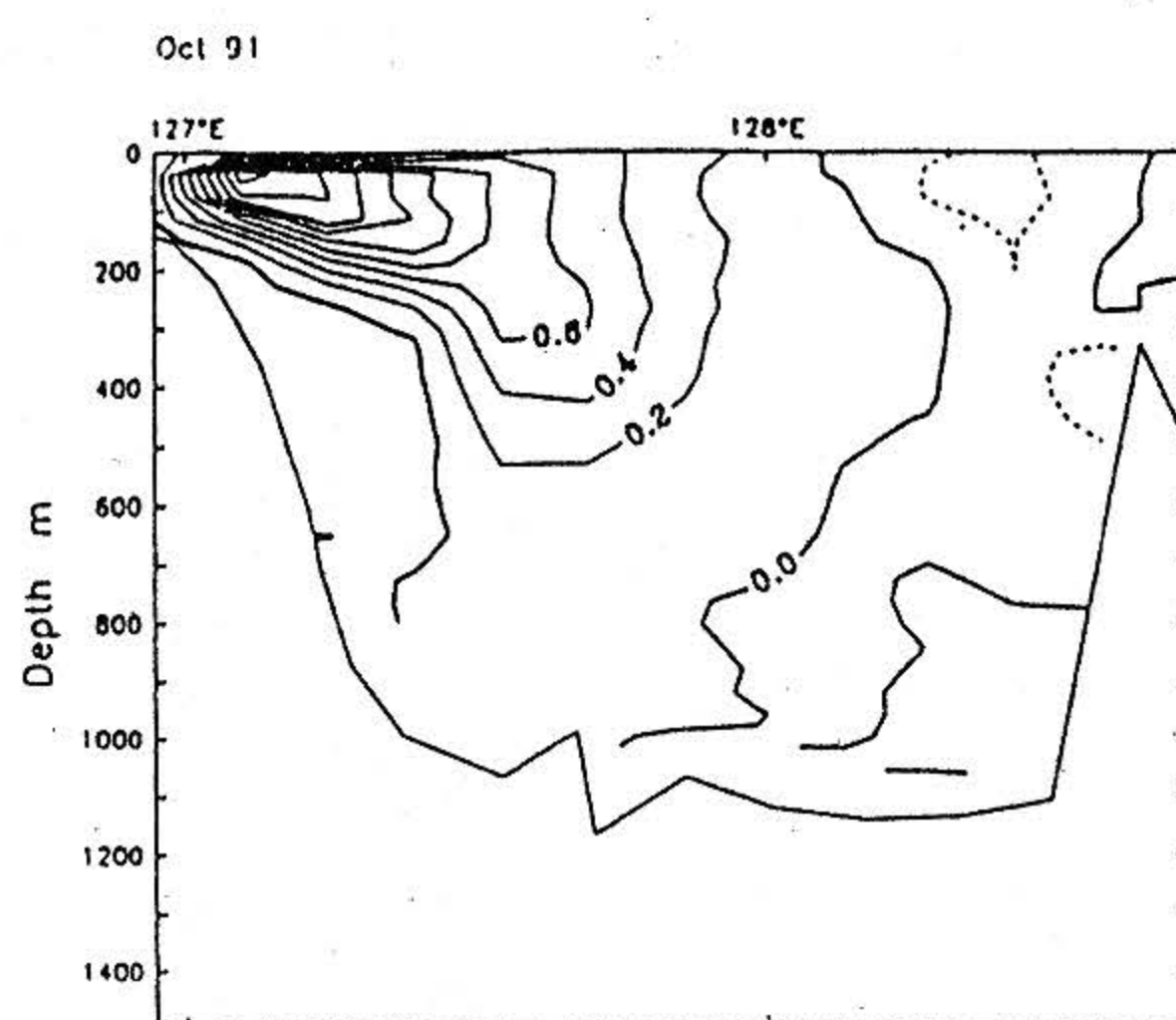


K9010 kuroshio cruise sectionL3 geostrophic velocity

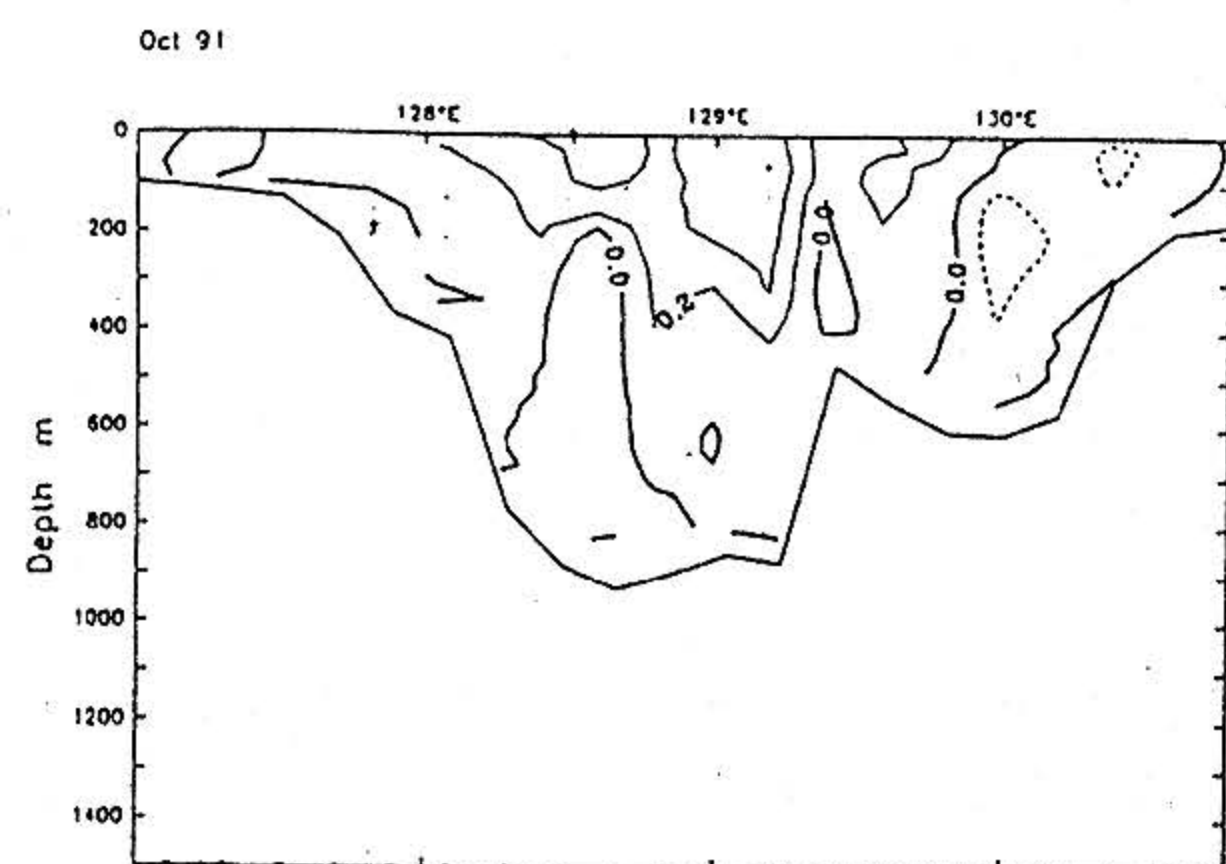
図4 1990年の地衡流計算による流速の鉛直断面図 (m/s)
Fig. 4 Velocity components across in 1990.



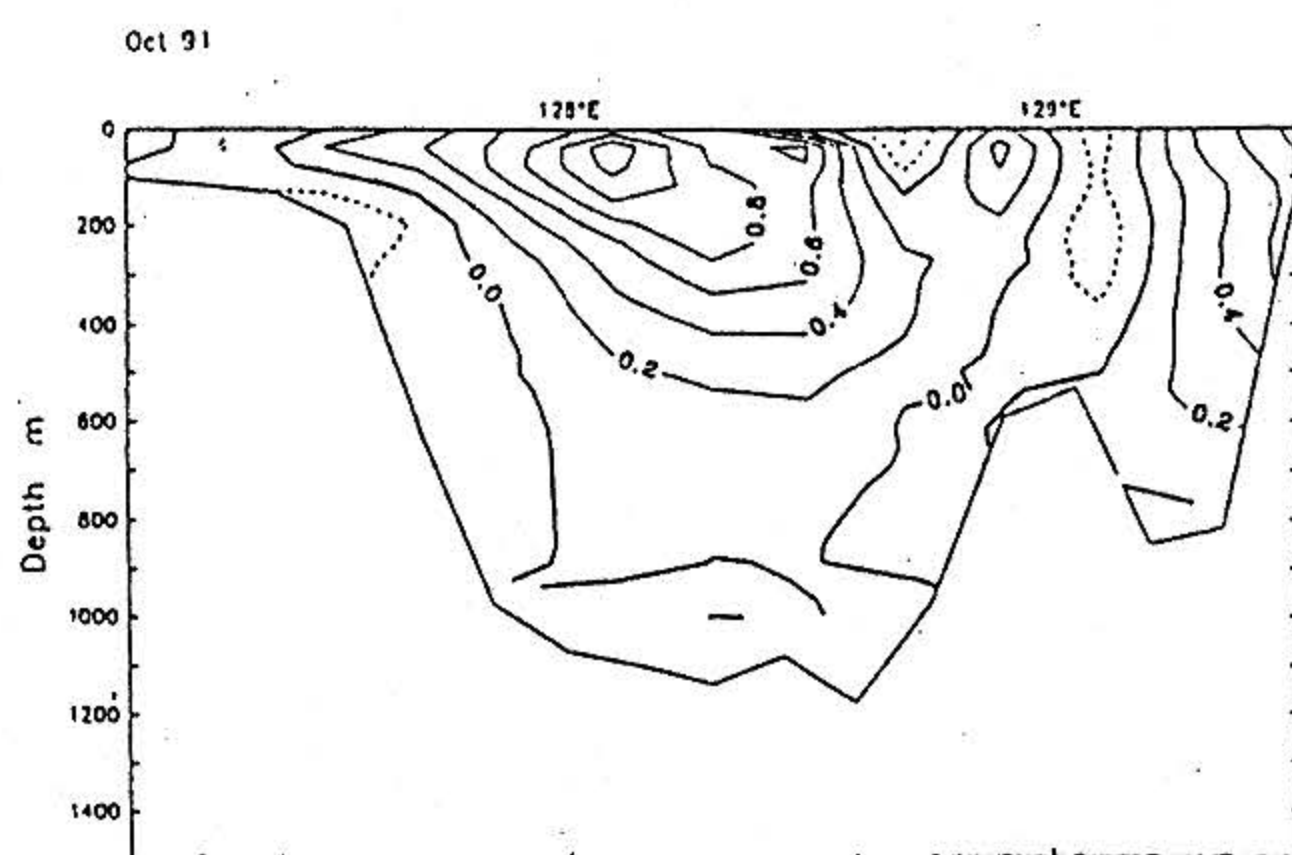
K9110 kuroshio cruise sectionL1 geostrophic velocity



K9110 Kuroshio cruise sectionL4 geostrophic velocity



K9110 kuroshio cruise sectionL2 geostrophic velocity



K9110 Kuroshio cruise sectionL3 geostrophic velocity

図5 1991年の地衡流計算による流速の鉛直断面図 (m/s)
Fig. 5 Velocity components across in 1991.

表1 インバース法を適用するにあたり使用した等密度面 (kg/m^3)
Table 1 Layers of density to use Inverse-methods.

層 名	ポテンシャル密度層		
	1989年	1990年	1991年
第1層目	{ 1023.000	{ 1022.500	{ 1022.500
第2層目	{ 1023.320	{ 1022.900	{ 1023.000
第3層目	{ 1023.600	{ 1023.185	{ 1023.320
第4層目	{ 1024.000	{ 1023.800	{ 1023.600
第5層目	{ 1025.000	{ 1024.500	{ 1023.800
第6層目	{ 1026.000	{ 1025.000	{ 1026.000
第7層目	{	{	{

4.2 方 法

海洋を鉛直方向に等ポテンシャルと等密度面で7層に分け、各層においてポテンシャル密度を一定とした。この7層における密度の値を表1に示す。鉛直7層に分けた一様な密度の層内で質量及び塩分収支が合うように一元連立方程式を作り、その係数行列の逆行列を求めた。方程式を解くにあたり IMSL のソフトウェア⁹⁾を用いて計算を行った。次式の左辺の第1項は、第1層～第7層までの質量保存と第2層～第7層までの塩分保存を示す。さらに、第1層～第7層までのそれぞれの収支を考慮した。第2項は求める順圧流である。右辺の第1項は、質量の不均衡と塩分の不均衡を示す。よって、左辺の第2項の逆行列を求めることにより、無流面上の流速、つまり、順圧流を決定できる。今回、インバース法に適用させる行列は、 $(7+6)$ 行 $\times(42+6)$ 列の行列とした。前項は鉛直方向に分けた層数7、質量収支と表層を除く塩分の層として6とし、後項は測点間数と

層間の数 $(7-1)$ とした。ここで、領域内に入る流量と出る流量の収支がゼロになるように各層内の境界面の密度の値を決めた。

5 黒潮の流量

九州大学応用力学研究所のグループが、1979～1983年にかけて種子島南方海域（トカラ海峡）で行った黒潮の係留観測を用いた直接測流によると、東向きの黒潮の厚さ（無流面深度）はたかだか600m程度であり、その下層には海底地形に沿う弱い南西流が存在することを示している（Take matsu et al. (1986)¹⁰⁾）。本観測でもトカラ海峡を越える東向きの黒潮の厚さは600mで、その下層は海底地形に沿う弱い南西流が存在している。また、石井ら(1986)¹¹⁾が、地衡流速を表層海流計の表層流速で補正して求めた流量は、約30 Svである。中野ら(1990)¹²⁾は黒潮の東向きの流量をインバース法を利用して24～28 Svとしている。インバース法により「無流面」上の流速を決定

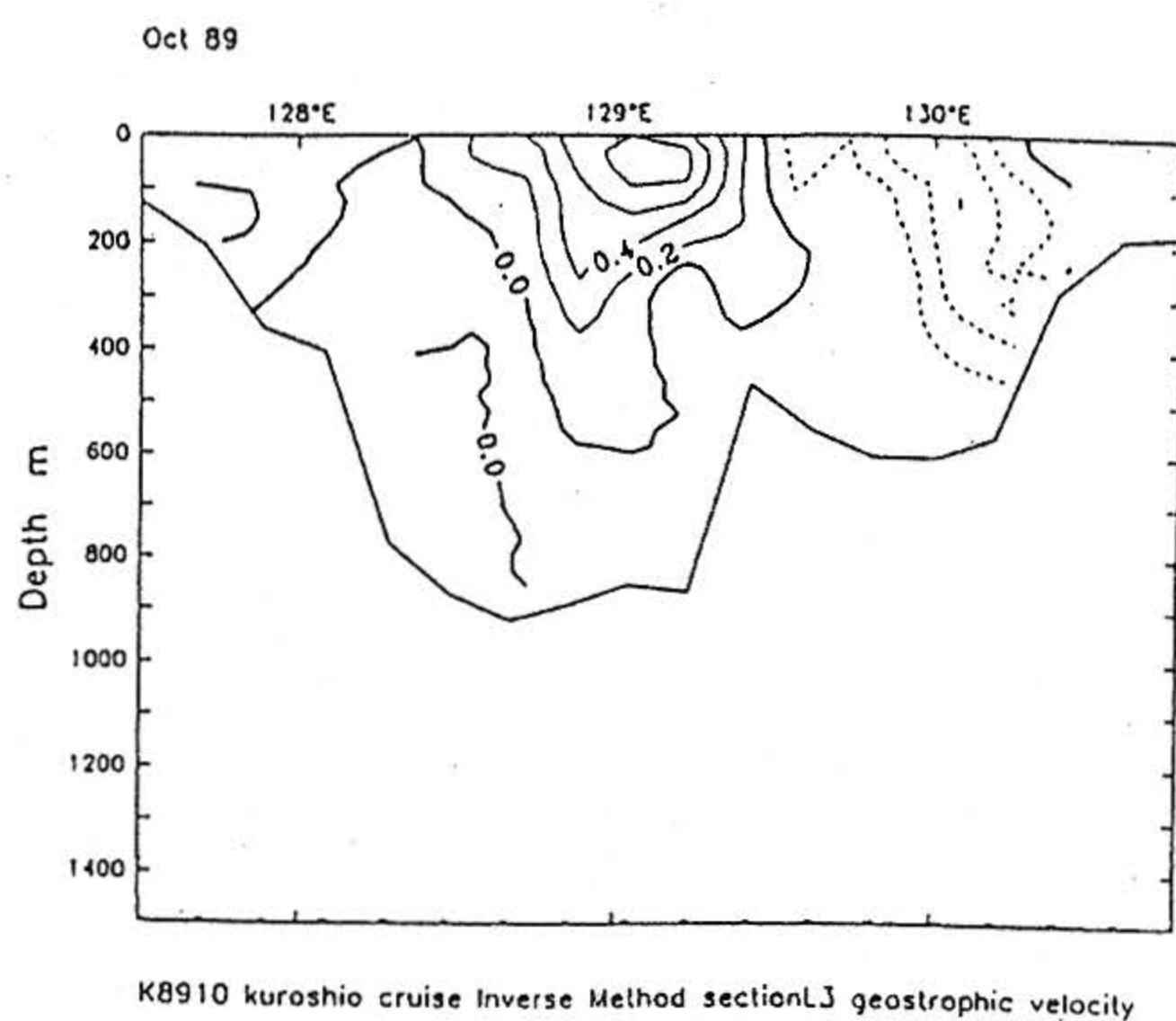
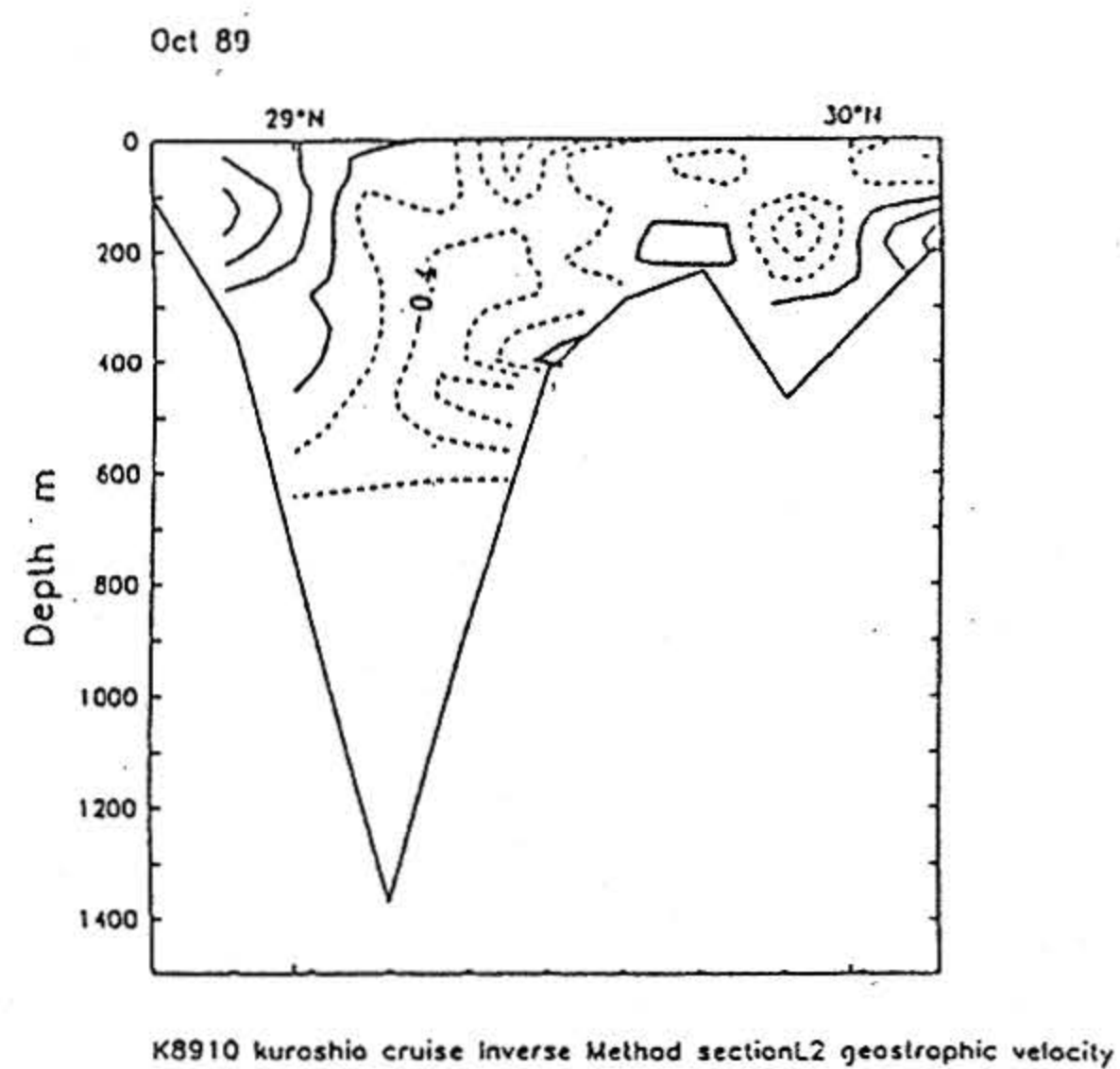
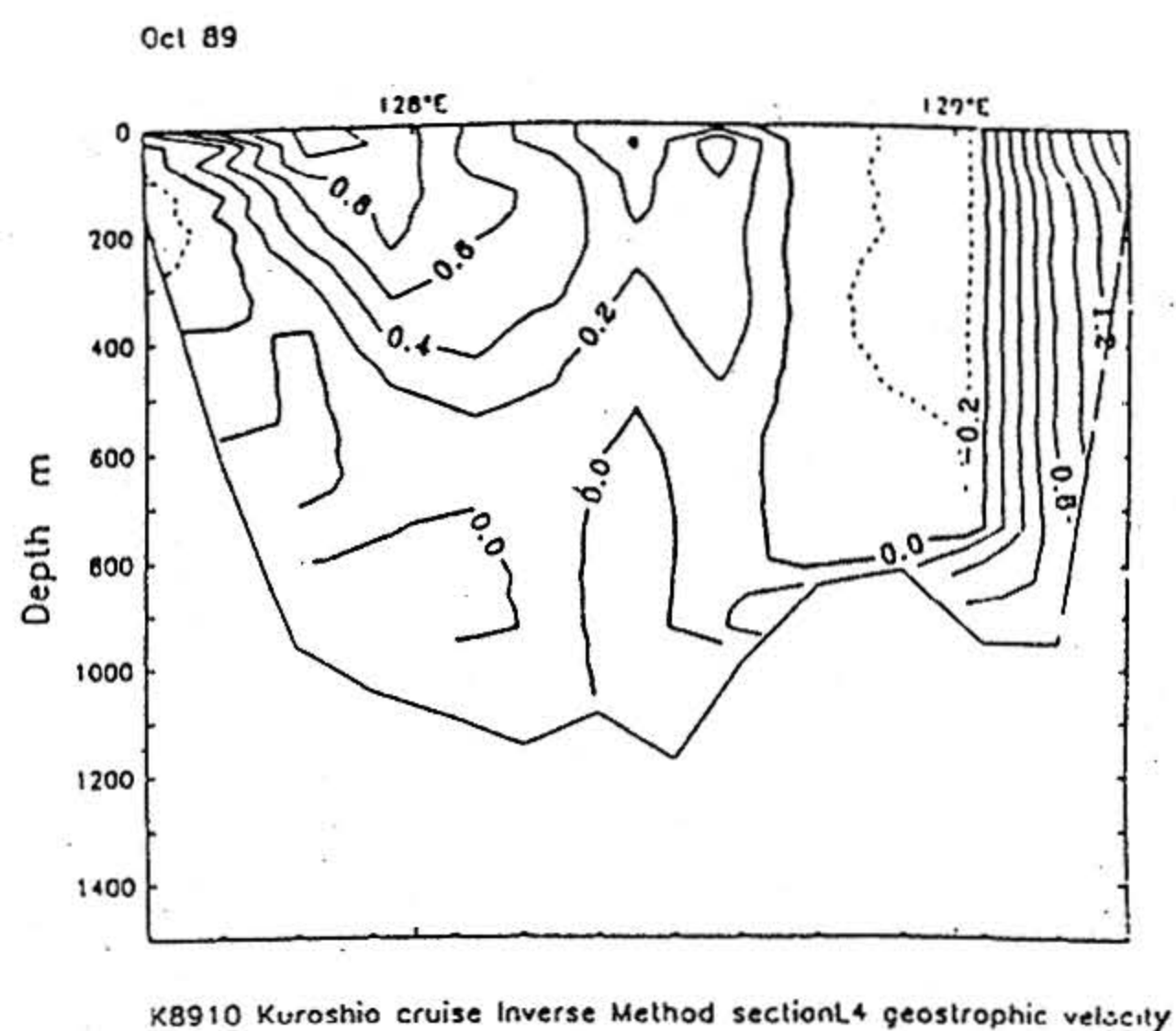
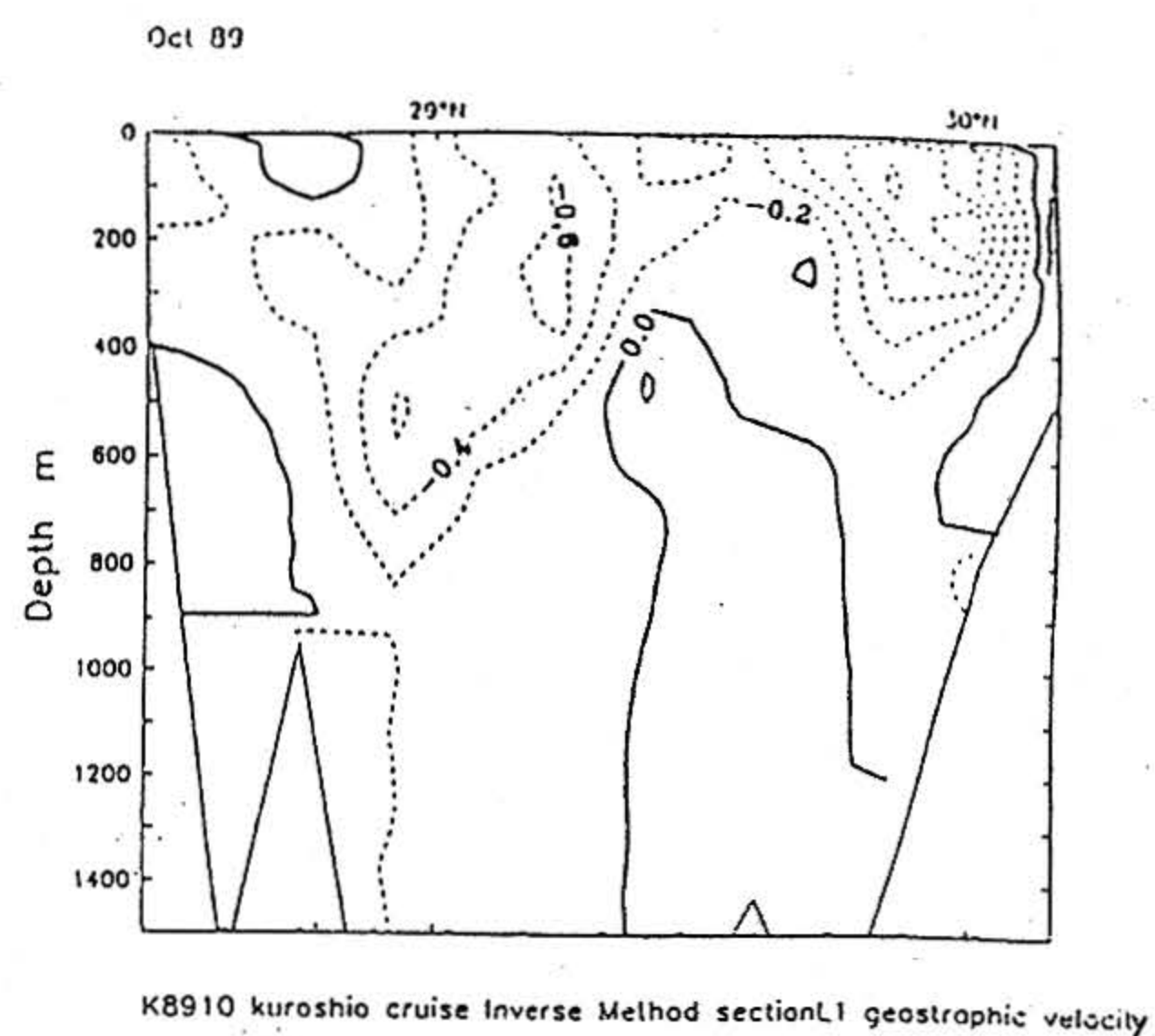


図6 1989年のインバース法による流速の鉛直断面図 (m/s)
Fig. 6 Velocity components across by inverse method in 1989.

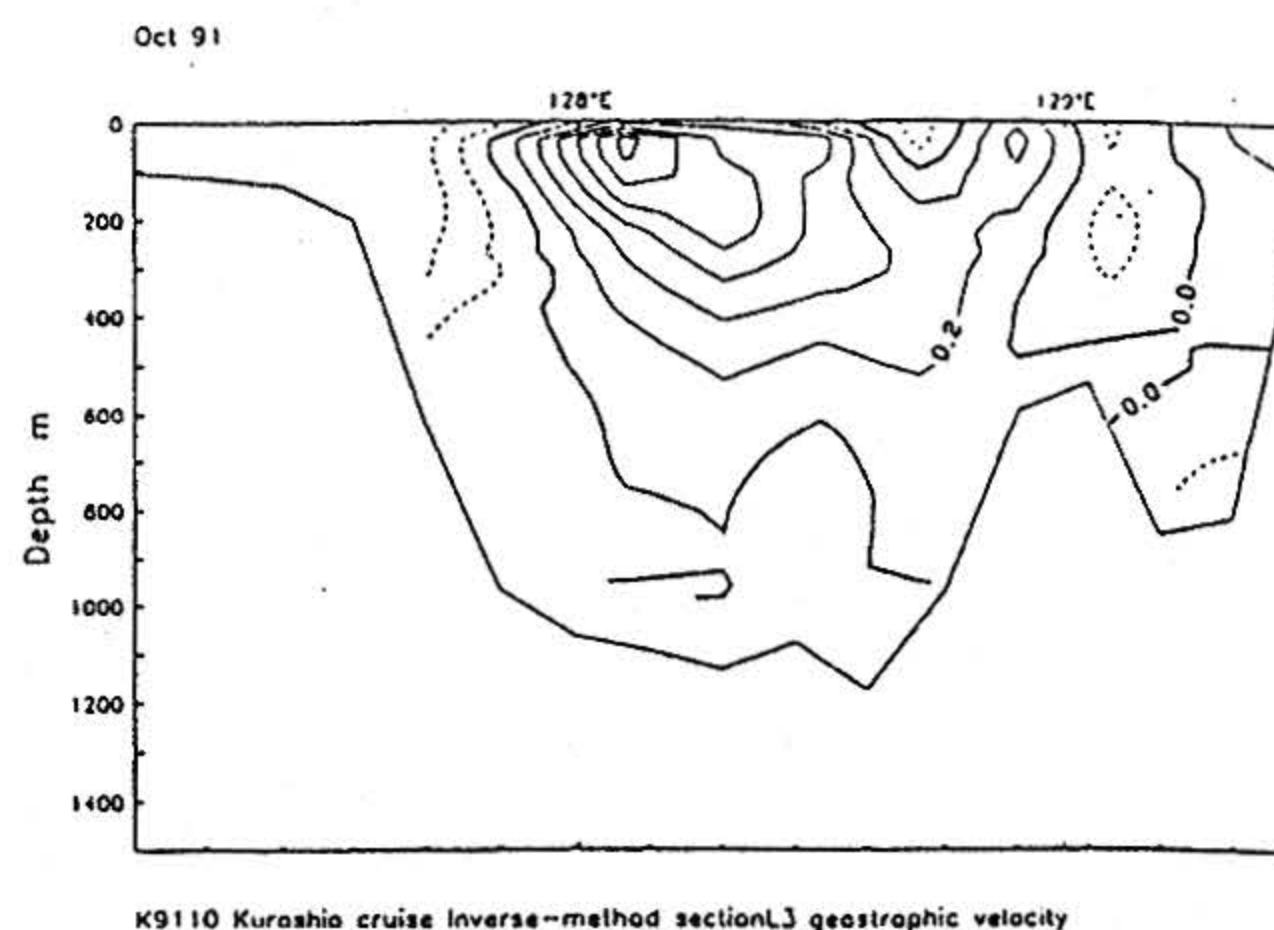
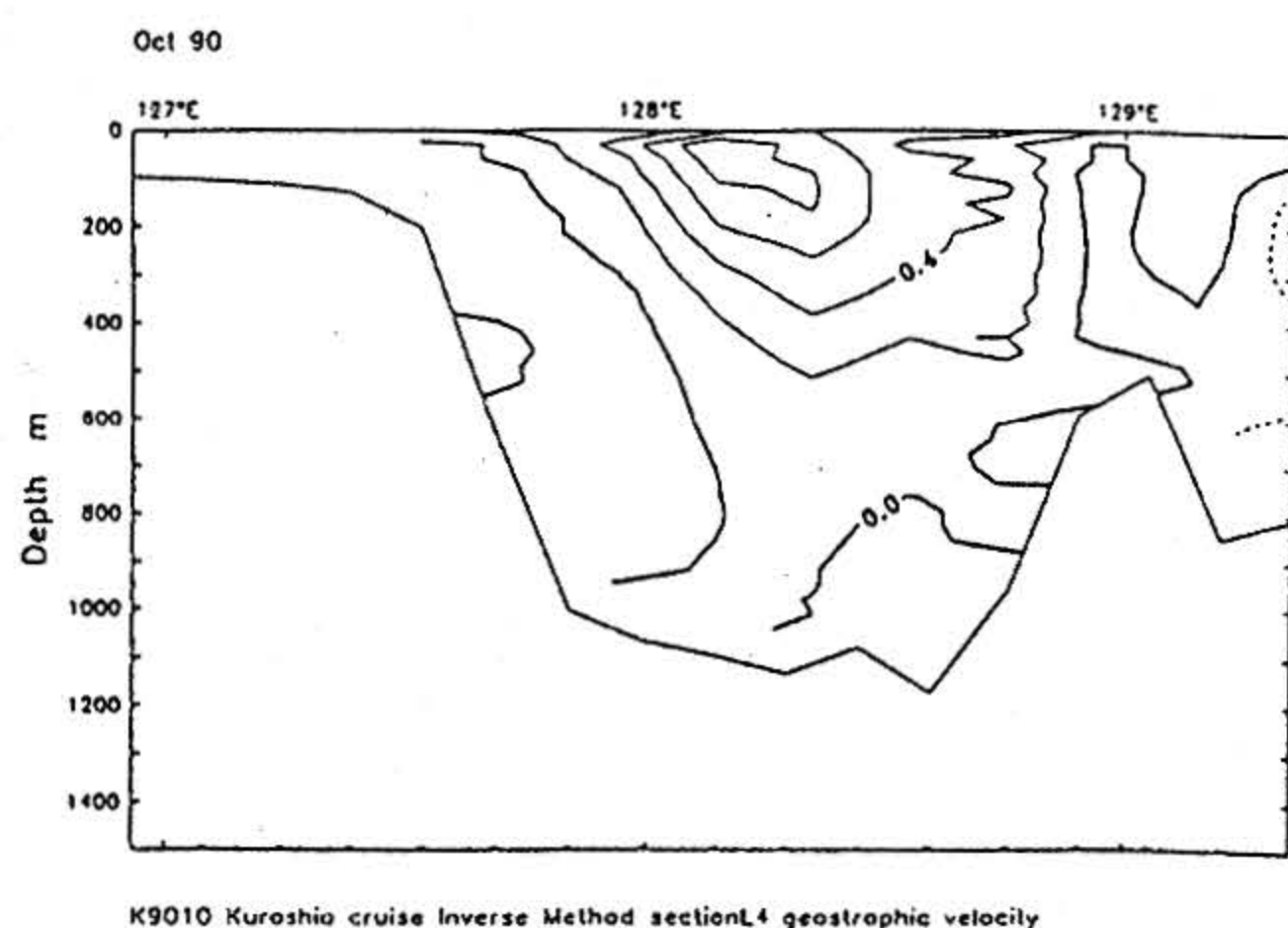
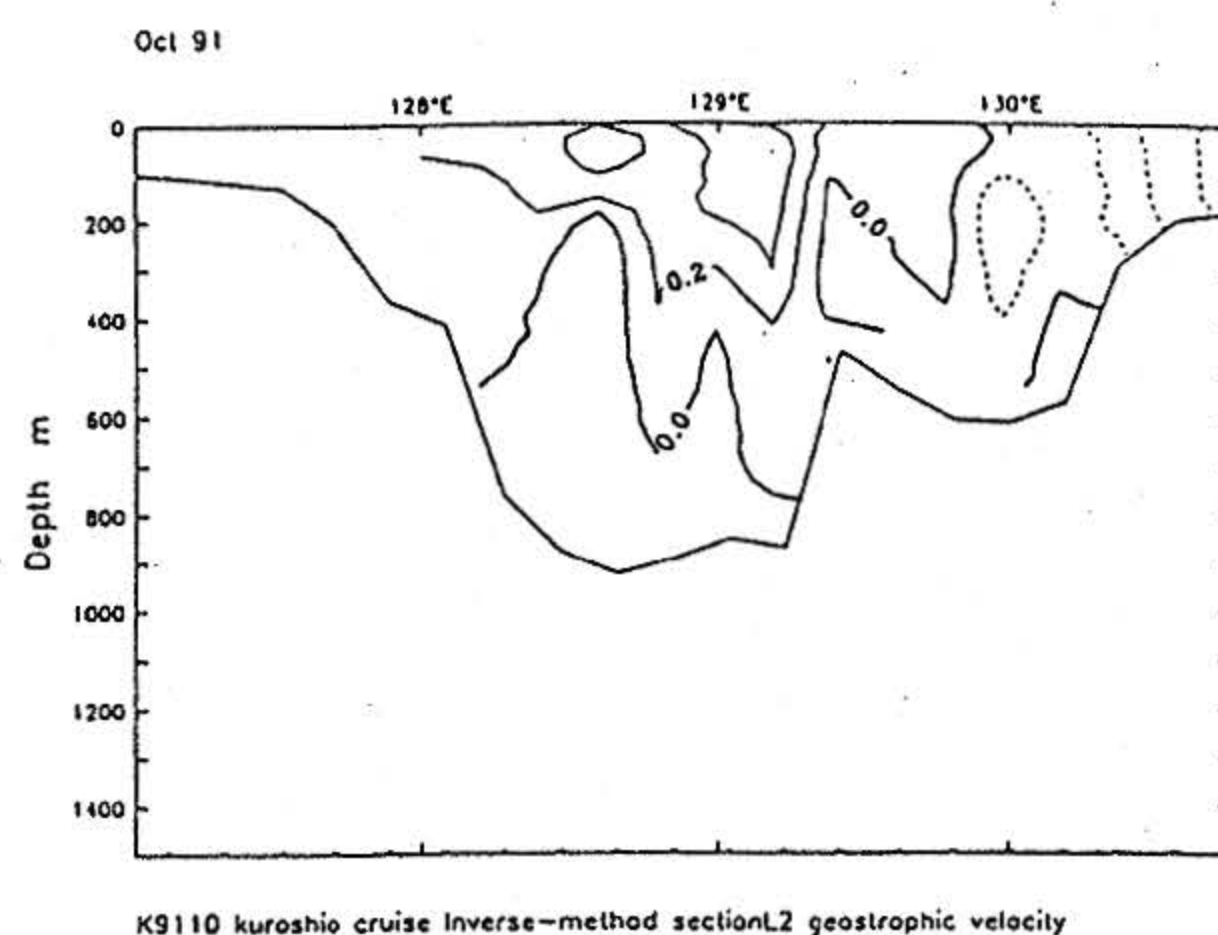
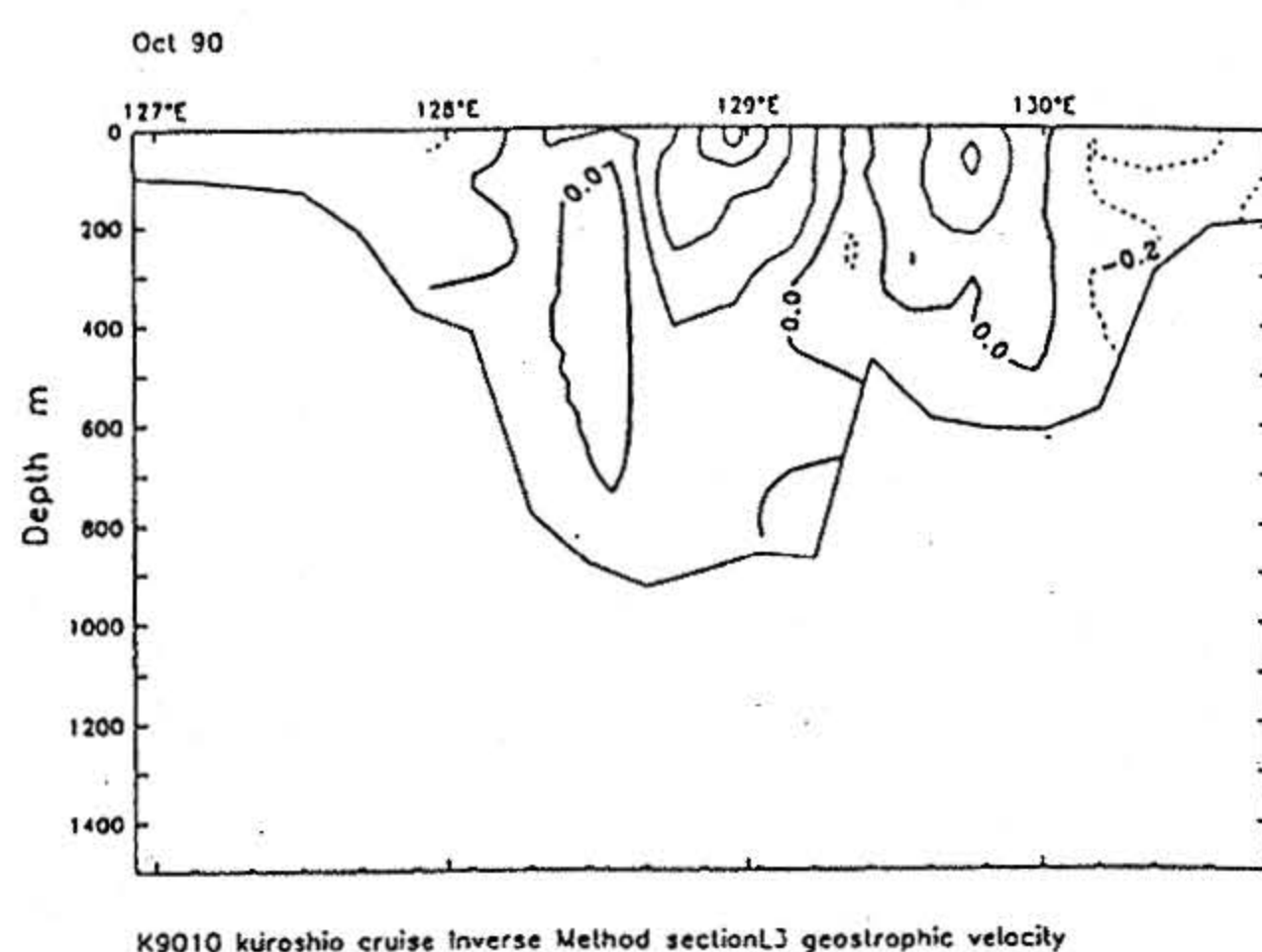
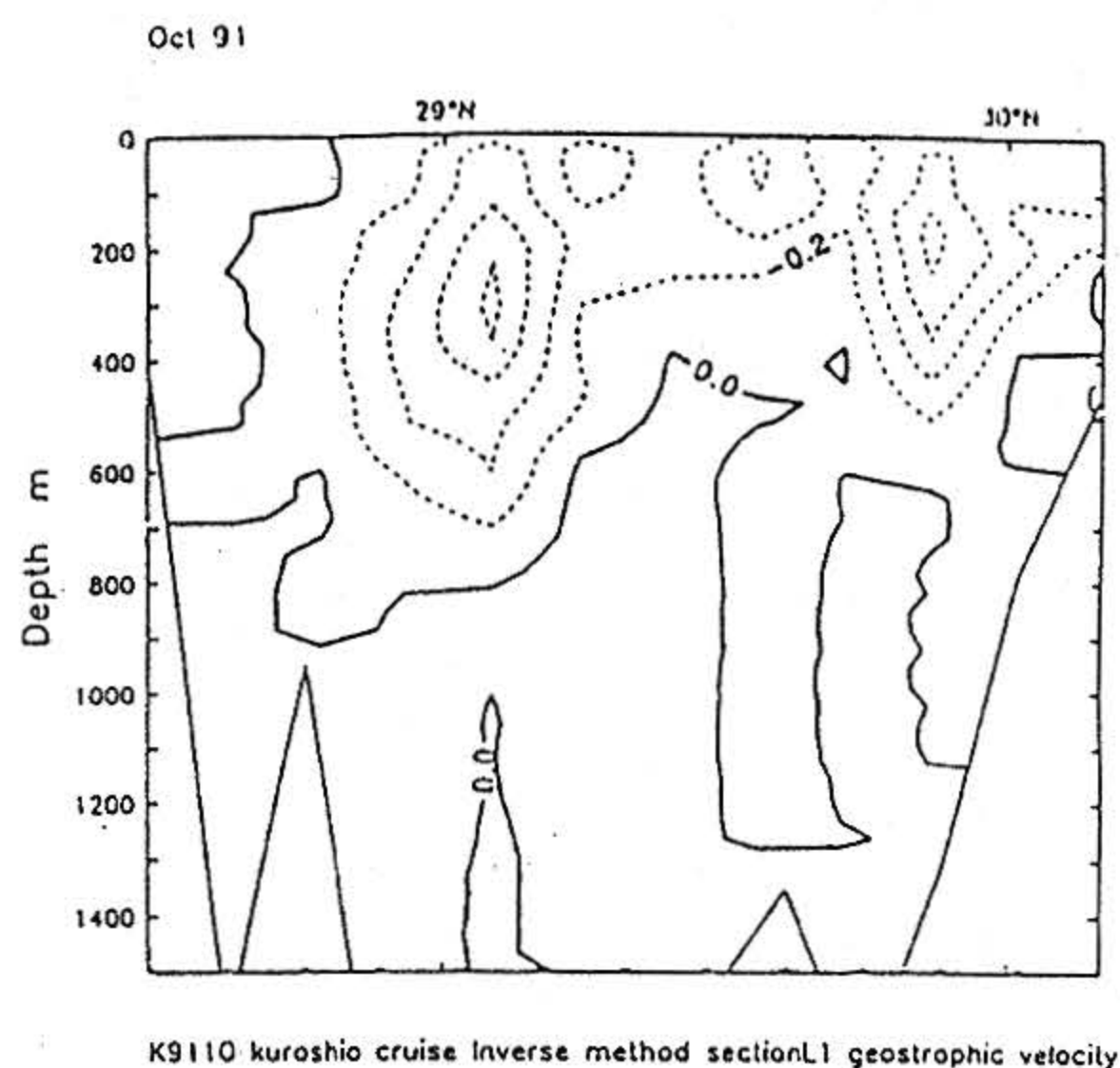
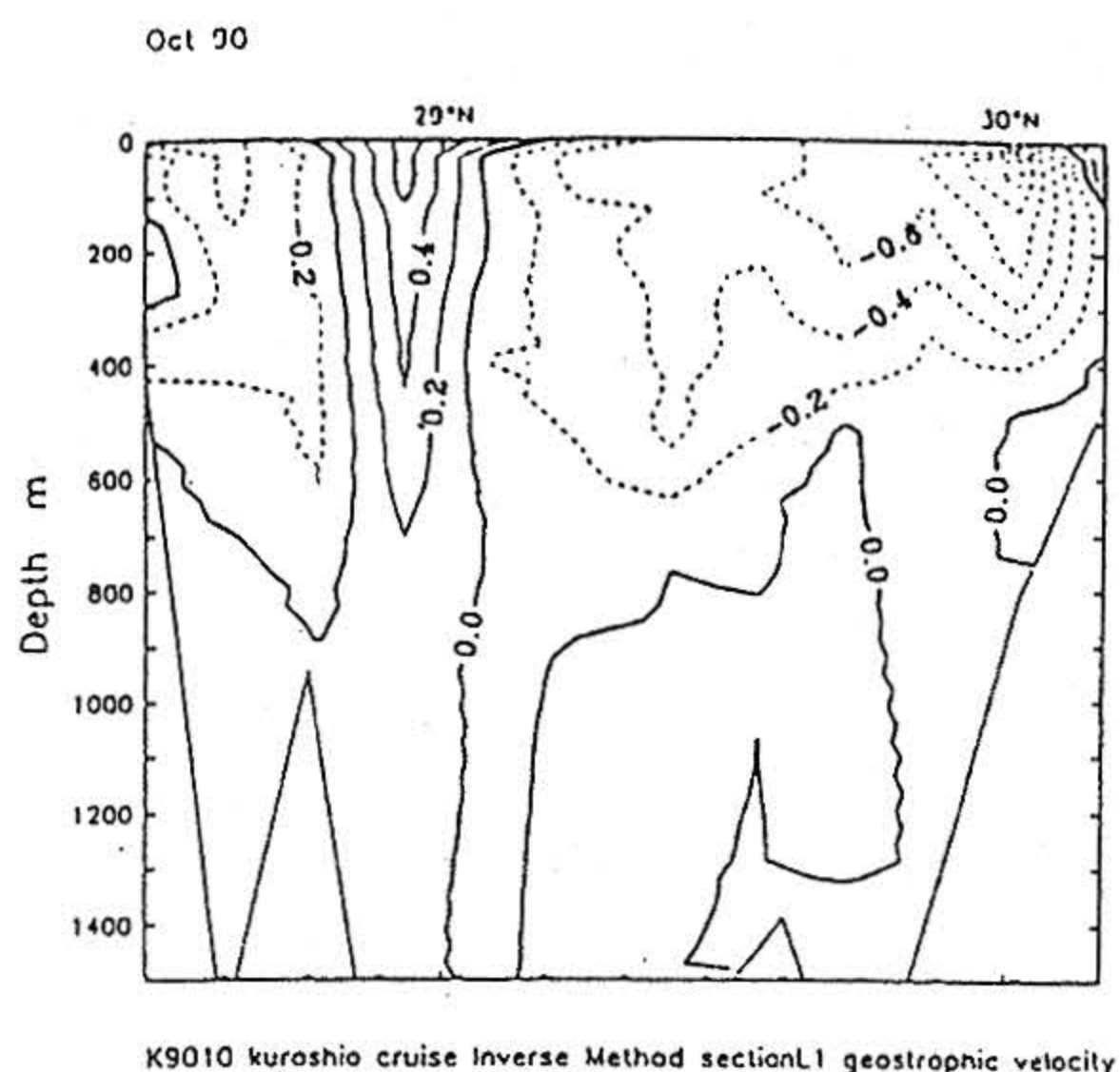


図7 1990年のインバース法による流速の鉛直断面図 (m/s)

Fig. 7 Velocity components across by inverse method in 1990.

図8 1991年のインバース法による流速の鉛直断面図 (m/s)

Fig. 8 Velocity components across by inverse method in 1991.

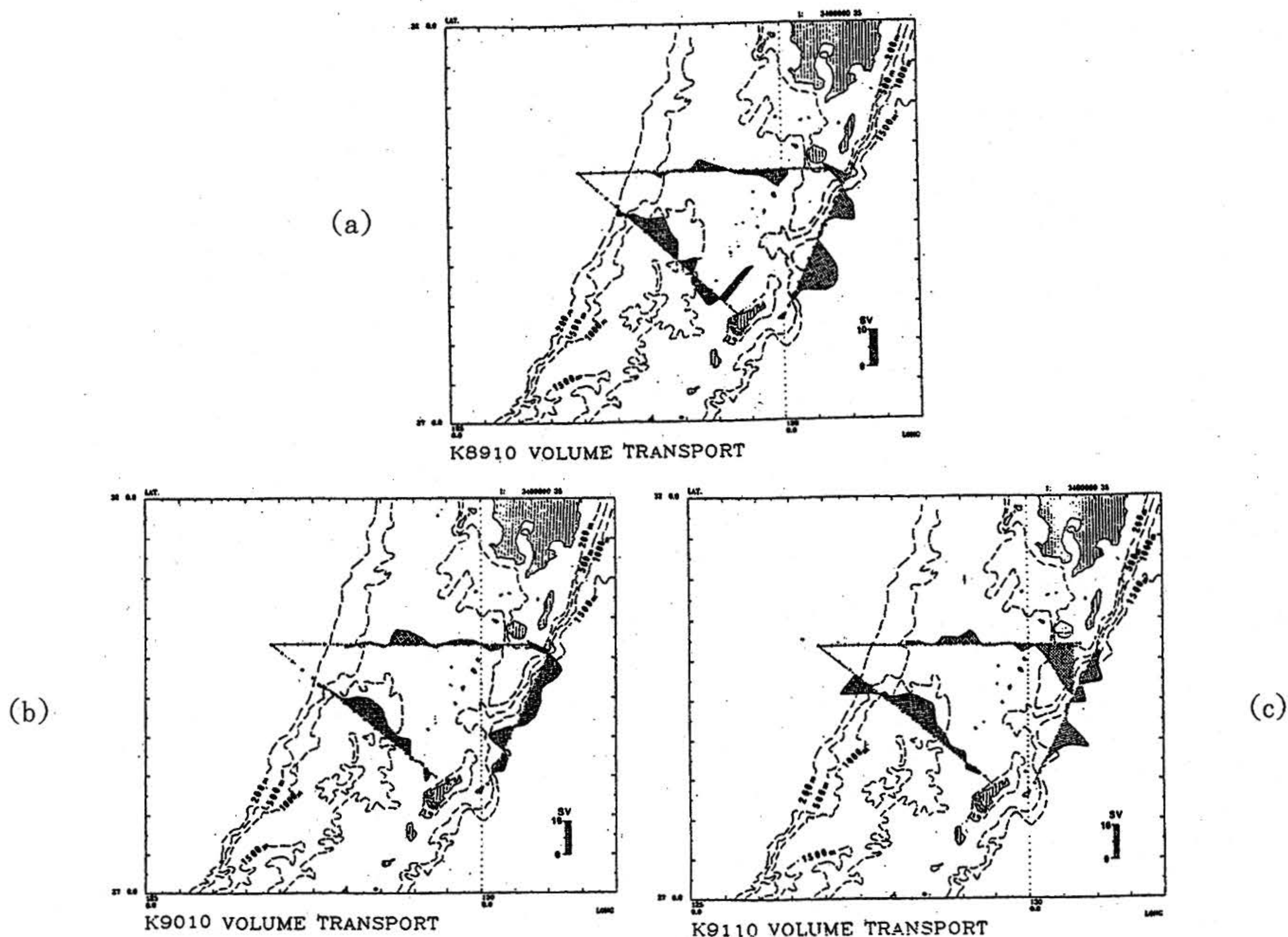


図9 1989年10月 (a), 1990年10月 (b), 1991年10月 (c) の各測線を通過する流量 (1 Sv=10⁶ m³/s)
 Fig. 9 Volume transport in October 1989 (a), in October 1990 (b) and in October 1991 (c).

表2 東シナ海からトカラ海峡を通過する各側線のネットの流量
 左：地衡流量 右：インバース法による流量
 正：三角形の領域への流入 負：三角の領域からの流出

Table 2 Volume transport from East China sea to Tokara Channel.
 Left column is the Volume transport obtained by geostrophic method, and Right column is the Volume obtained transport by Inverse method.

(単位：Sv)

	1989年		1990年		1991年	
北西－南東方向の測線	23.0	27.4	26.1	21.8	34.1	20.4
東－西方向の測線	－6.3	3.2	－10.0	－7.7	－6.4	7.5
北東－南西方向の測線	－31.3	－30.3	－27.2	－13.5	－35.7	－27.9
閉じた測線内の収支	－14.6	0.3	－11.3	0.6	－0.8	0.1未満

し、この流速を地衡流速に加算した結果を図6～図8に示す。図中の実線は各測線上で低緯度から高緯度の方向へ流れる流速 (m/s)、破線は逆向きの流速である。地衡流計算のみで示した図3～図5とインバース法で計算した流速の鉛直断面分布の図を比較すると、インバース法で計算した結果の方がどの測線上においても反流成分が強められている。

図9に1989, 1990, 1991年の東シナ海の各測線における流量を示した。黒潮が流入する際に200, 500, 1000mの等深線に沿って北上するということと、 30°N 線を越える水深が浅くなるため黒潮は東に迂回し、トカラ海峡部では 29°N 付近の谷筋に沿って潮流の出入りが見られる。また、その北部では各年とも太平洋へ流出している。この図から黒潮の流れは海底地形に大きく依存していることが示唆される。トカラ海峡において、東シナ海から太平洋へ出ていく成分を積分した量を黒潮の流量と定義すると、黒潮の流量は1989年に40.6 Sv, 1990年に30.8 Sv, 1991年に29.3 Svとなった。

表2に1989年10月, 1990年10月, 1991年10月の東シナ海からトカラ海峡を通過する黒潮の各測線に対する地衡流量及びインバース法による流量収支計算の結果を示す。インバース法を適用すると領域内に入る流量と出る流量の収支はゼロになるが、地衡流の計算では、これが8.0～14.6 Svとなり、インバース法ではこれが小さく領域内で流量の生成や消滅が小さいことを示している。

6 まとめと結論

本研究では、地衡流計算にインバース法による流速を加算し流量を求めた。閉じた領域の流量の収支をゼロに近づけるように各層間の境界面の密度を選んだところ、安藤ら(1992)⁸⁾の使用した各層の密度の値とは違う密度を使用することになった。このようにすると閉じた領域内における流量の収支が各測線上での流量の10% から0.1%になった。今回使用した各層の密度の値が現実の海の各層の密度と対応させて妥当なものであるかどうかの検討が今後の課題である。本研究においてトカラ海峡を越えていく黒潮の東向きの流量の合計は1989年40.6 Sv, 1990年30.8 Sv, 1991年29.3 Svと

なった。

謝 辞

データ解析にあたり、海洋研究部の中本正一郎氏、米山邦夫氏に助言をいただいた。観測航海中においては、「かいよう」船長をはじめ乗組員の方々から多大な協力を得ました。

参考文献

- 1) Tsuchiya, M.: On the Pacific upper-water circulation. *J. Mar. Res.*, **40** (suppl.), 777-799. (1982)
- 2) Trenberth, K. E.: Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **71**, 988-993. (1990)
- 3) Hanawa, K., T. Watanabe, N. Iwasaka, T. Suga and Y. Toba: Surface thermal condition in the western North Pacific during ENSO events. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 445-456. (1988)
- 4) Watanabe, T.: A study concerning formation processes of sea surface Temperature anomalies in the western North Pacific-The role of the east Asian wintertime monsoon-. Doctoral Dissertation (in Japanese), Department of Geophysics, Tohoku University, Sendai, 220pp. (1989)
- 5) Suga, T., K. Hanawa and Y. Toba: Subtropical mode water in the 137°E section. *J. Phys. Oceanogr.*, **19**, 1605-1618. (1989)
- 6) Kawabe, M.: Spectral properties of sea level and time scale of kuroshio path variations. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **43**, 111-123. (1987)
- 7) Wunch, C.: The North Atlantic General Circulation West of 50°W Determined by Inverse Methods. *Rev. Geophys.* **16**, 583-620. (1978)
- 8) 安藤健太郎・米山邦夫・黒山順二・美澄篤信: 東シナ海トカラ海峡周辺海域の黒潮の流れの場の計算. 黒潮の開発利用調査研究成果報告書, 科学技術庁開発局, 264-275. (1992)

- 9) IMSL, Inc. : USER'S MANUAL - MATH / LIBRARY, VERSION 1.0, 278-281. (1987)
- 10) Takemastu, M., K. Kawatake, W. Kotera-yama, T. Suhara and H. Mitsuyasu : Moored instrument observations in the kuroshio South of Kyusyu. J. Oceanogr. Soc. Japan. **42**, 201-211. (1986)
- 11) 石井春夫・道田豊・西田英男 : ドップラーログ測流から得た黒潮流量. 黒潮の開発利用の調

査研究成果報告書 (その9), 科学技術庁研究開発局, 167-180. (1986)

- 12) 中野俊也・金子郁雄・高槻靖 : 九州南方トカラ海峡の黒潮流量, 黒潮の開発利用調査研究成果報告書, 科学技術庁研究開発局, 87-97. (1990)

(原稿受理 : 1993年4月28日)

付 録

1 水温

各測線における水温の鉛直分布を図10～図12, 塩分の鉛直分布を図13～図15, 密度の鉛直分布を図16～図18に示した。各図は低緯度方向から見た各測線の鉛直断面である。縦軸に水深, 横軸に緯度または経度を示す。図中下部の黒点は測点を示す。

(1) 1989年10月の水温の鉛直分布

測線L5断面 (図10(e)), 測線L3断面 (図10(c)), 測線L2断面 (図10(b)), 測線L1断面 (図10(a)) の各測線の水温は, 表層で20.6°C, 下層650mで6.0°Cである。但し, 測線L2断面 (図10(b)) は, 29°24'Nの水深700m付近及び30°Nの水深300m付近では水温の逆転が存在する。測線L6断面 (図10(f)) は, 表層で24.0°C, 水深800mで4.0°Cとなっており, 水温は他の測線の同水深よりも約2～4°C低い。

(2) 1990年10月の水温の鉛直分布

測線L5断面 (図11(e)), 測線L4断面 (図11(d)), 測線L3断面 (図11(c)) の各測線の水温は表層で26.0°C, 下層650mで6.0°Cとなる。測線L5断面 (図11(e)) の127°48'Eの表層26.0°C以上の高温域は, 測線L4断面 (図11(d)) では128°12'Eに見られる。このことは, 26.0°C以上の高温帯が南西方向から北東方向に連なることを示している。測線L3断面 (図11(c)) は, 前述の26.0°C以上の高温域が129°48'E付近に現れている。

トカラ海峡部の測線L1断面 (図11(a)) は, 表層付近の26.0°C以上の高温域が29°12'Nより南に

見られ, 30°N 付近では, 鉛直方向に等温度線の盛り上がりが見られる。

水深800m以深では水深が6.0°C～4.0°Cとなっている。測線L2断面 (図11(b)) は, 126°48'E付近を境にして西と東で温度分布が異なる。126°48'Eより西の海域は23.0～24.0°Cまでの水温分布がみられ, フロントが90m以深で発達を遮られている。東の海域の温度分布は, 表層から60m付近まで24.0°Cとなり, 水深70m付近では温度躍層の上部に水温の逆転が見られる。

(3) 1991年10月の水温の鉛直分布

測線L4断面 (図12(d)) は, 127°36'E付近で26.0°C以上の高温域が存在しており, 海底に向かって徐々に水温が低下し, 水深700m付近で6.0°Cとなる。測線L3断面 (図12(c)) の水温分布は, 127°Eから129°Eにかけて表層100m以浅では一様に26.0°Cとなり水深700m付近で6.0°Cとなっている。測線L4断面 (図12(d)), 測線L3断面 (図12(b)) とともに大陸棚縁辺部斜面で等温度線の盛り上がりが見られる。測線L2断面 (図12(b)) でもやはりこの傾向は同じであり, 水深600mで6.0°Cとなっている。トカラ海峡部の測線L1断面 (図12(a)) は表層下100mで26.0°C, 水深850mで4.0°Cとなっている。

2 塩分

(1) 1989年10月の塩分の鉛直分布

測線L5断面 (図13(e)), 測線L4断面 (図13(d)) では河川の流入と見られる塩分の最小値34.0と高塩分水の流入と見られる最大値34.8が存在しており, 塩分値34.8は黒潮に代表される。測線L5断面

(図13(e))から測線L4断面(図13(d))において、高塩分水が南西から北東方向へ移動している。塩分値34.0は 128°E から 129°E の水深約100mまでの表層で分布している。測線L6断面(図13(f))では、表層から水深400mまで塩分値34.8の水塊が分布している。その下部を塩分値34.3が分布している。

(2) 1990年10月の塩分の鉛直分布

測線L5断面(図14(e))、測線L4断面(図14(d))では塩分の最小値34.0、黒潮を代表する最小値34.8が認められている。測線L5断面(図14(e))から測線L4断面(図14(d))において、高塩分水が南西方向から北東方向へ移動している。塩分値34.0は 128°E から 129°E の水深約100mまでの表層で分布している。測線L2断面(図14(d))では $126^{\circ}48'\text{E}$ を境にして東と西に塩分値33.9と34.0が分布している。

(3) 1990年10月の塩分の鉛直分布

測線L4断面(図15(d))では水深100~250mに塩分値が34.8で最大となり、大陸棚縁辺部から沖縄トラフ東部まで広く分布している。測線L3断面(図15(c))及び測線L4断面(図15(d))では、水深100~200mで塩分値が34.8で最大となっており、黒潮を代表する高塩分水が大陸棚斜面部に認められる。測線L2断面(図15(b))では塩分最大値がさらに東に100kmの 129°E 付近に移動している。表層の低塩分分布も広がっている測線L1断面(図15(a))のトカラ海峡部では、塩分値34.8が水深100~250m付近に分布している。また、水深400~600m付近に塩分値34.3が分布し、黒潮とは異なった北からの流れが流入している。

3 密度

(1) 1989年10月の密度の鉛直分布

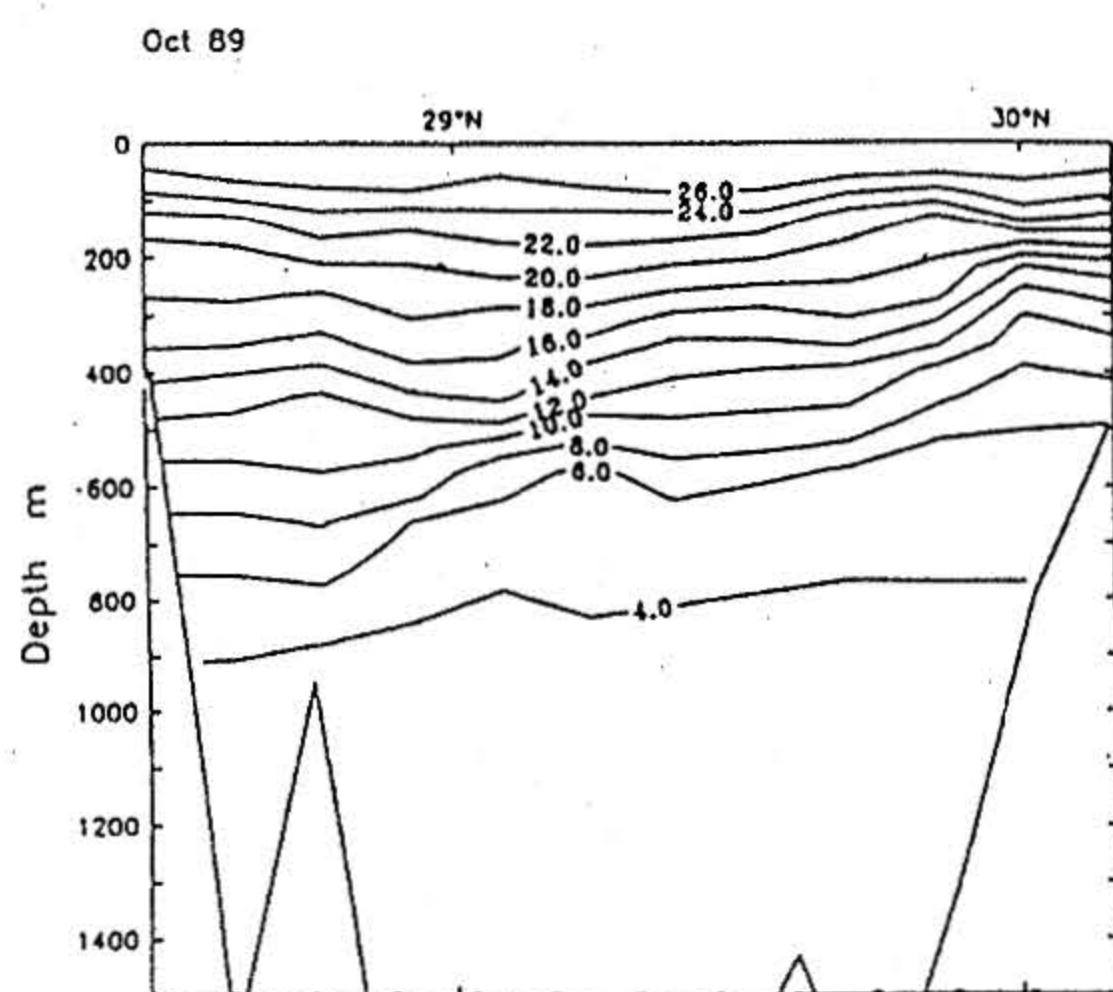
測線L5断面(図16(e))、測線L4断面(図16(d))では密度 1022.5kg/m^3 が $127^{\circ}48'\text{E}$ を中心として、海面から水深100mに分布している。測線L3断面(図16(c))では南から流れてきたと考えられる 1022.5kg/m^3 が 129°E を中心に海面から水深100mに分布している。測線L2断面(図16(b))、測線L1断面(図16(a))でも 1022.5kg/m^3 が海面から水深100mに一様に分布している。測線L6断面(図16(f))では海面から水深100mまで 1024.0kg/m^3 と、東シナ海側の水深100mまでの密度に比べて高くなっている。

(2) 1990年10月の密度の鉛直分布

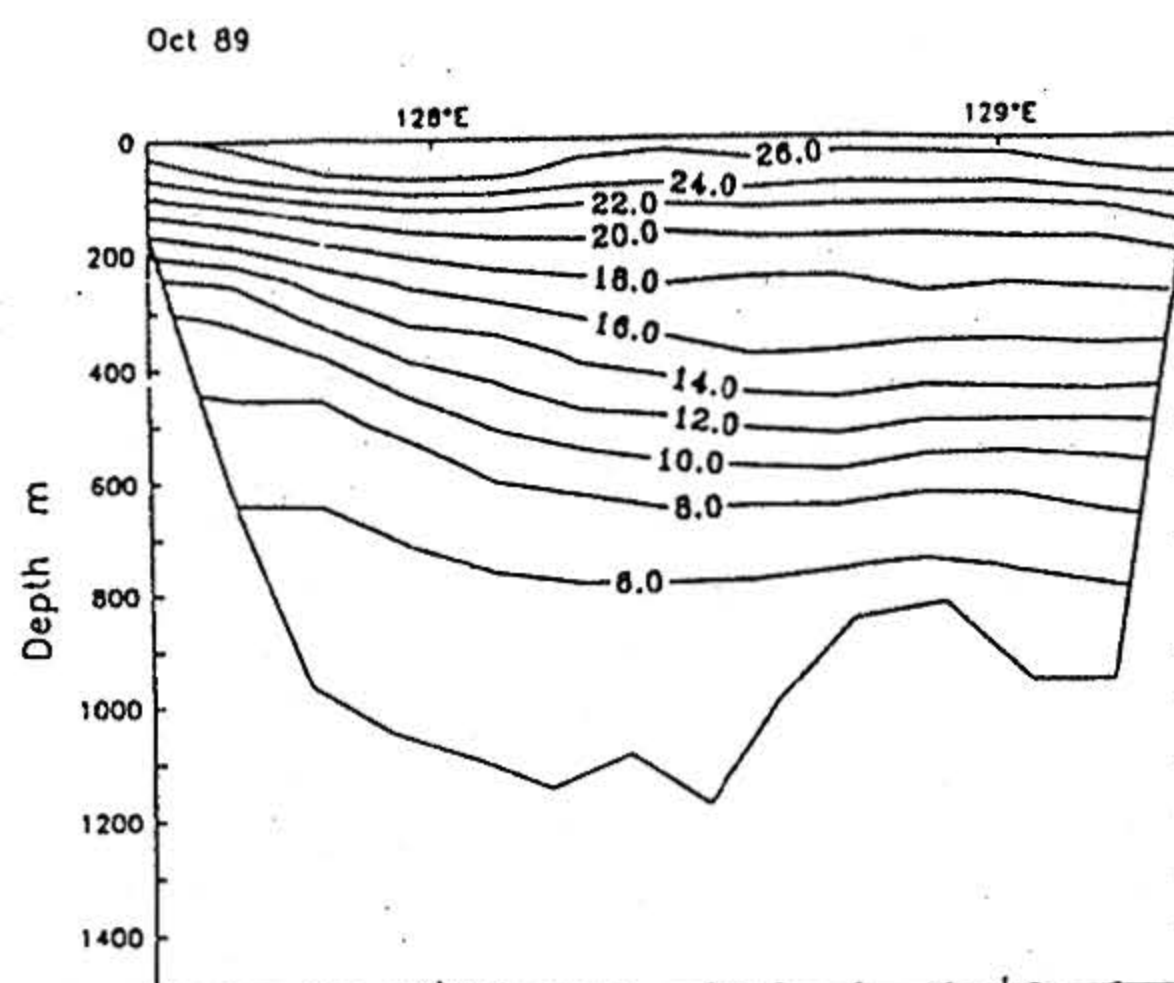
測線L5断面(図17(e))、測線L4断面(図17(d))では密度 1022.5kg/m^3 が $128^{\circ}48'\text{E}$ を中心として、海面から水深80mに分布している。測線L3断面(図17(c))では南から流れてきたと考えられる 1022.5kg/m^3 が 129°E を中心に海面から水深100mに分布している。測線L1断面(図17(a))では 1023.0kg/m^3 が海面から水深100mに分布している。

(3) 1991年10月の密度の鉛直分布

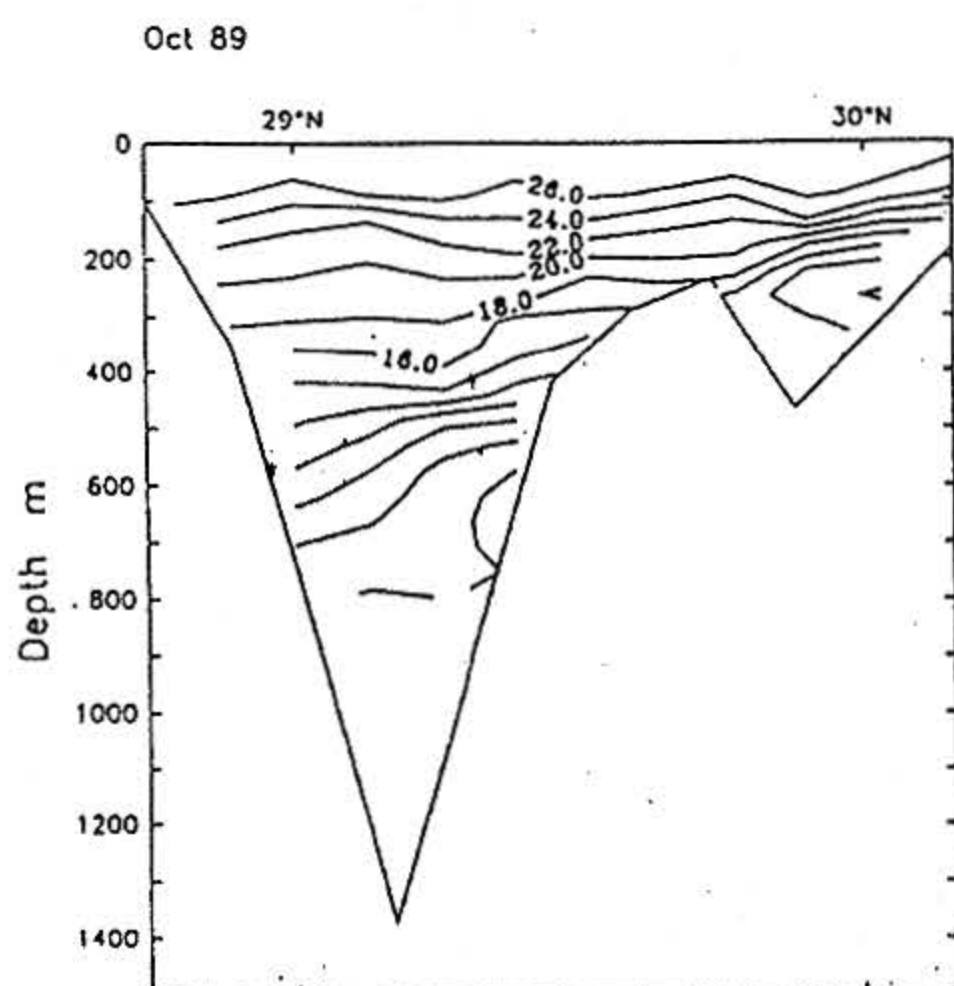
測線L4断面(図18(d))、測線L3断面(図18(c))では密度 1023.0kg/m^3 が本測線に沿って一様に海面から水深80mまで分布している。測線L2断面(図18(d))では南から流れてきたと考えられる 1022.5kg/m^3 が 129°E を中心に水深100mまで分布している。測線L1断面(図18(a))では 1022.5kg/m^3 が海面から水深100mまで分布している。



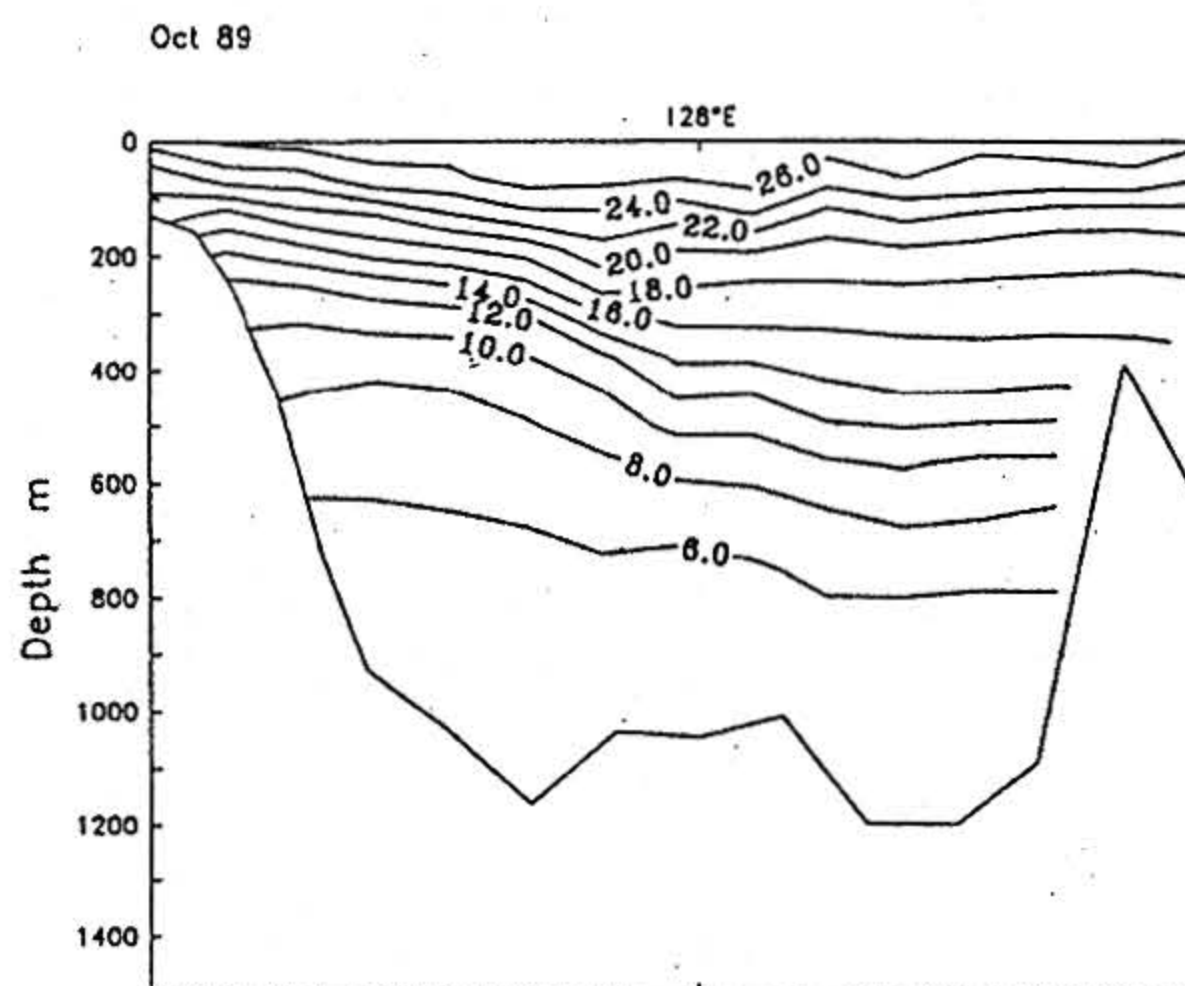
(a) K8910 kuroshio cruise sectionL1 Water temperature.



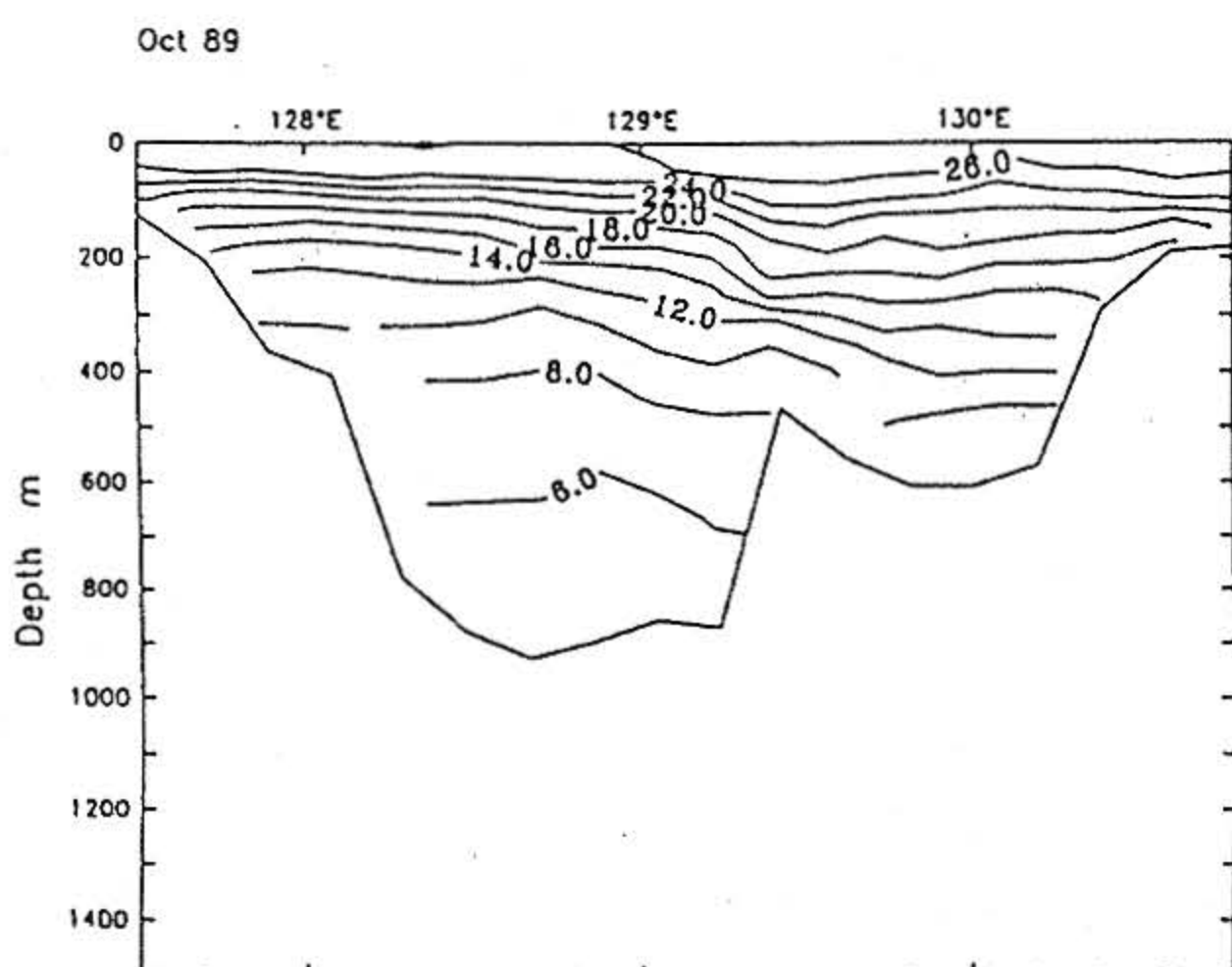
(d) K8910 Kuroshio cruise sectionL4 Water temperature



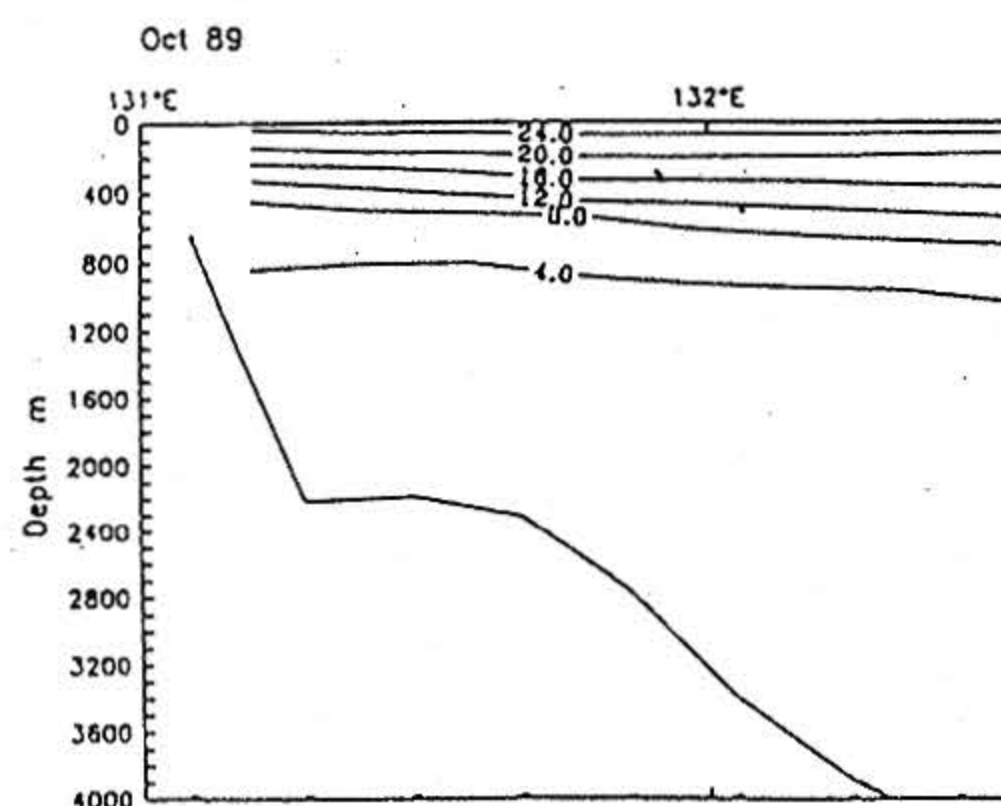
(b) K8910 kuroshio cruise sectionL2 Water temperature



(e) K8910 Kuroshio cruise sectionL5 Water temperature



(c) K8910 kuroshio cruise sectionL3 Water temperature

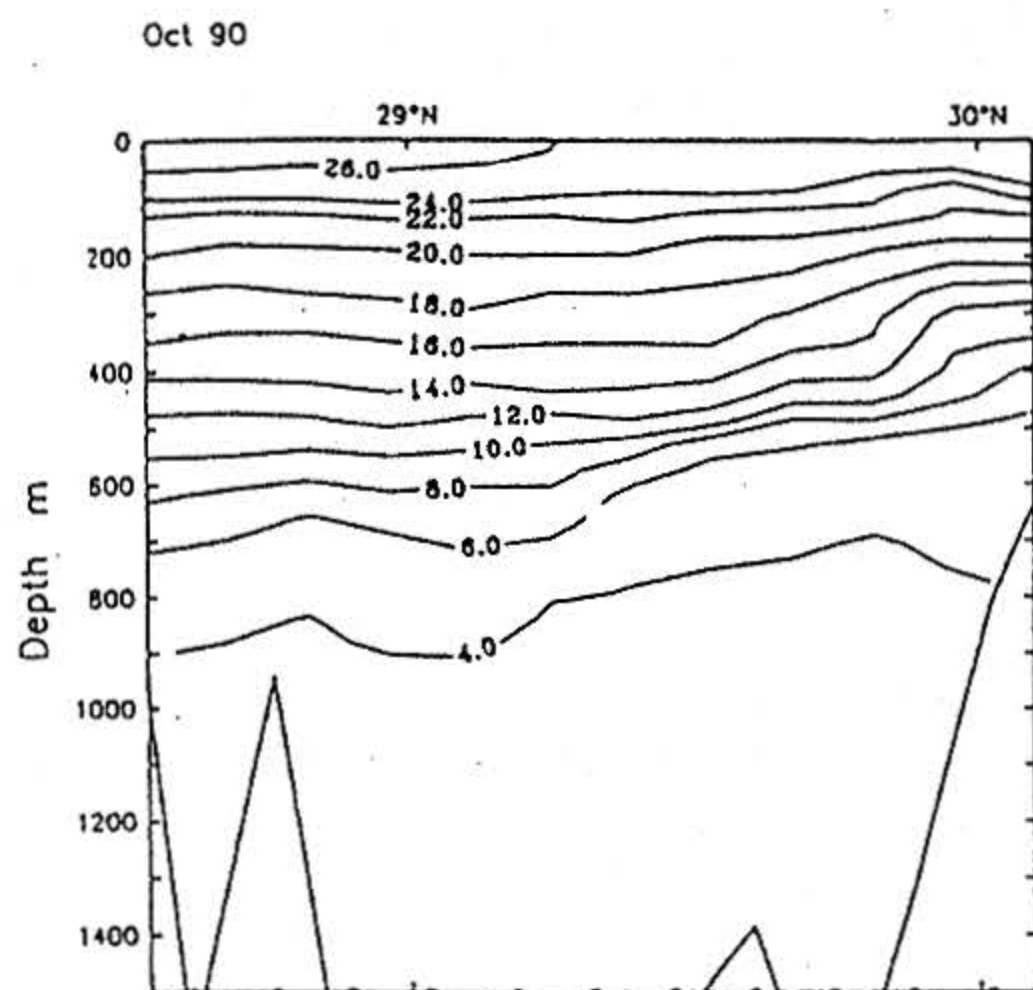


(f) K8910 kuroshio cruise sectionL6 Water temperature

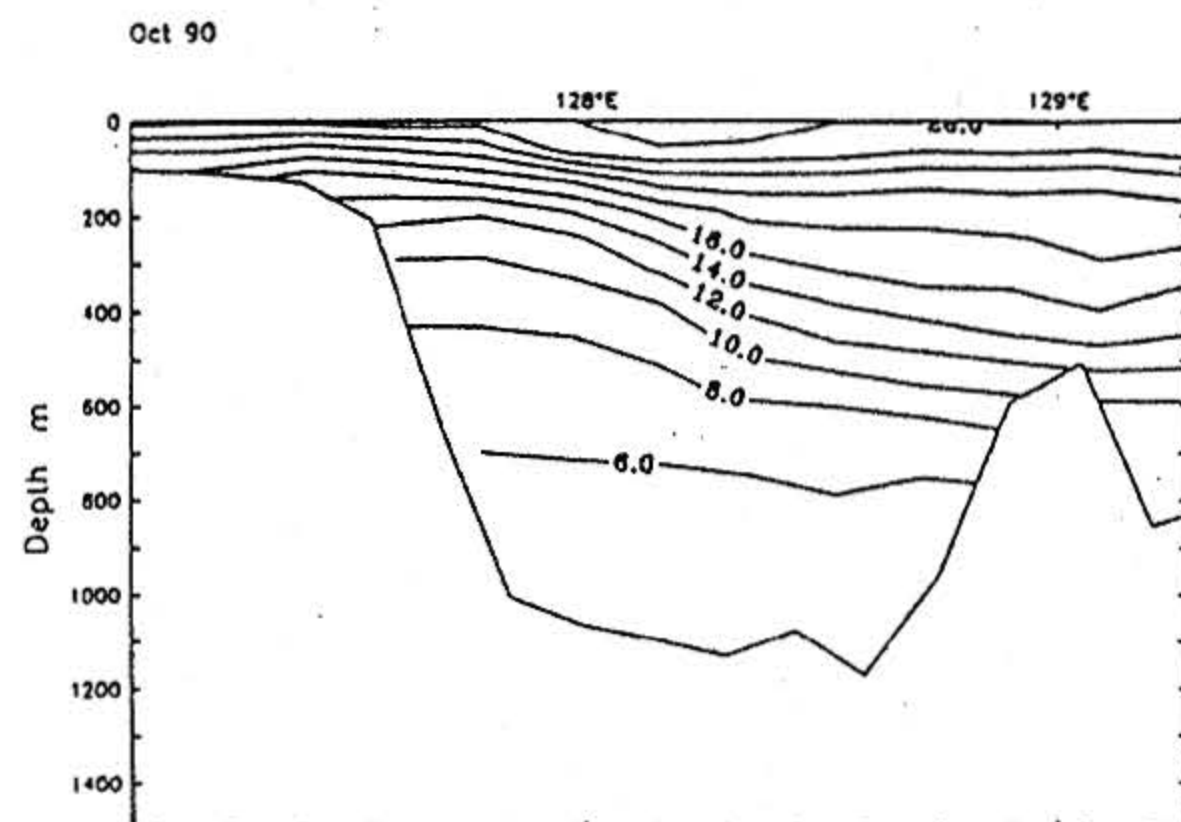
図10 1989年の水温の鉛直分布図 (°C)

(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)

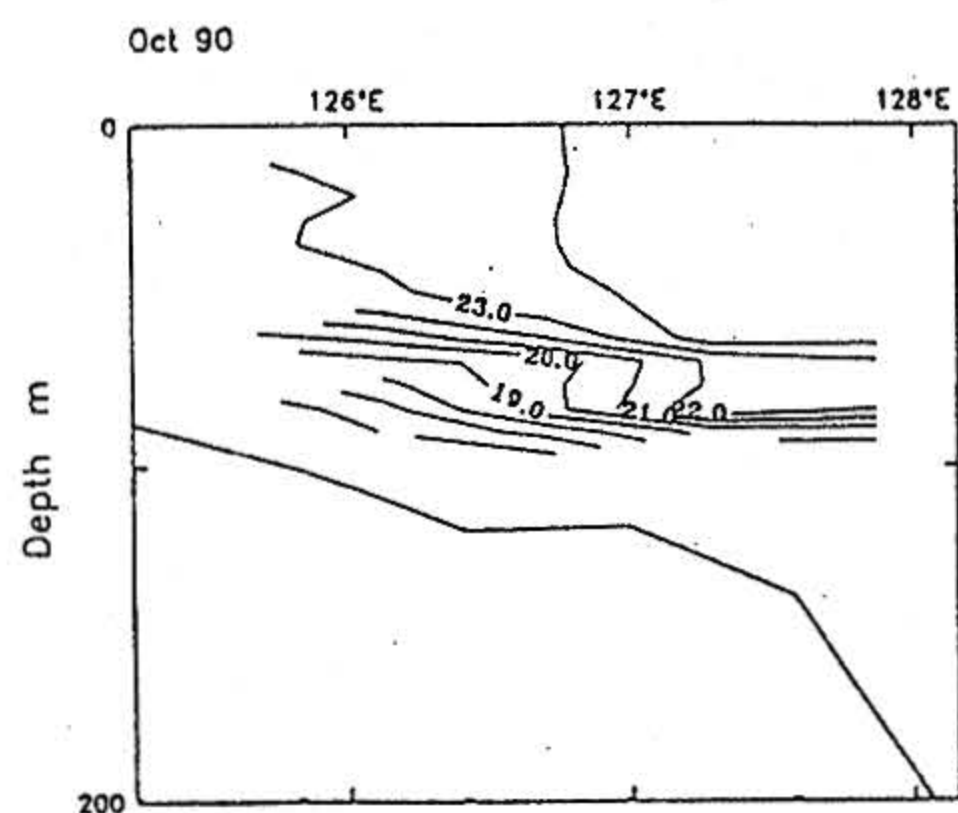
Fig.10 Temperature components across in 1989.



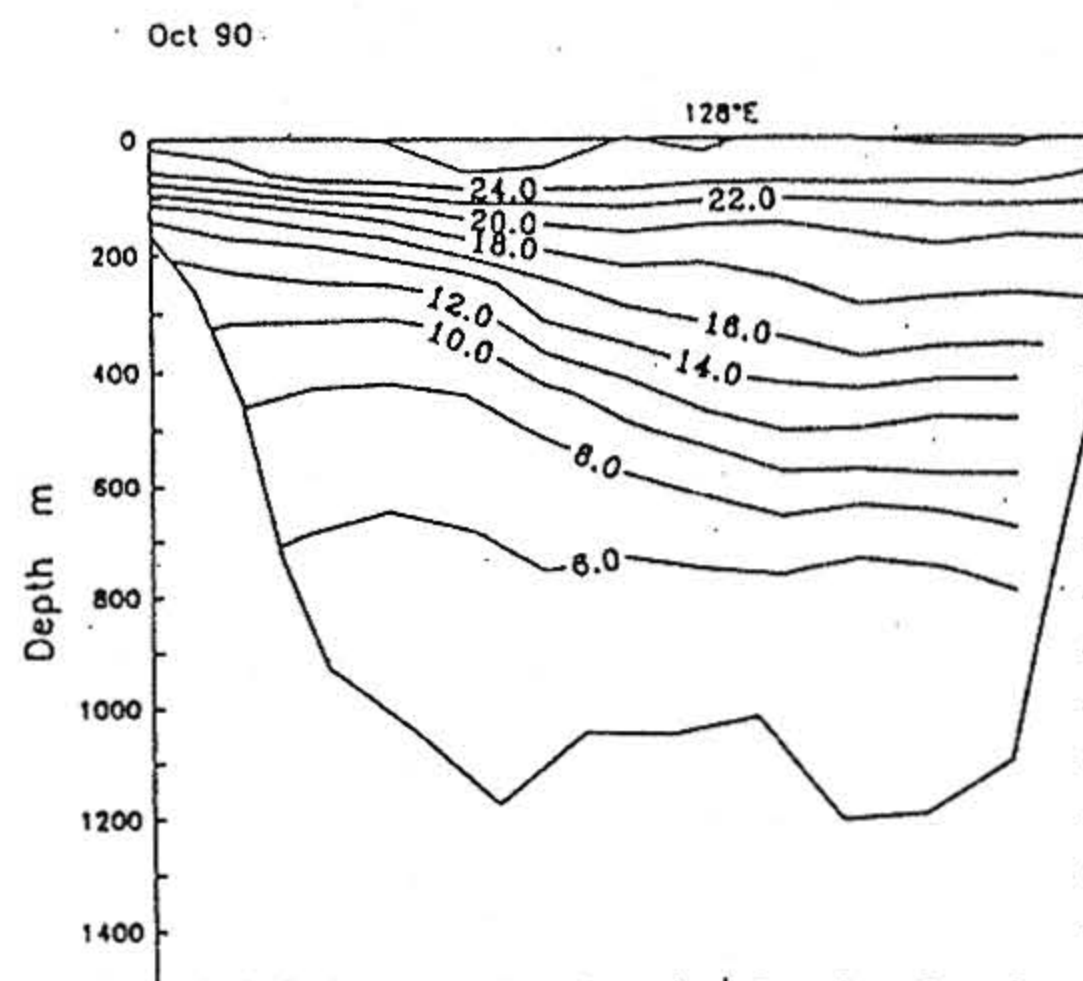
(a) K9010 kuroshio cruise section L1 Water temperature



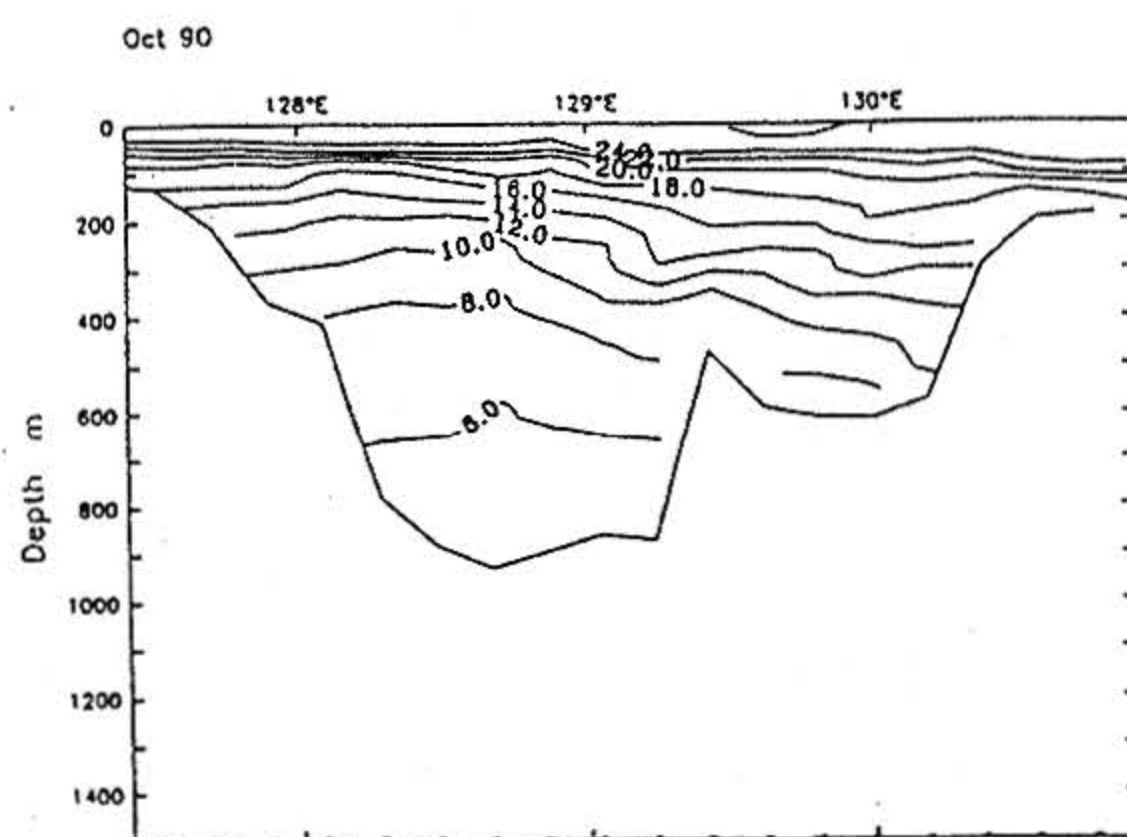
(d) K9010 Kuroshio cruise section L4 Water temperature



(b) K9010 kuroshio cruise section L2 Water temperature



(e) K9010 Kuroshio cruise section L5 Water temperature

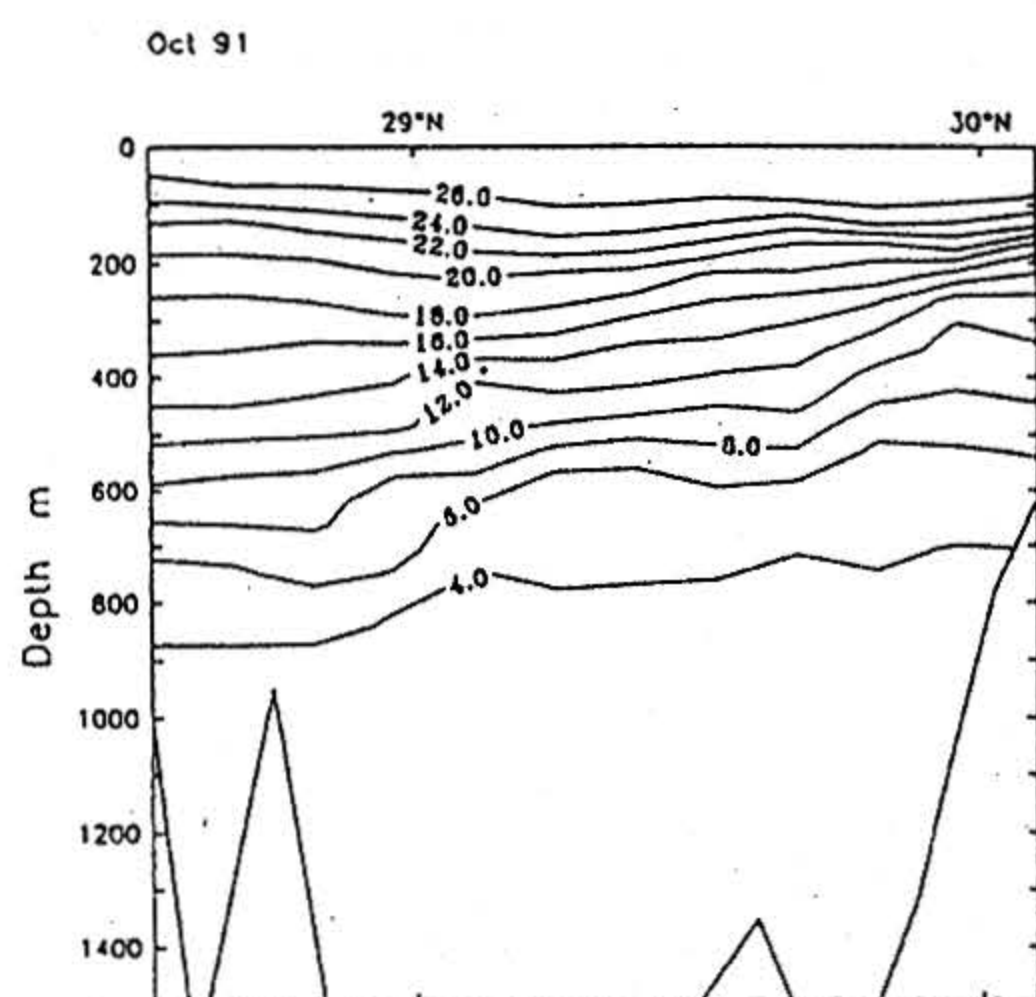


(c) K9010 kuroshio cruise section L3 Water temperature

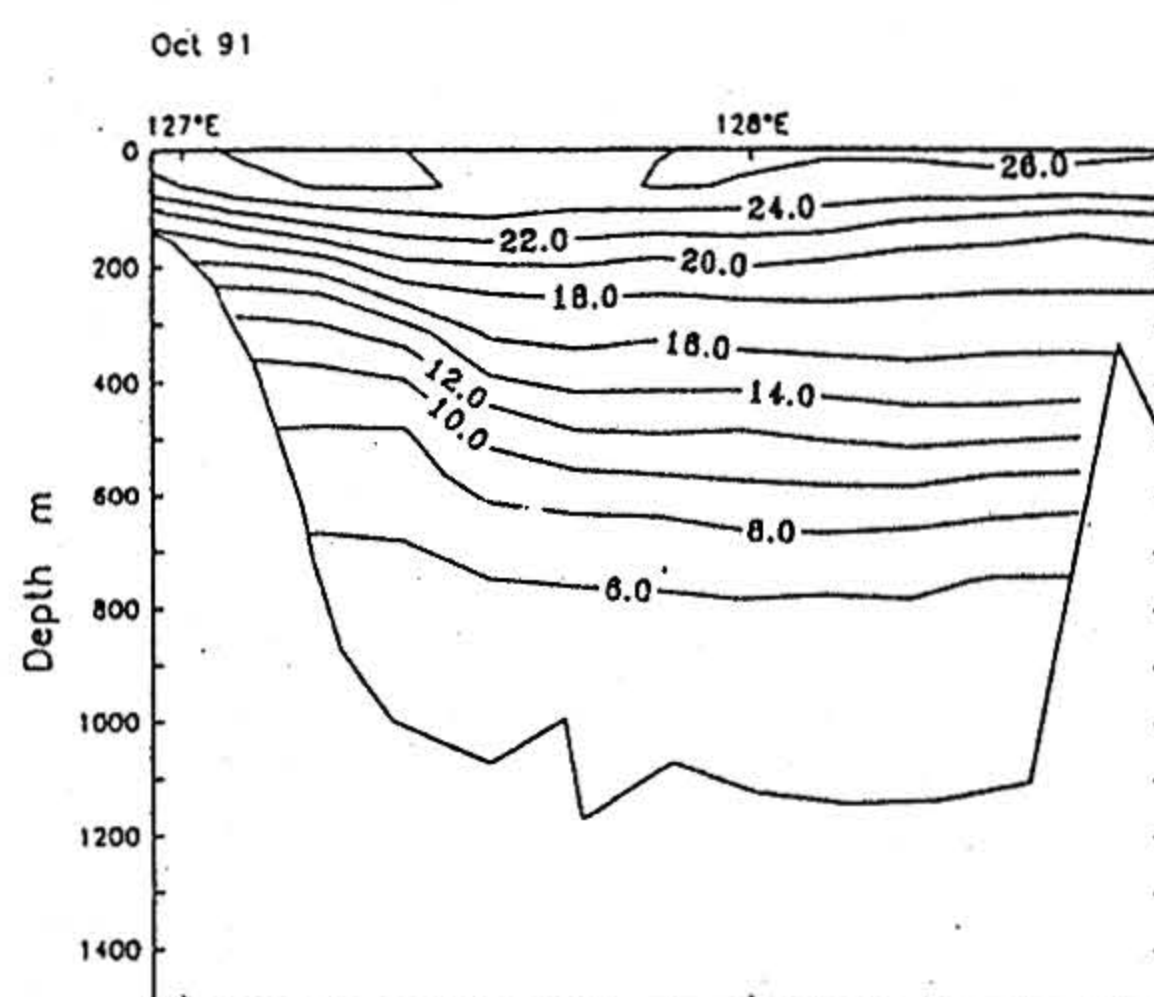
図11 1990年の水温の鉛直分布図 (°C)

(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)

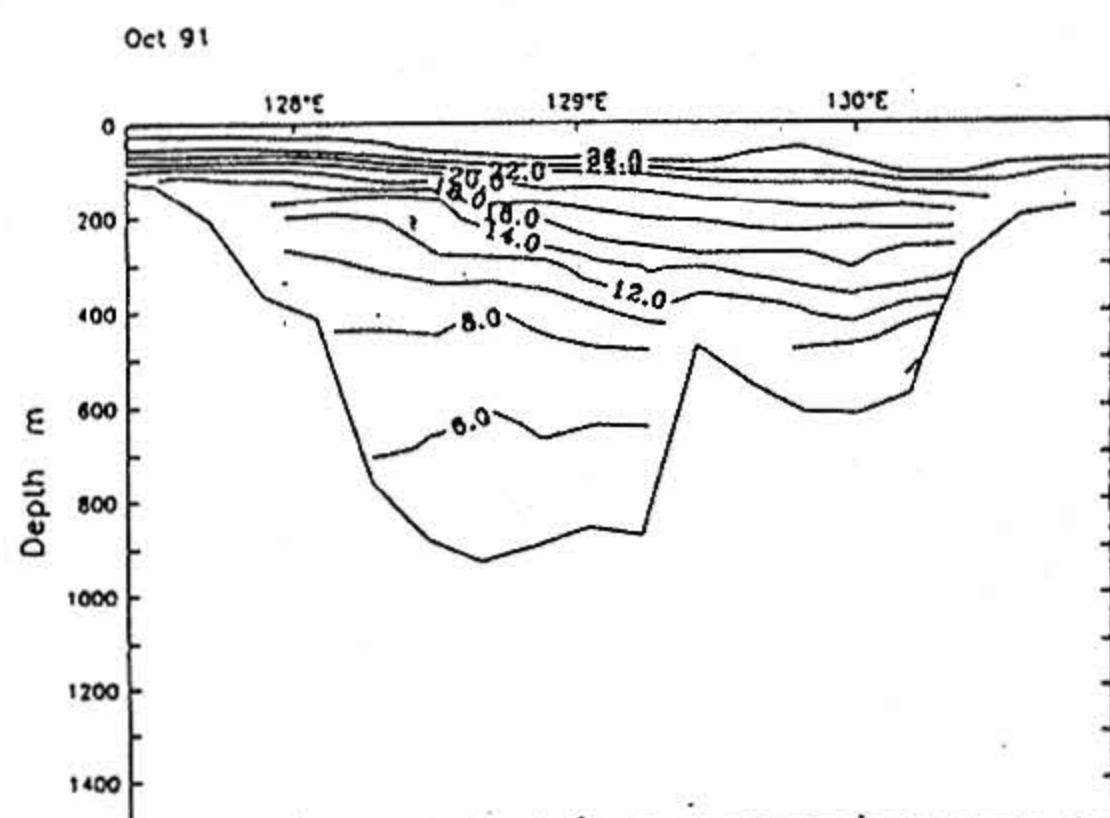
Fig.11 Temperature components across in 1990.



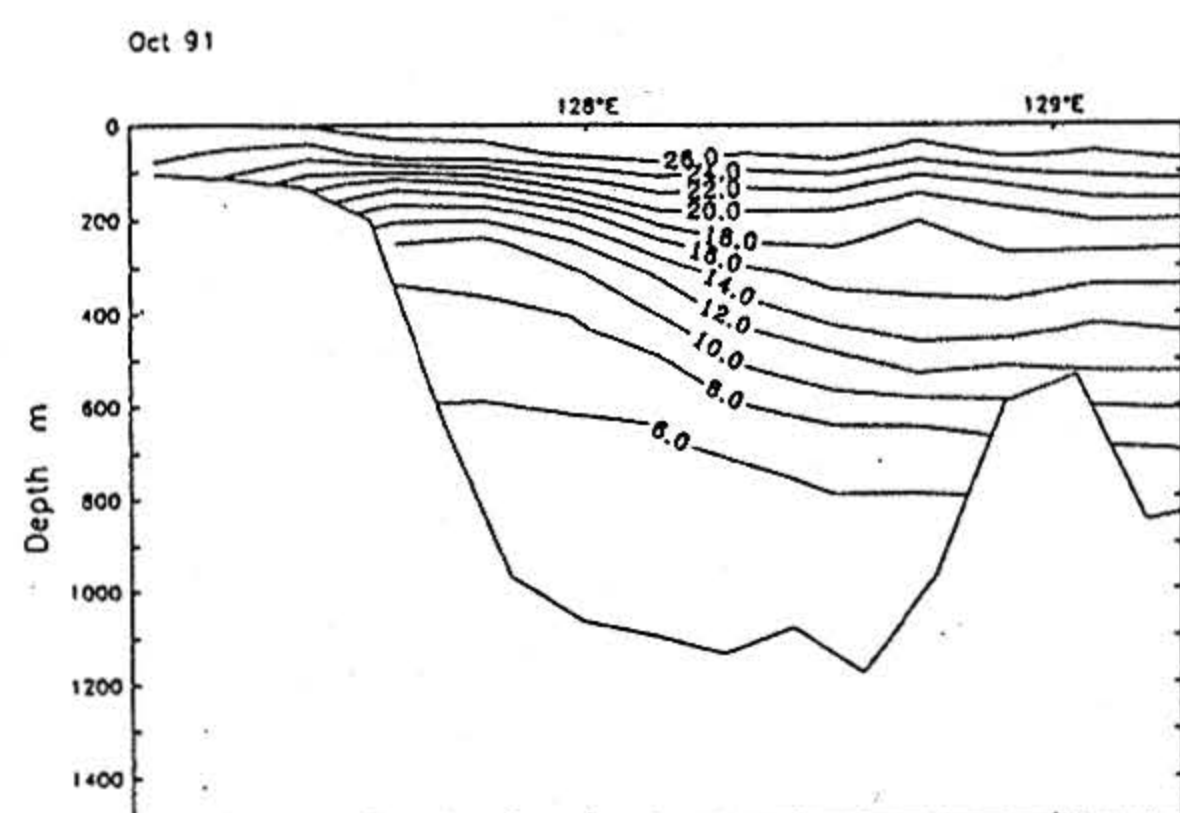
(a) K9110 kuroshio cruise sectionL1 Water temperature



(d) K9110 Kuroshio cruise sectionL4 Water temperature



(b) K9110 kuroshio cruise sectionL2 Water temperature

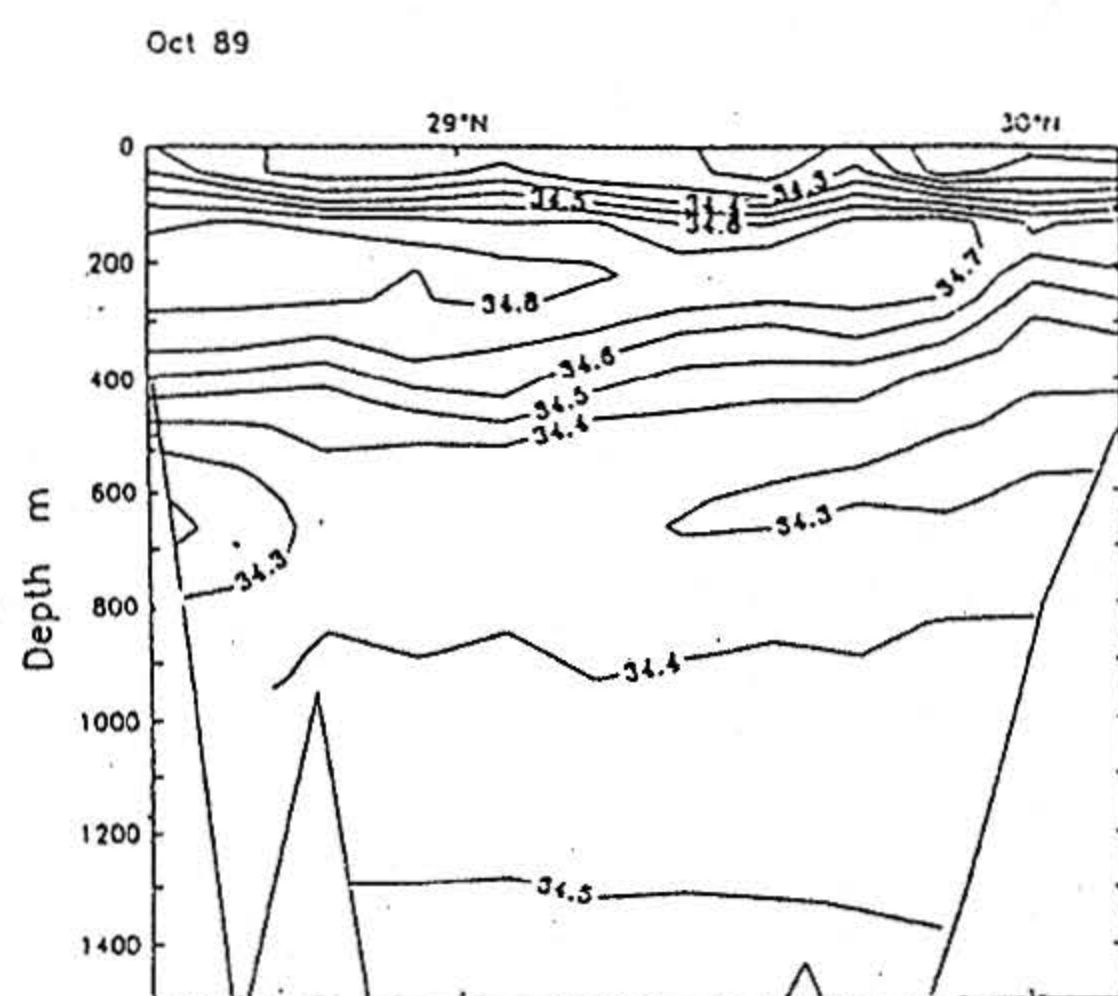


(c) K9110 Kuroshio cruise sectionL3 Water temperature

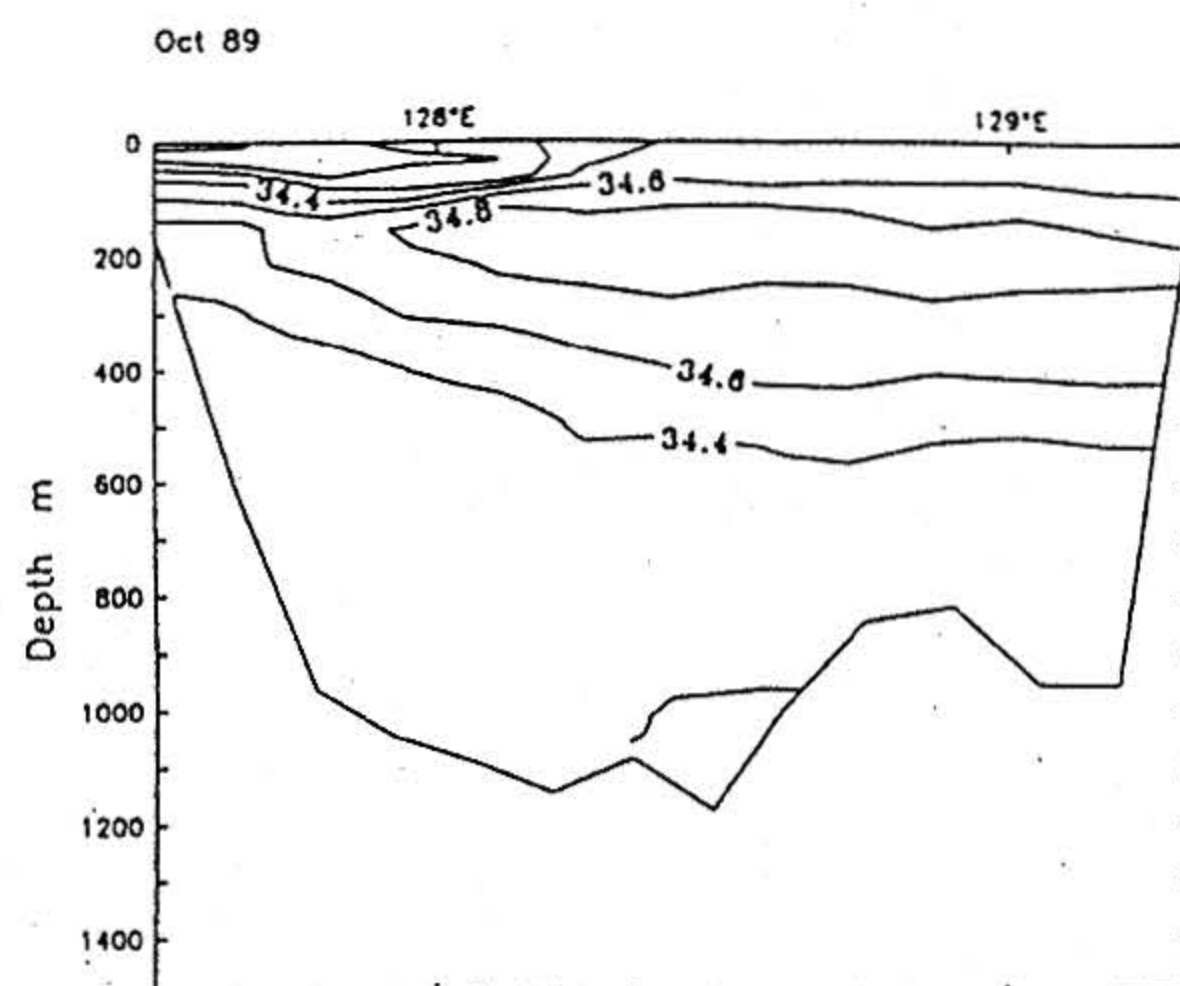
図12 1991年の水温の鉛直分布図 (°C)

(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)

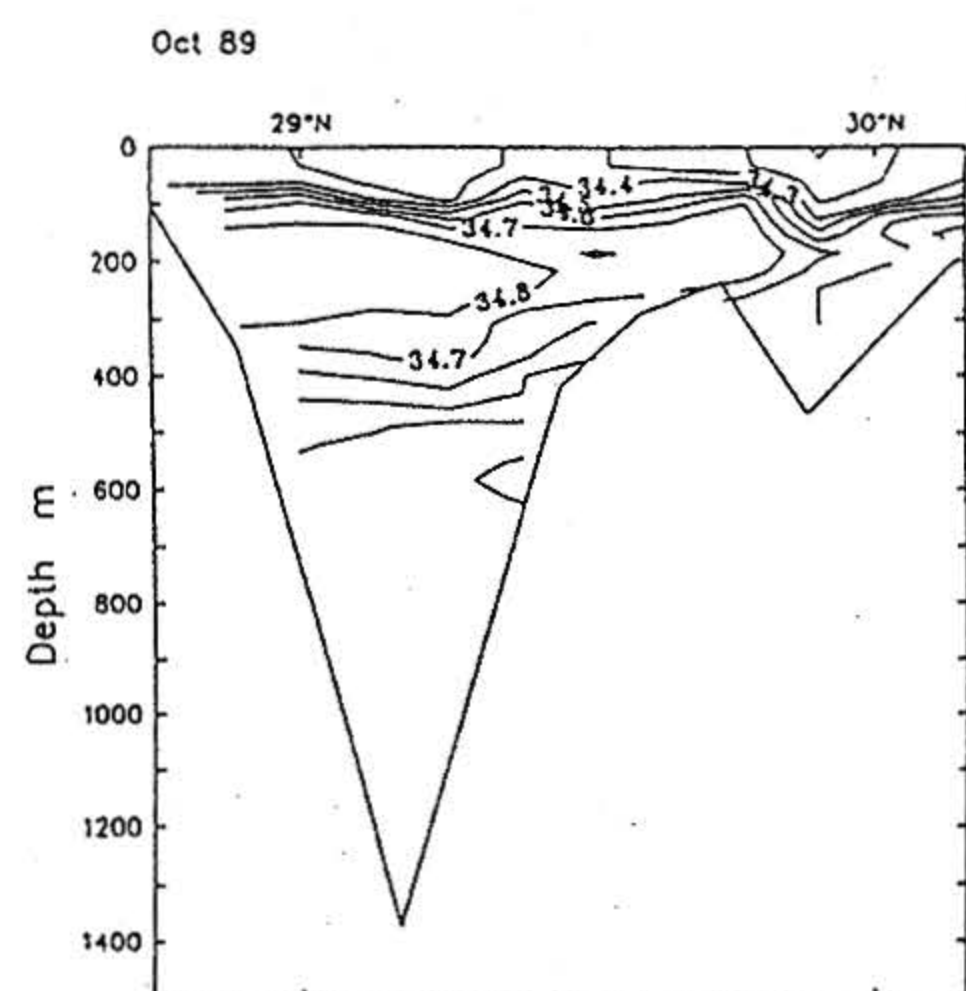
Fig.12 Temperature components across in 1991.



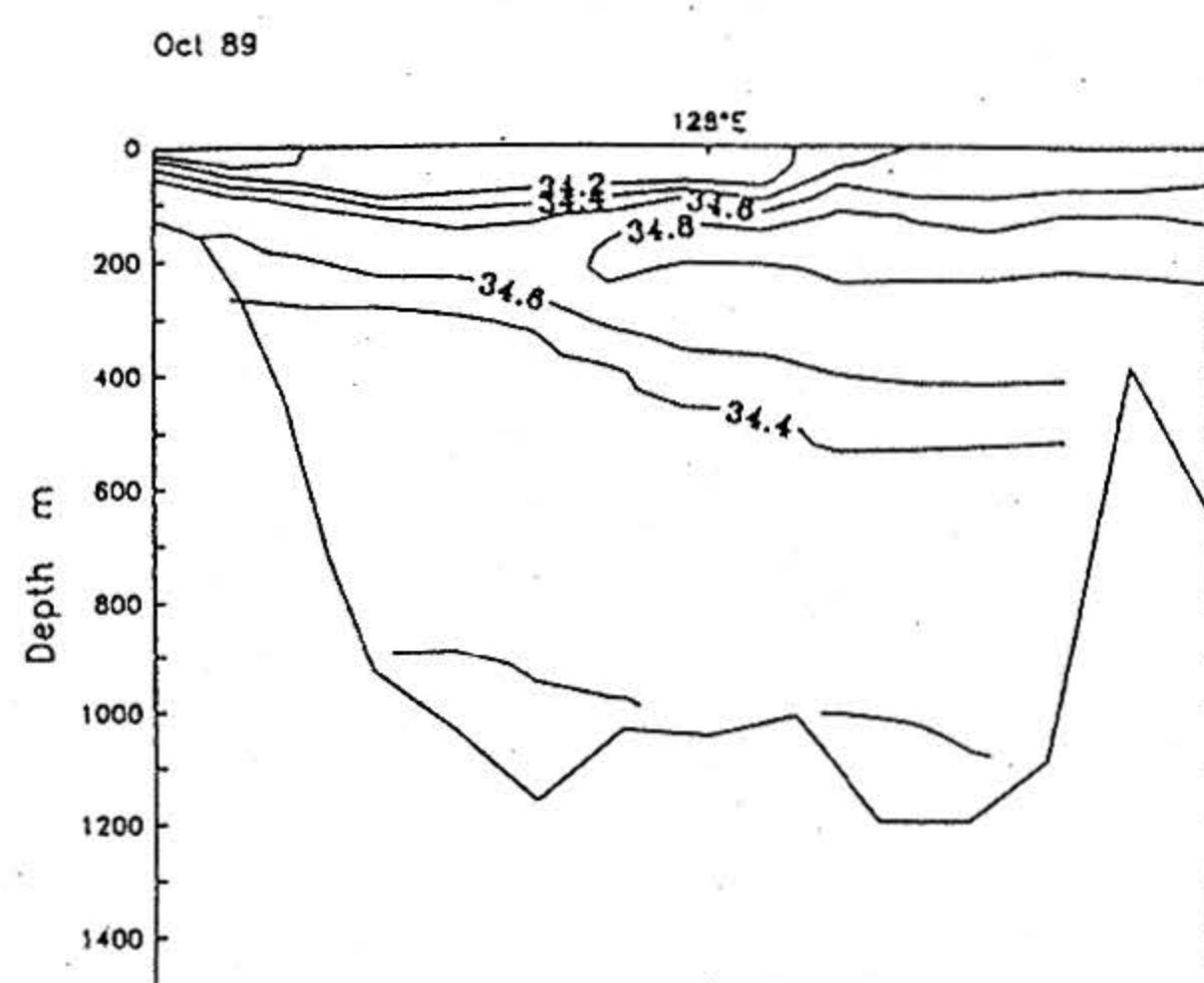
(a) K8910 kuroshio cruise sectionL1 Salinity



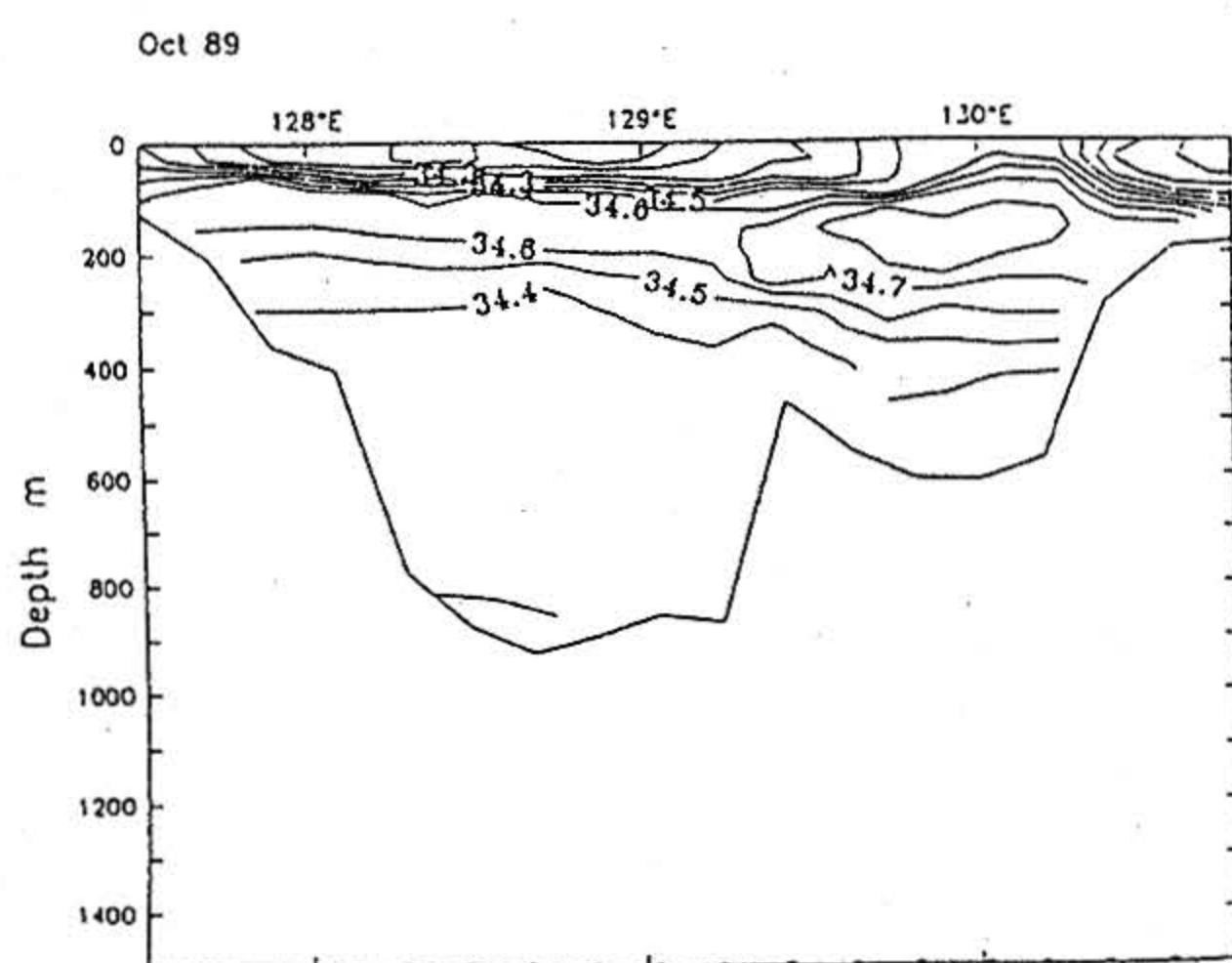
(d) K8910 Kuroshio cruise sectionL4 Salinity



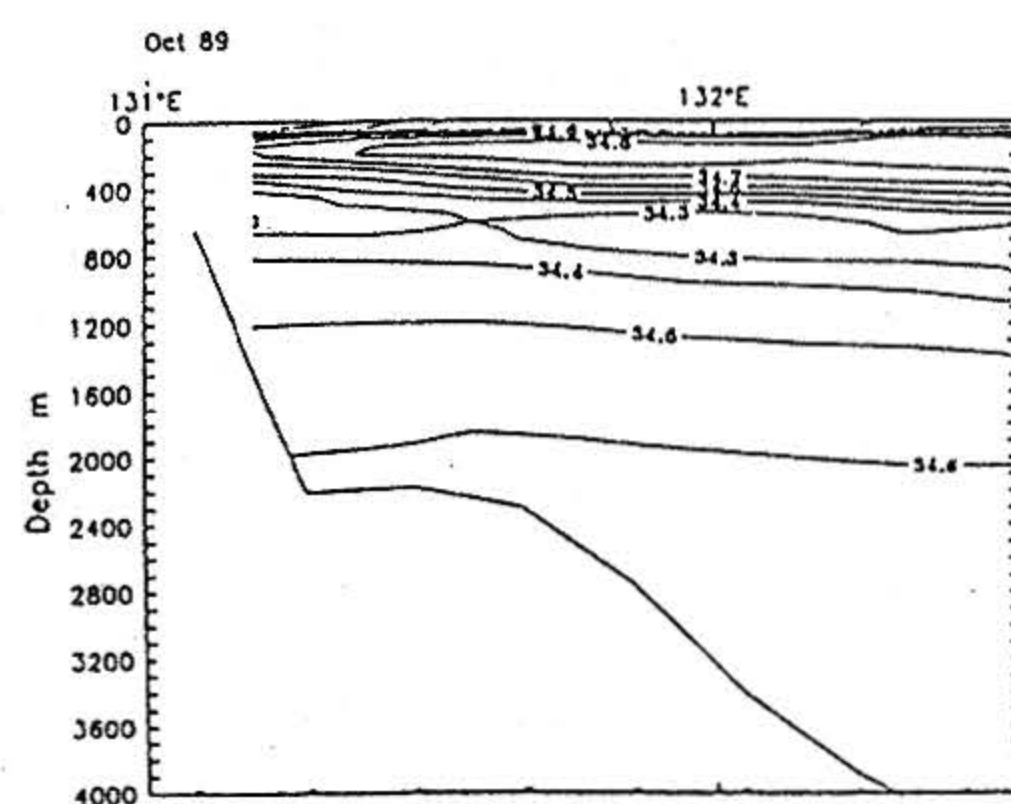
(b) K8910 kuroshio cruise sectionL2 Salinity



(e) K8910 Kuroshio cruise sectionL5 Salinity



(c) K8910 kuroshio cruise sectionL3 Salinity

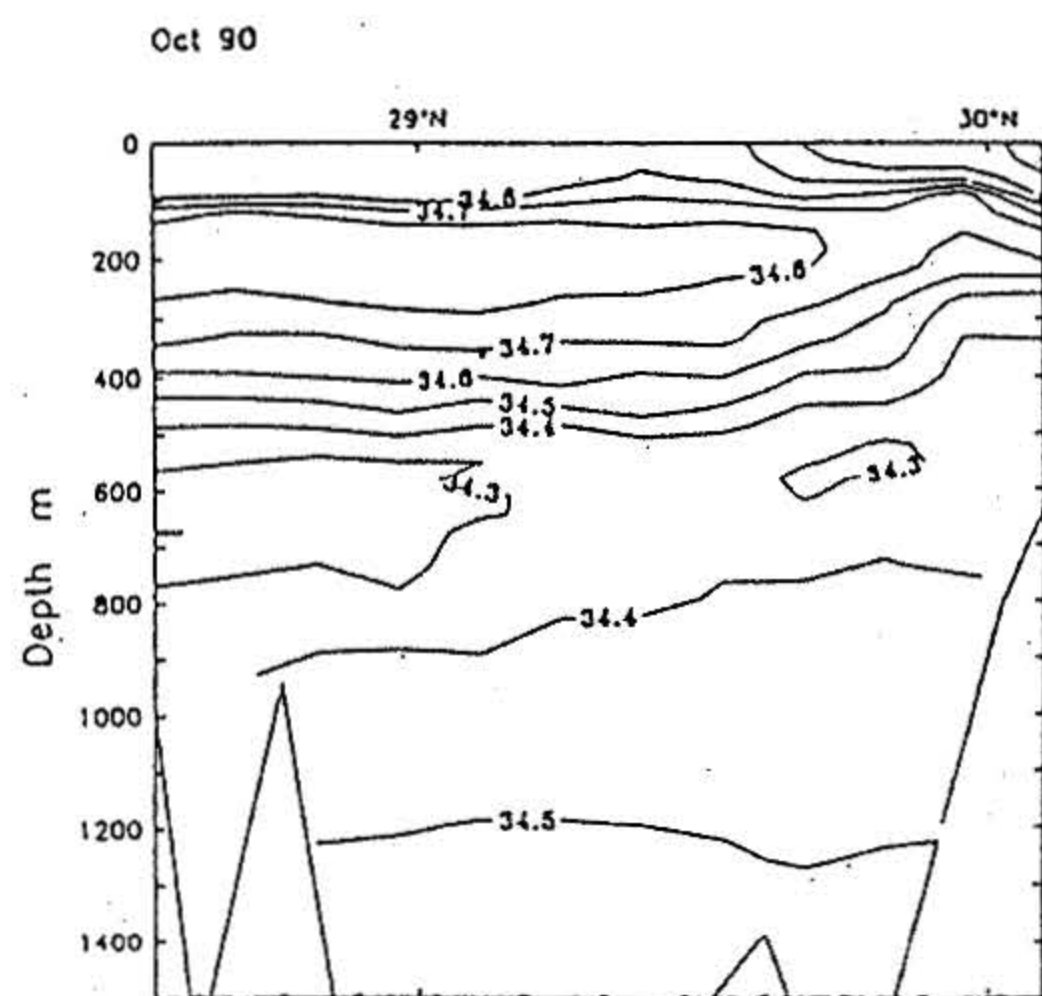


(f) K8910 kuroshio cruise sectionL6 Salinity

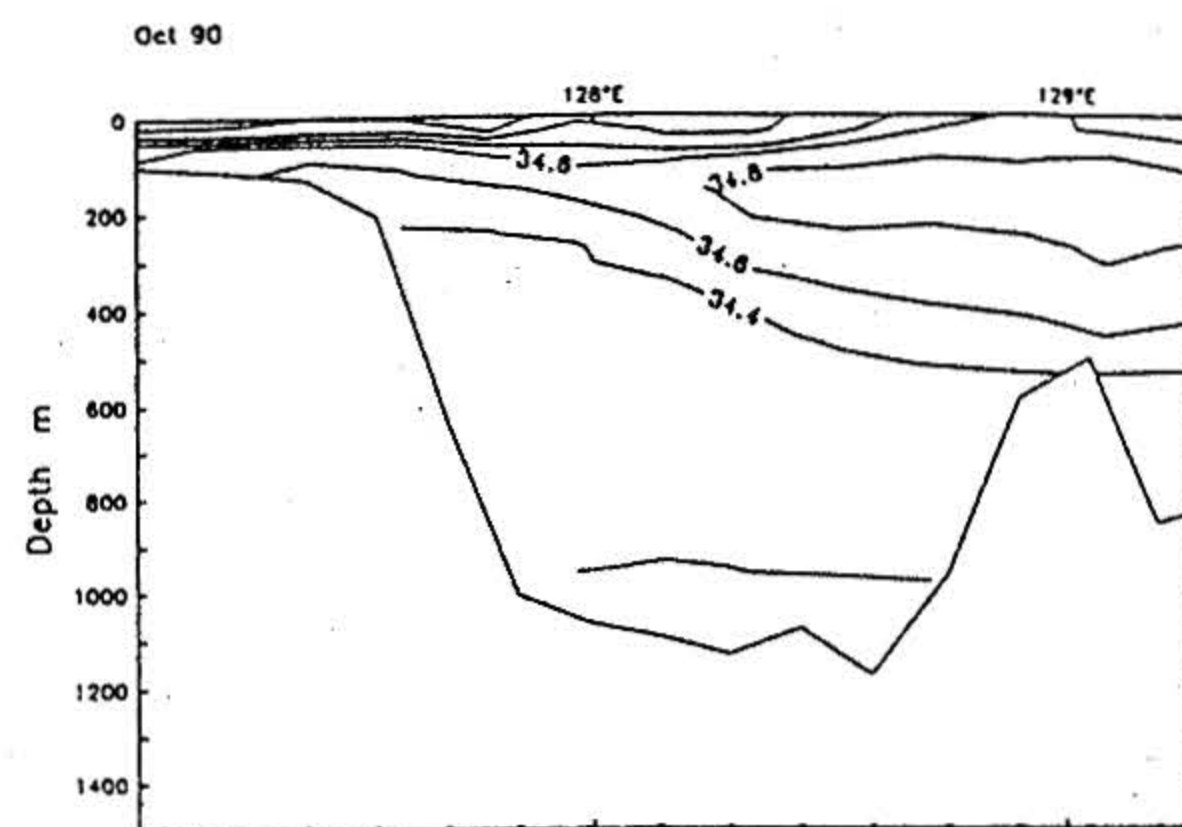
図13 1989年の塩分の鉛直分布図

(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)

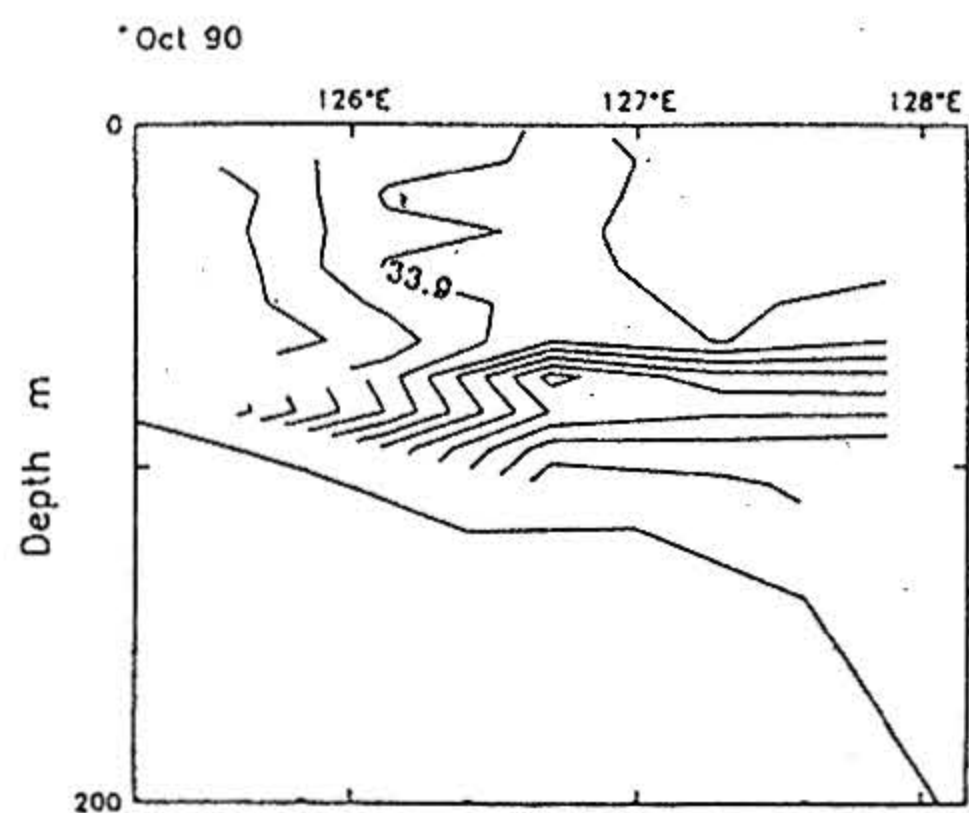
Fig.13 Salinity components across in 1989.



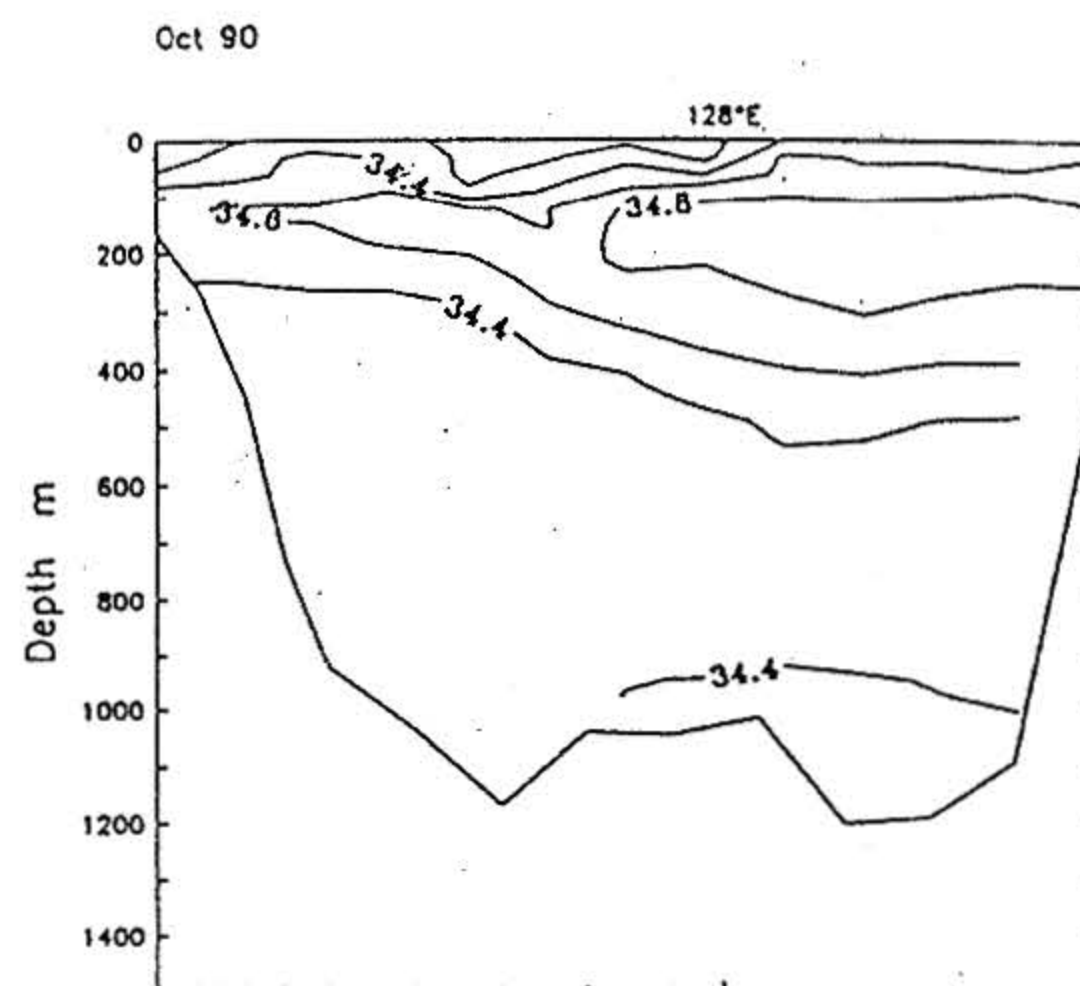
(a) K9010 kuroshio cruise section L1 Salinity



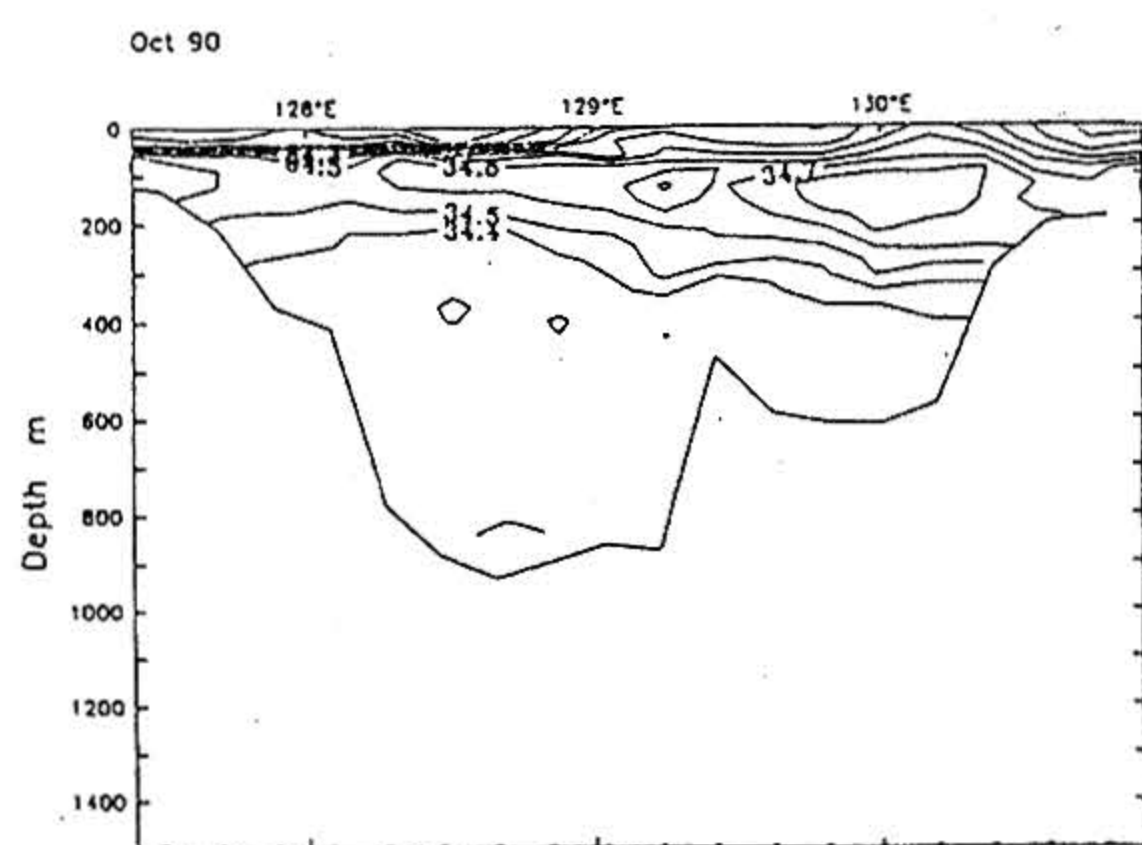
(d) K9010 Kuroshio cruise section L4 Salinity



(b) K9010 kuroshio cruise section L2 Salinity



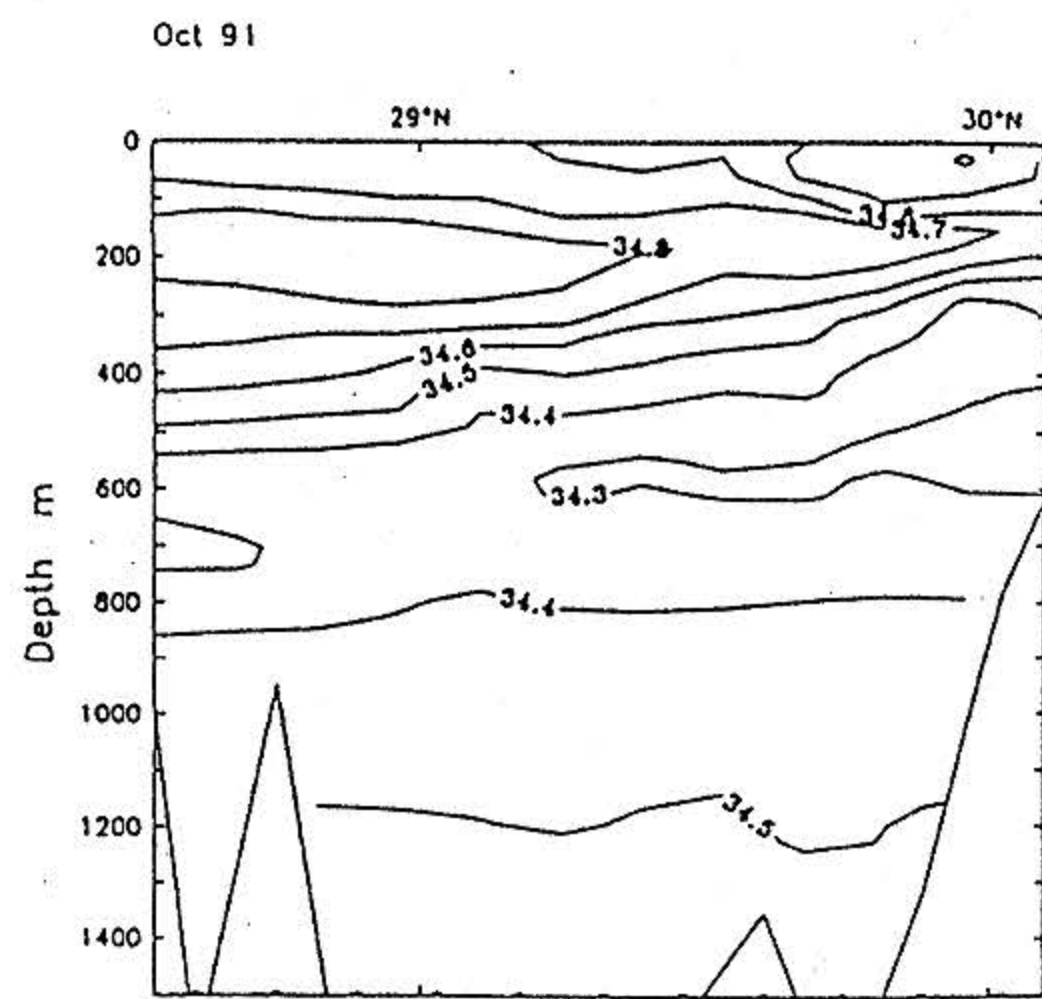
(e) K9010 Kuroshio cruise section L5 Salinity



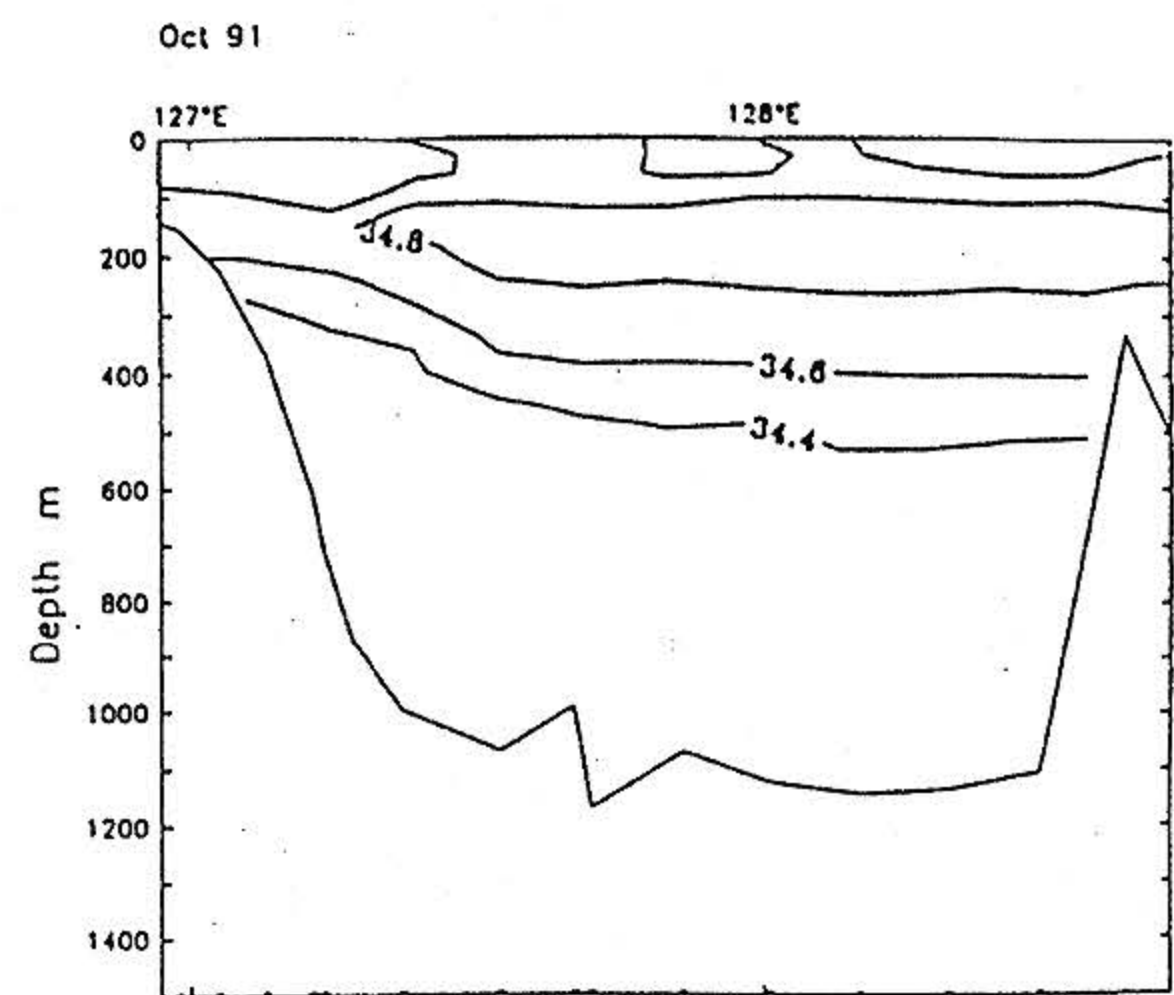
(c) K9010 kuroshio cruise section L3 Salinity

図14 1990年の塩分の鉛直分布図

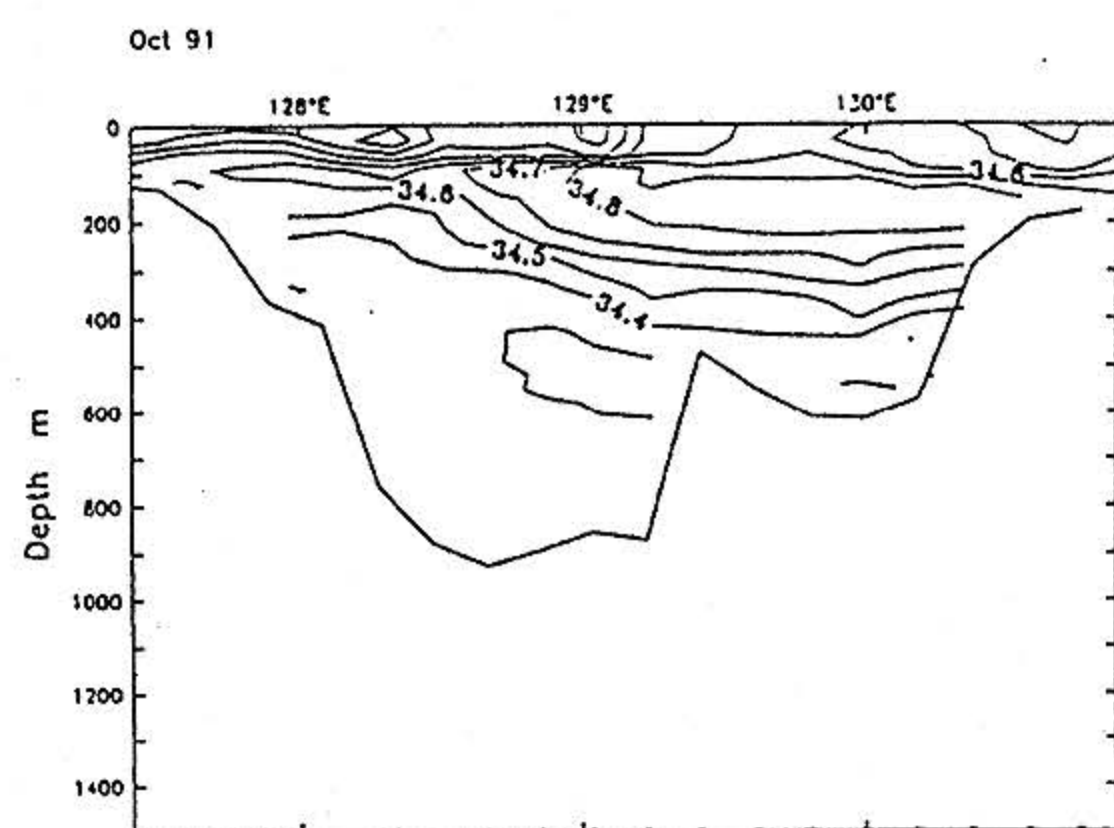
(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)
Fig.14 Salinity components across in 1990.



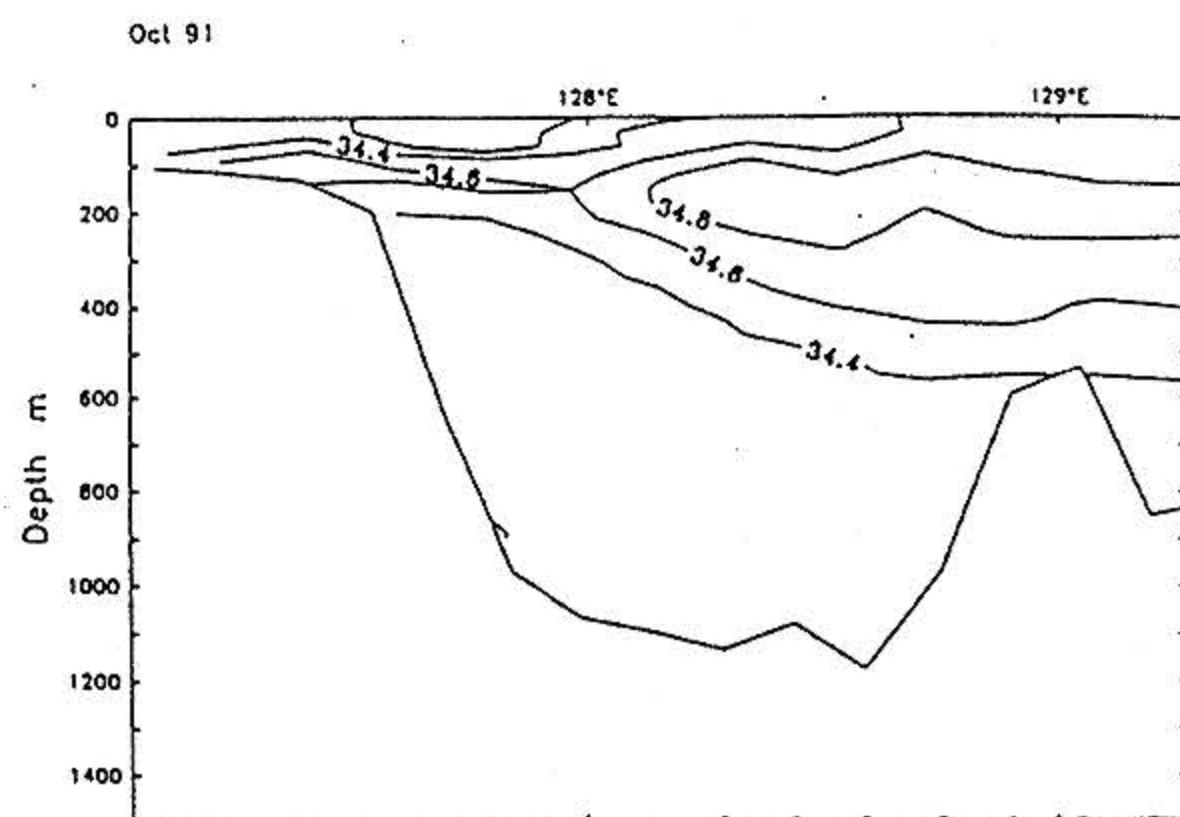
(a) K9110 kuroshio cruise sectionL1 Salinity



(d) K9110 Kuroshio cruise sectionL4 Salinity



(b) K9110 kuroshio cruise sectionL2 Salinity

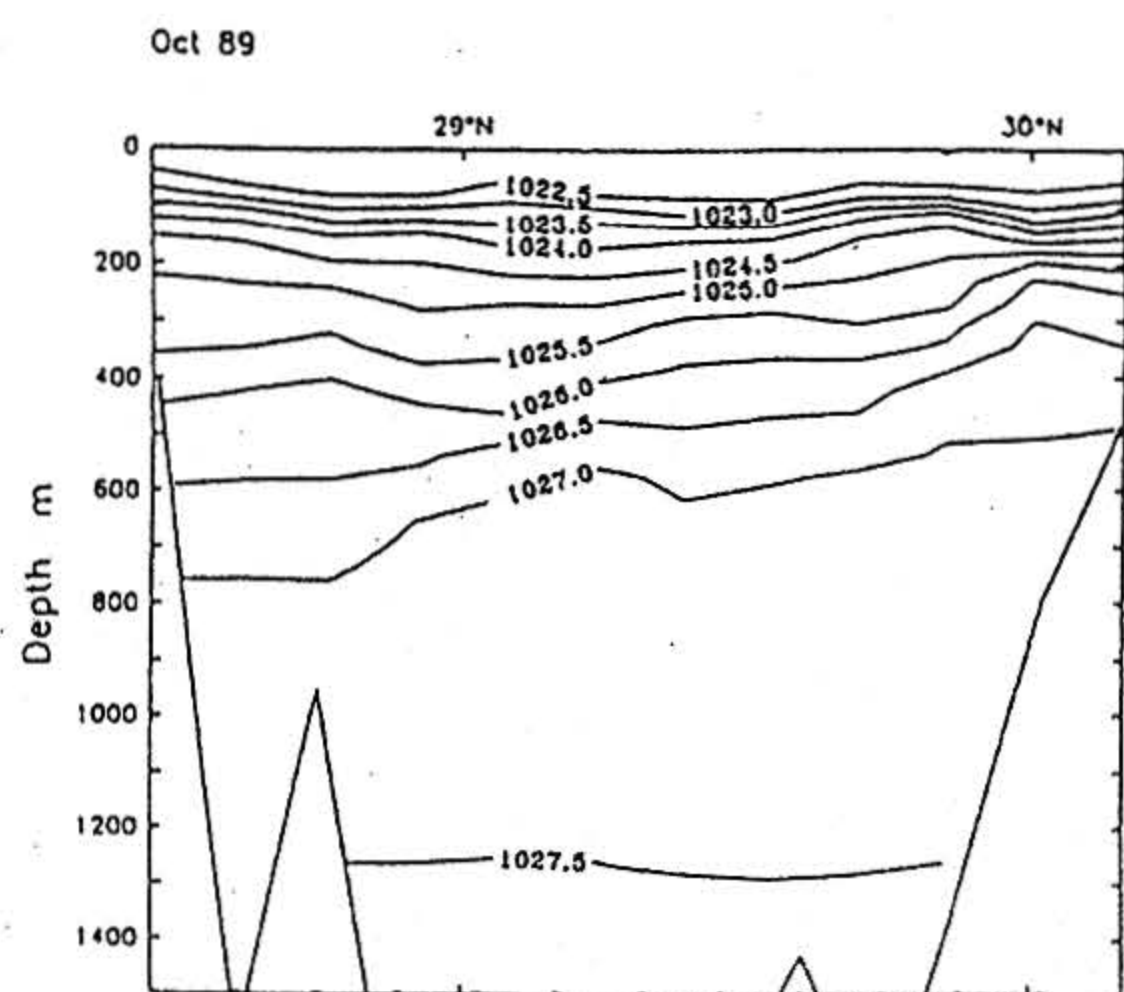


(c) K9110 Kuroshio cruise sectionL3 Salinity

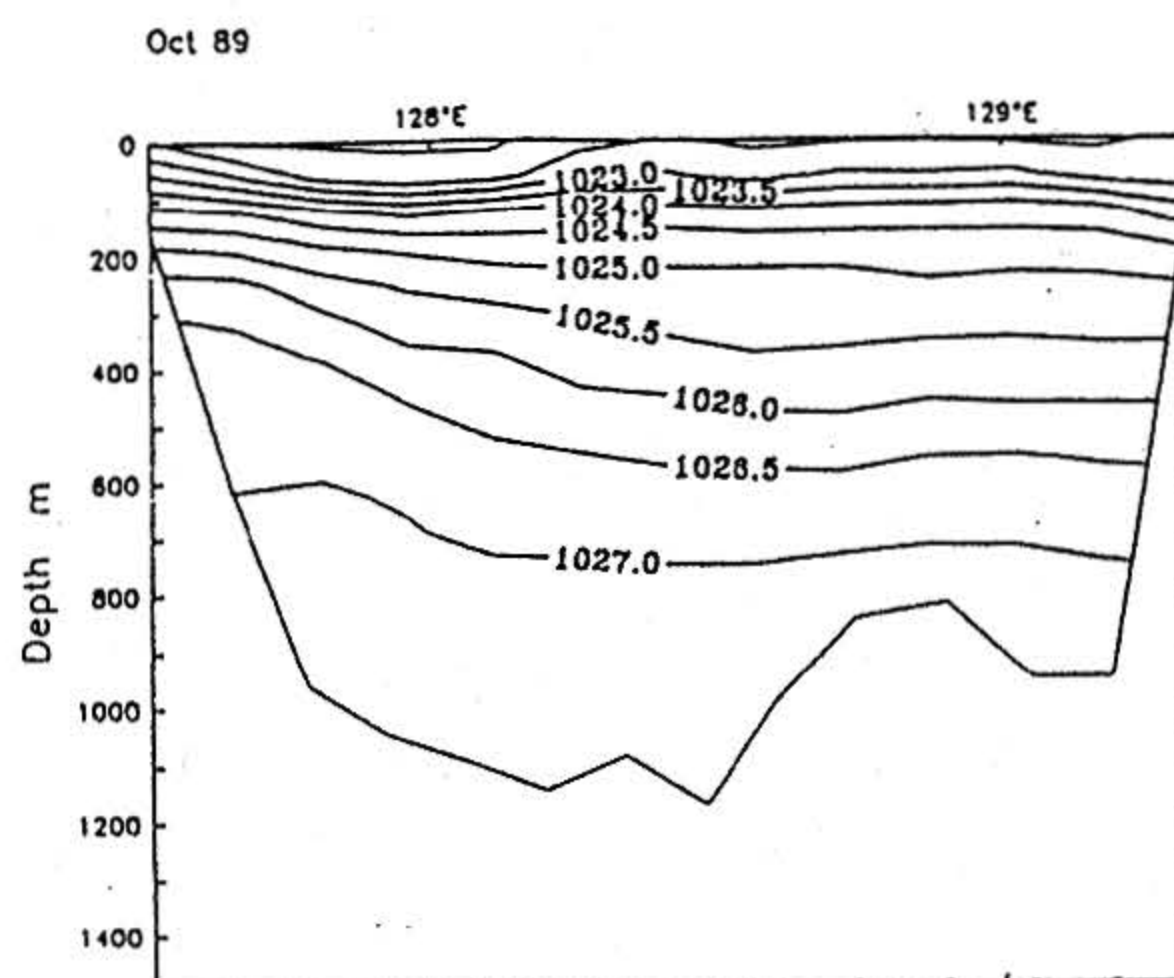
図15 1991年の塩分の鉛直分布図

(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)

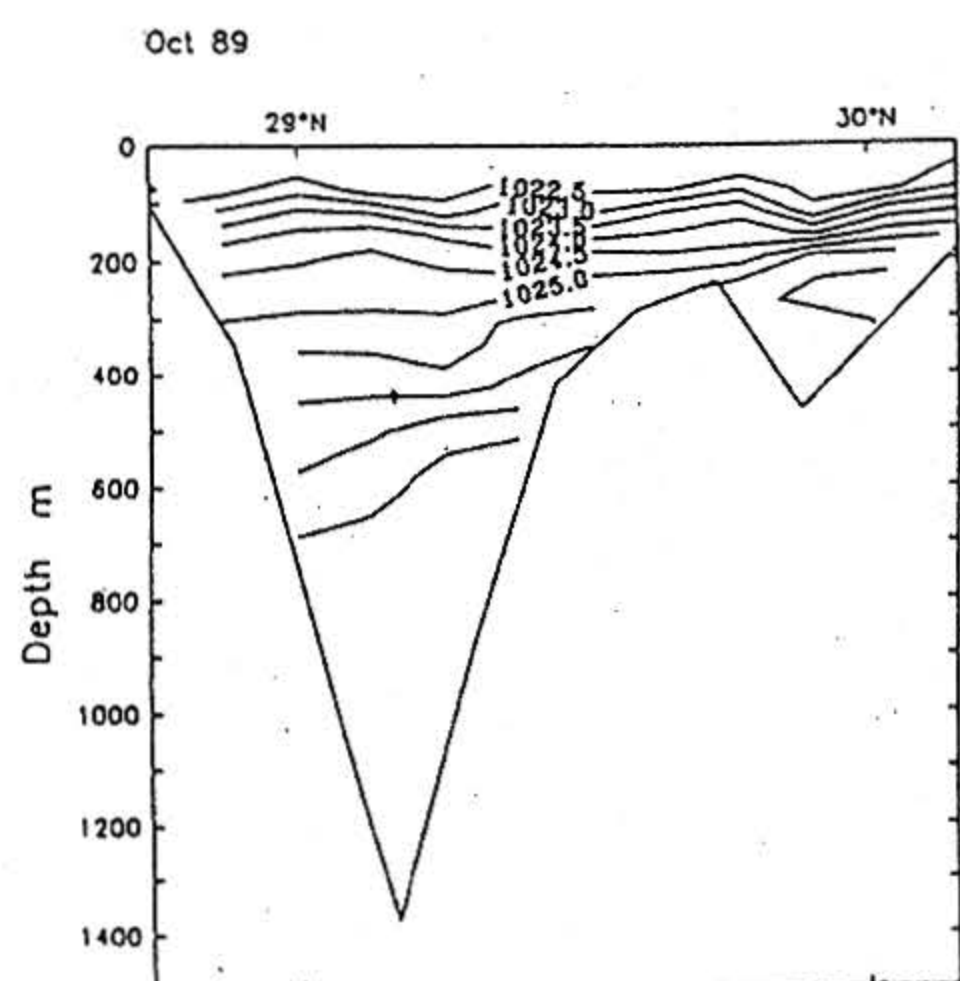
Fig.15 Salinity components across in 1991.



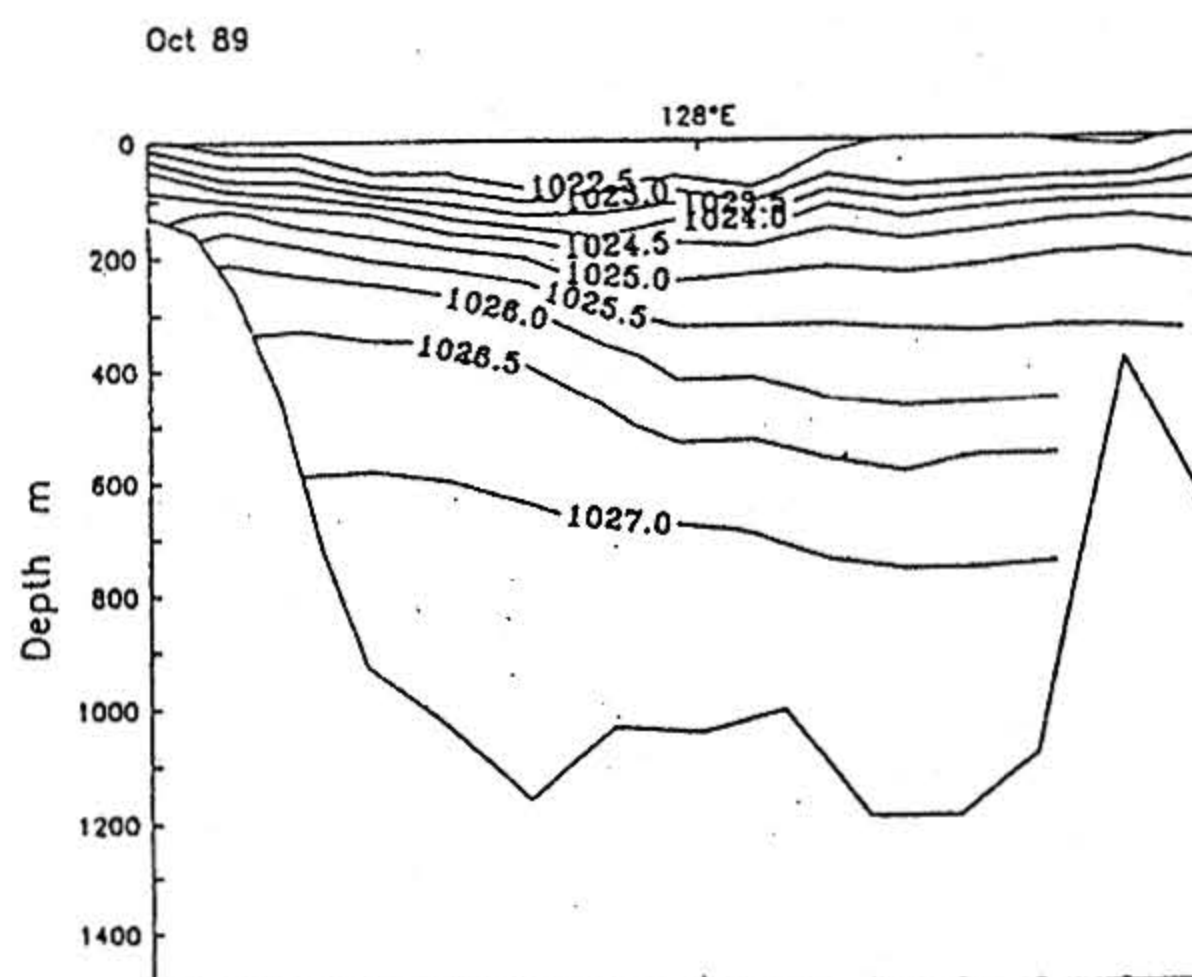
(a) K8910 kuroshio cruise sectionL1 Density



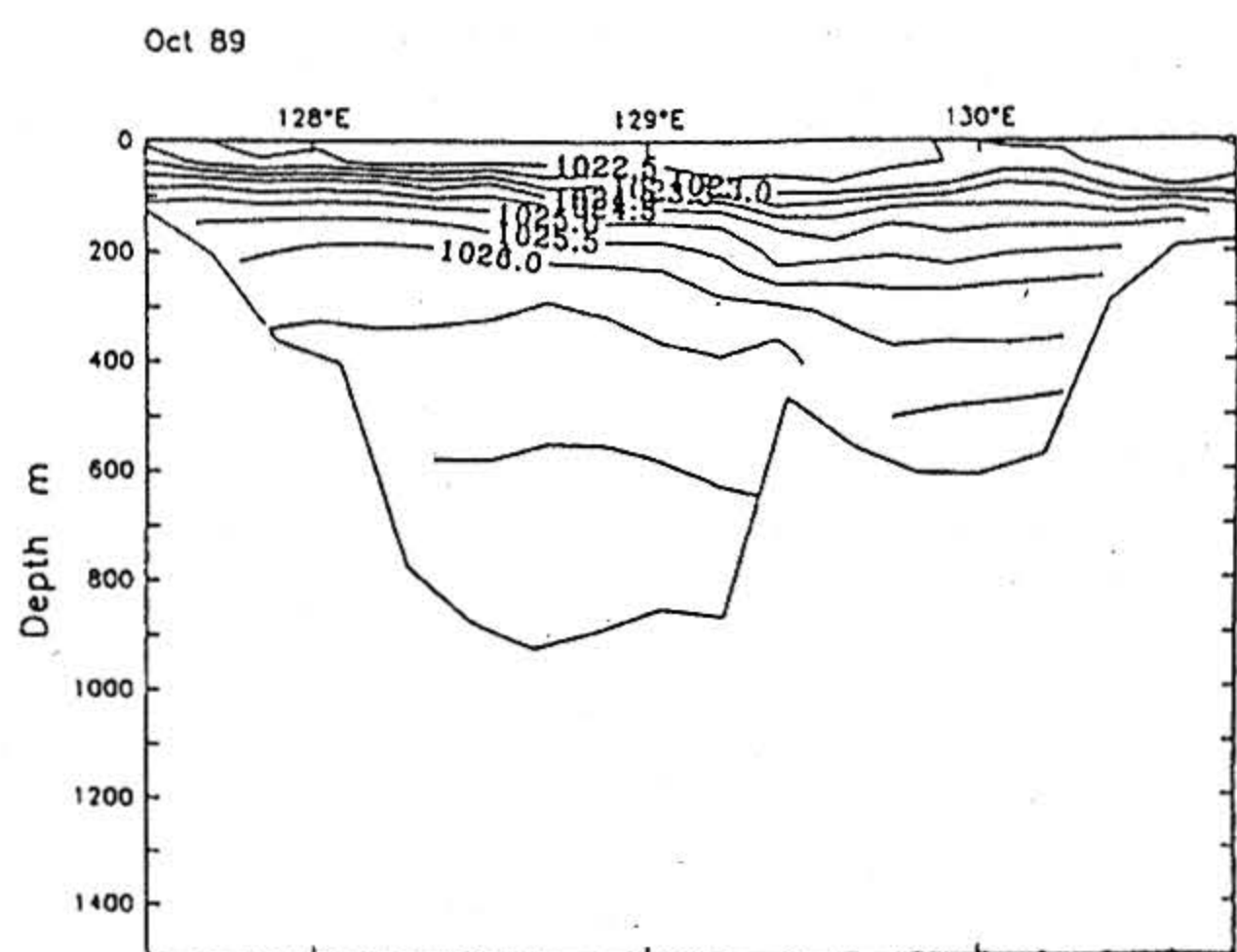
(d) K8910 Kuroshio cruise sectionL4 Density



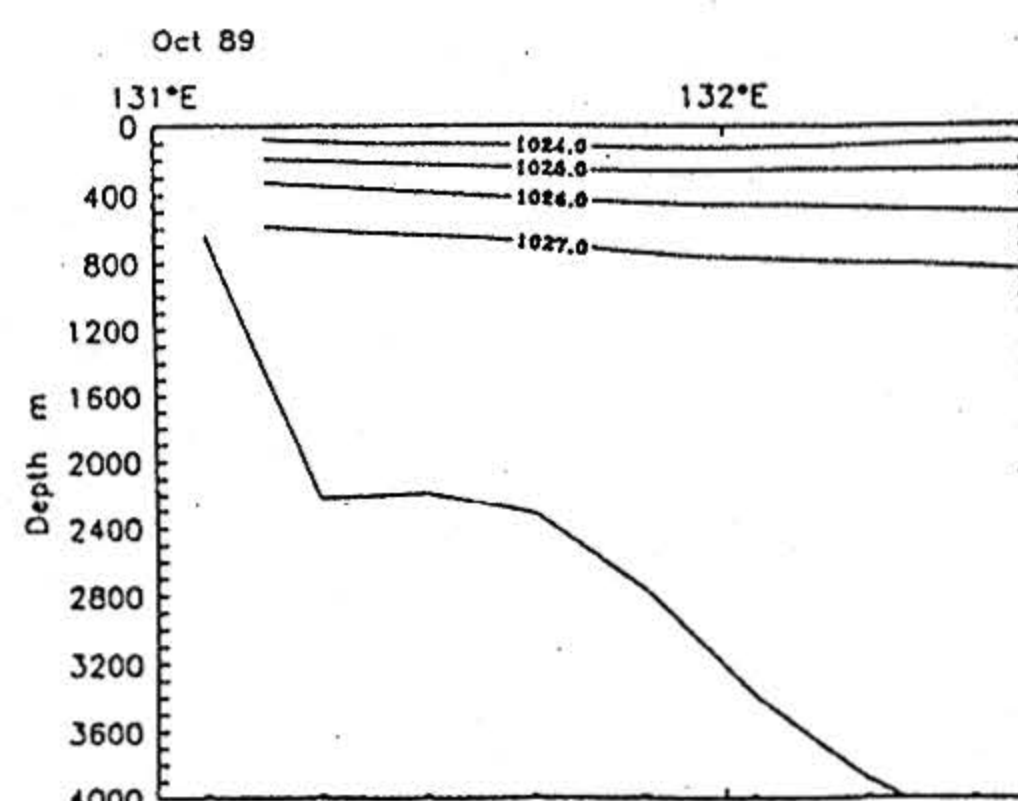
(b) K8910 kuroshio cruise sectionL2 Density



(e) K8910 Kuroshio cruise sectionL5 Density

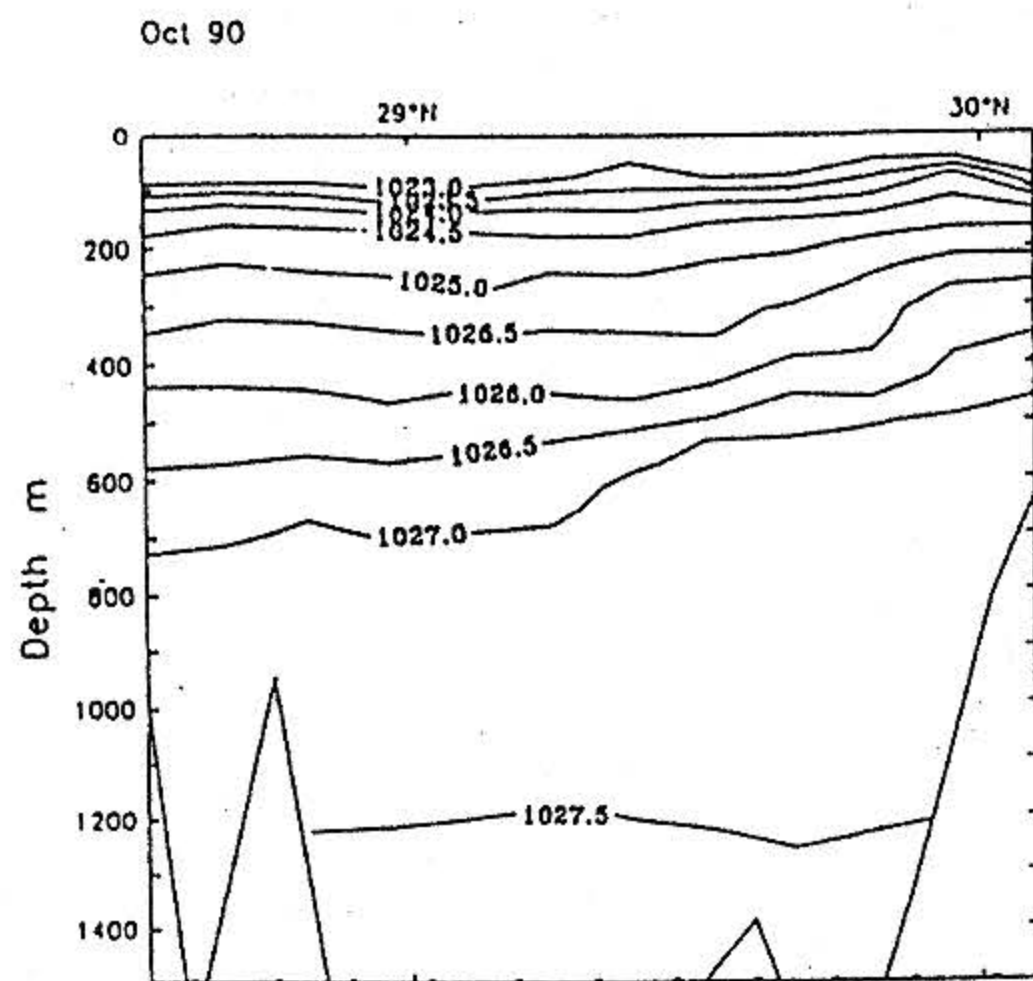


(c) K8910 kuroshio cruise sectionL3 Density

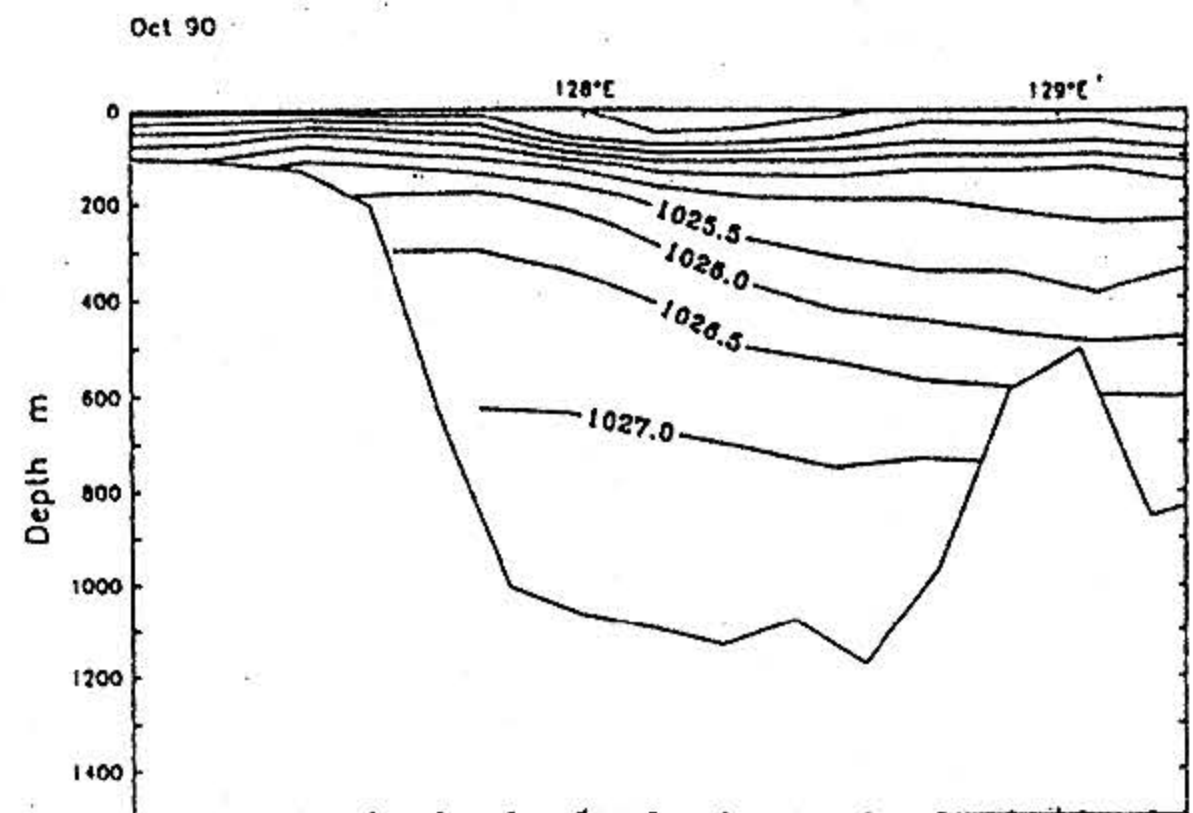


(f) K8910 kuroshio cruise sectionL6 Density

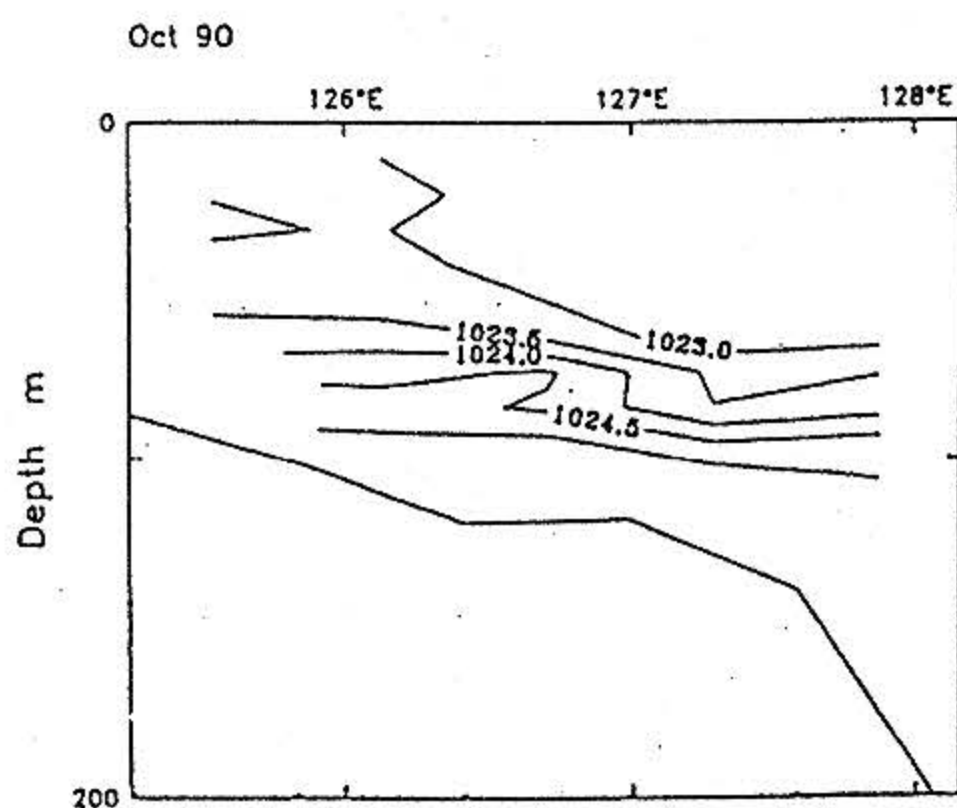
図16 1989年の密度の鉛直分布図 (kg/m^3)
(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)
Fig.16 Density components across in 1989.



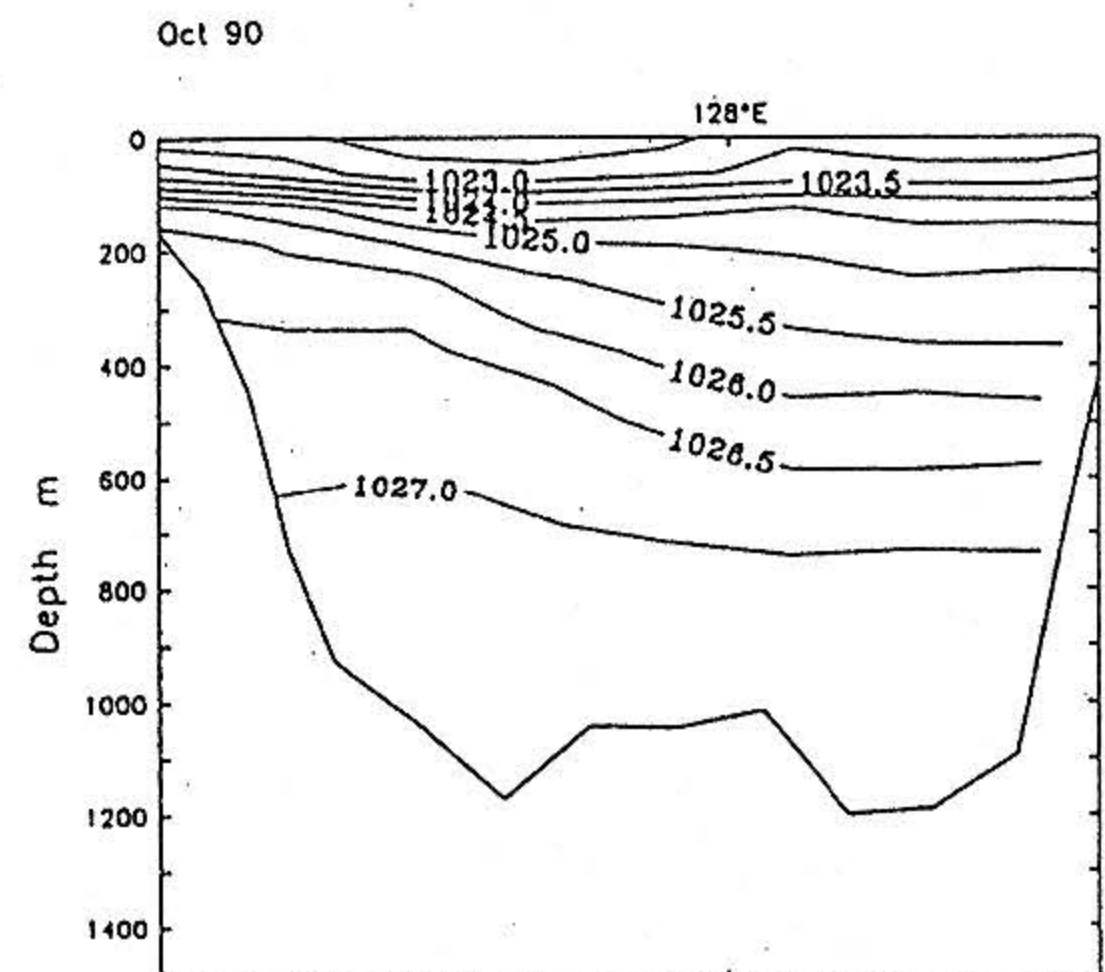
(a) K9010 kuroshio cruise sectionL1 Density



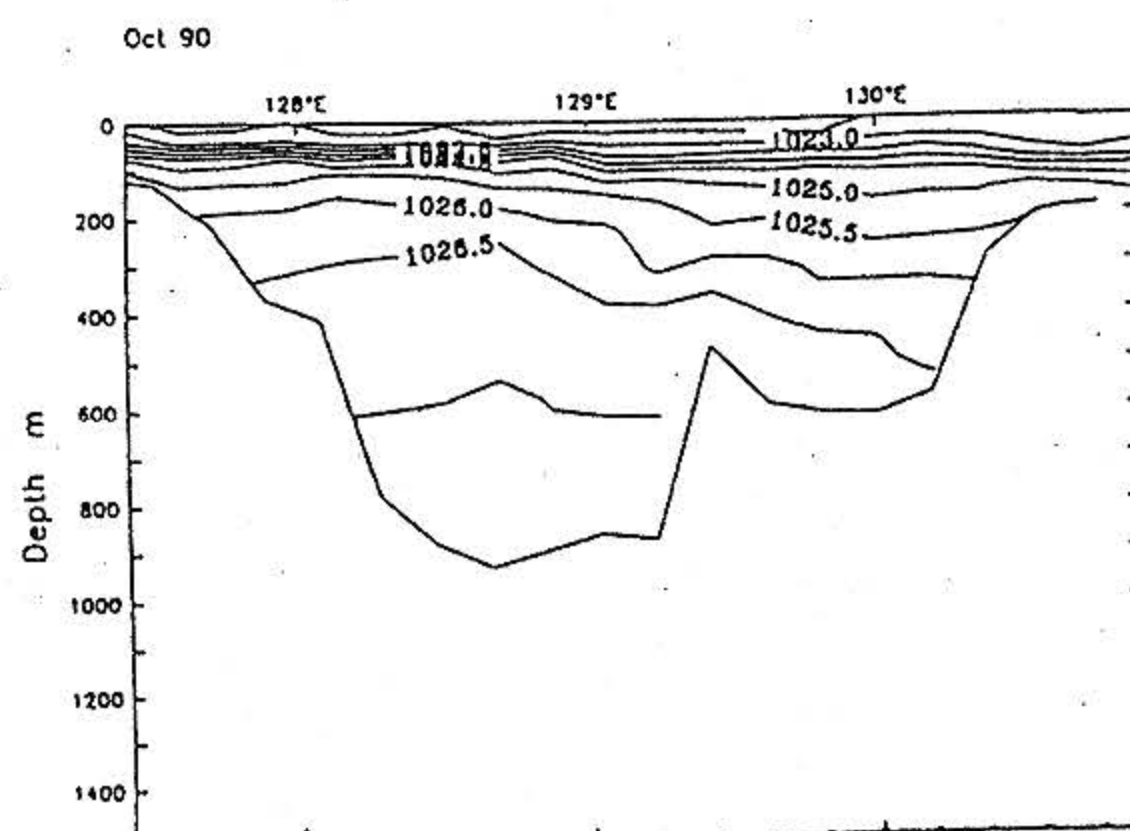
(d) K9010 Kuroshio cruise sectionL4 Density



(b) K9010 kuroshio cruise sectionL2 Density

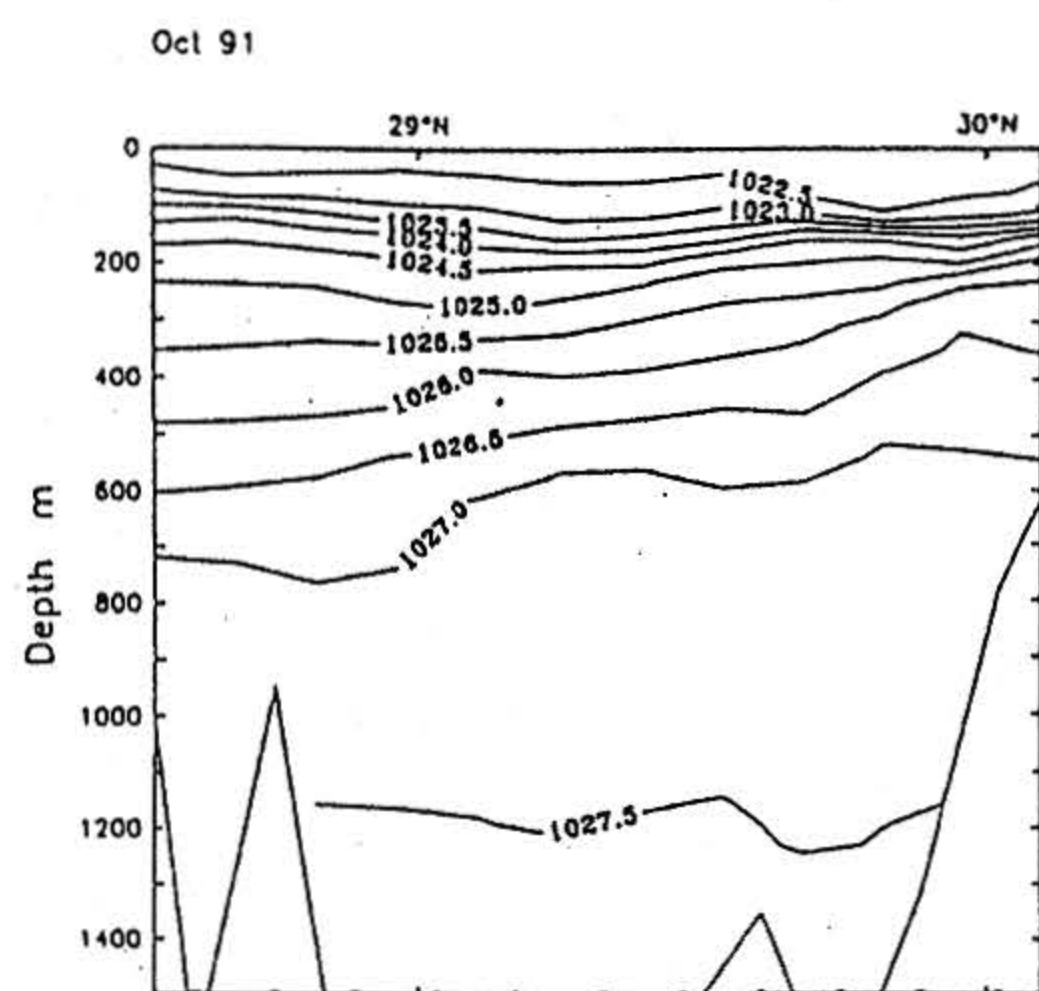


(e) K9010 Kuroshio cruise sectionL5 Density

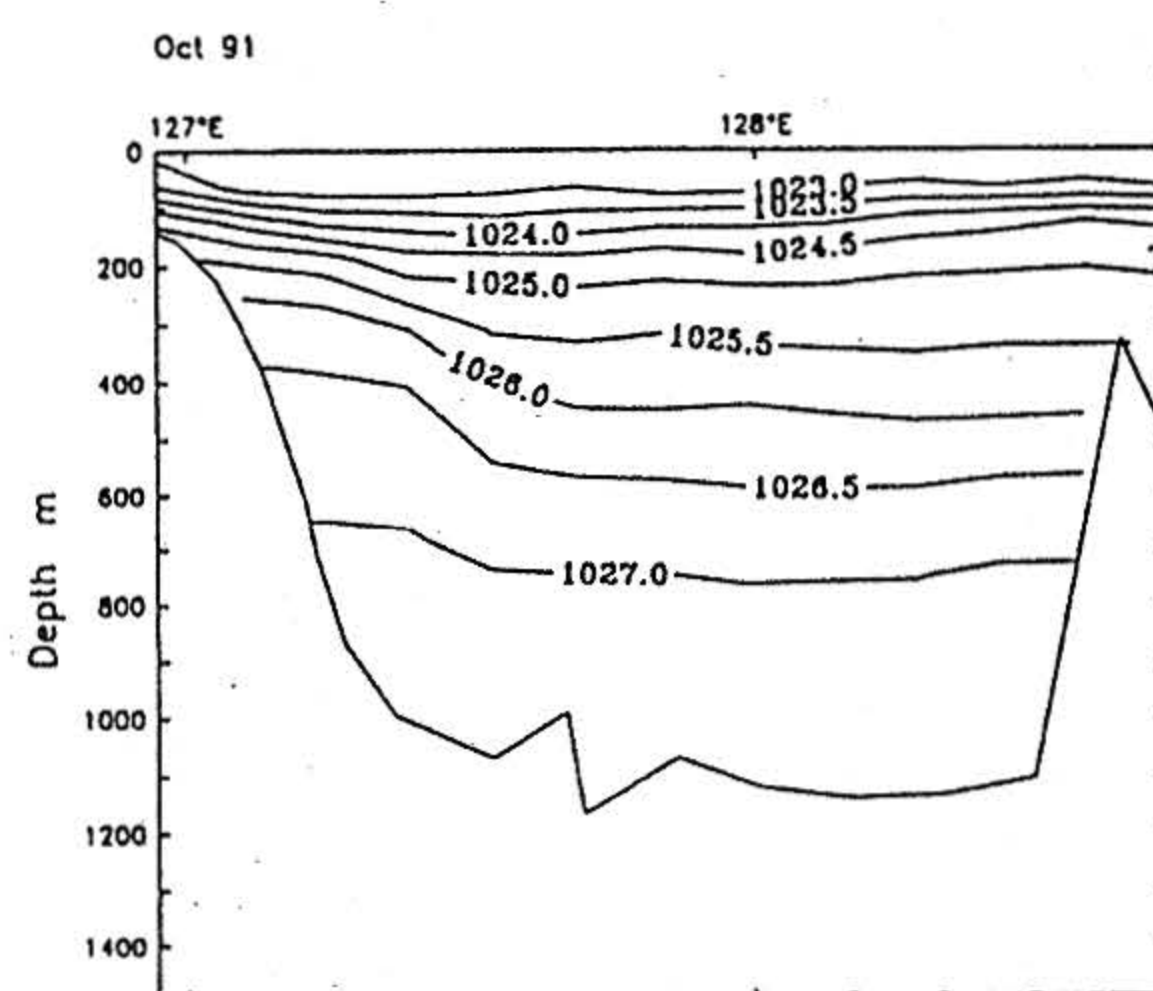


(c) K9010 kuroshio cruise sectionL3 Density

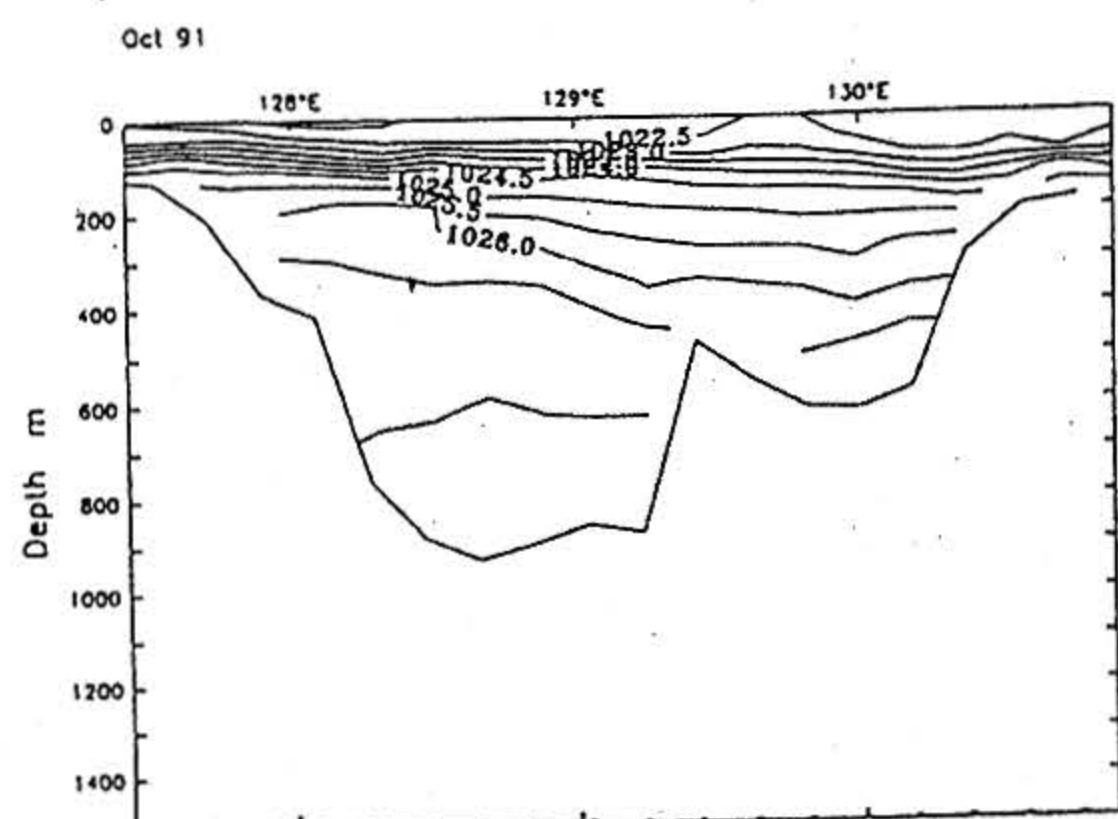
図17 1990年の密度の鉛直分布図 (kg/m^3)
(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)
Fig.17 Density components across in 1990.



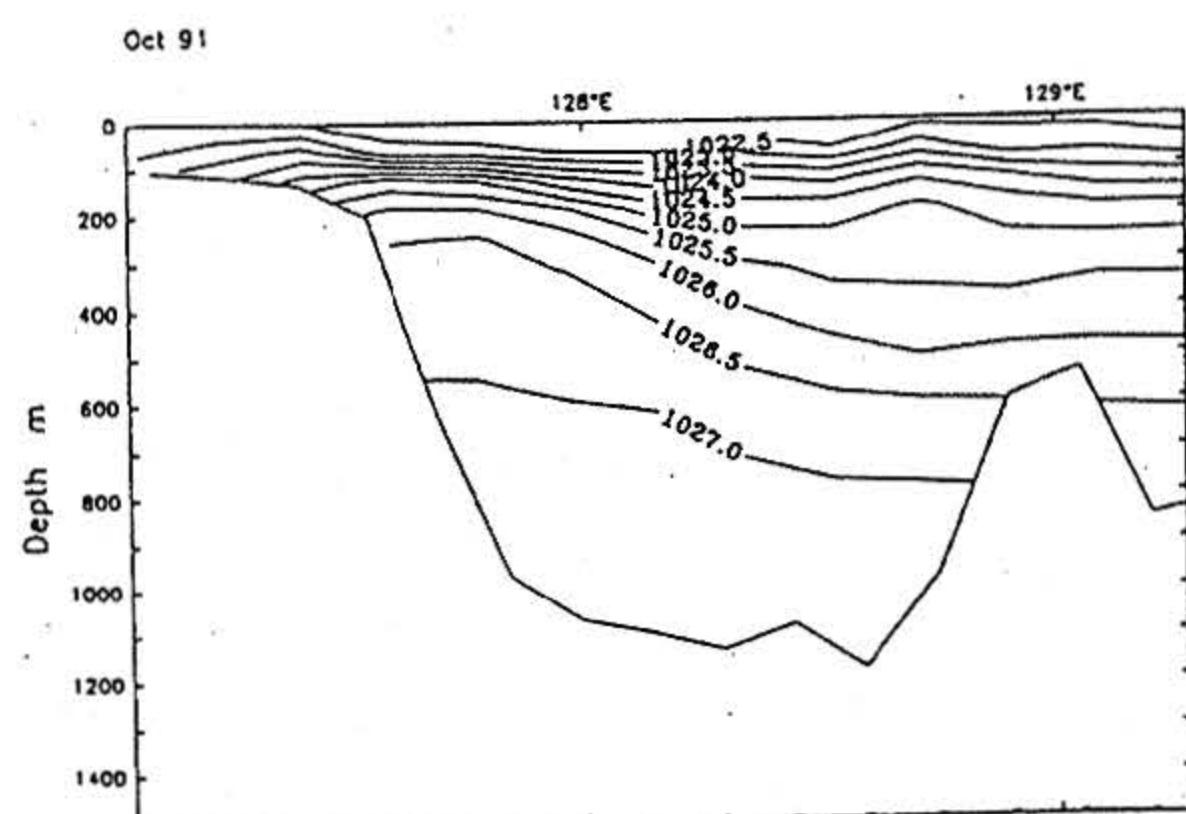
(a) K9110 kuroshio cruise sectionL1 Density



(d) K9110 Kuroshio cruise sectionL4 Density



(b) K9110 kuroshio cruise sectionL2 Density



(c) K9110 Kuroshio cruise sectionL3 Density

図18 1991年の密度の鉛直分布図 (kg/m^3)
(低緯度方向から見た測線の鉛直断面で、縦軸は水深、横軸は緯度または経度)
Fig.18 Density components across in 1991.

(以 上)